

# электричного кокса ого

пто

л

С

С Бикоаський

Е Шеньковський

# ТЕХНОЛОГІЯ та ОБЛАДНАННЯ

# ЕЛЕКТРИЧНОГО КОНТАКТО ЗВ'ЯЗУВАННЯ



*Допущено Міністерством освіти і науки України  
як навчальний посібник для учнів професійно-технічних  
навчальних закладів*

Київ  
"Техніка"  
2001

ББК 34.641 я722  
Б 60  
УДК 621.791.7(075)

Гриф надано Міністерством освіти і науки України  
згідно з протоколом № 3/4 - 18 від 24.02.1999 р.

**Биковський О. Г. та ін.**

Б 60      Технологія та обладнання електричного контактного зварювання:  
Навч. посіб. / О.Г. Биковський, Д. М. Лутов, І. В. Пінковський.      К.:  
Техніка, 2001.-240 с.: іл. - Бібліогр.: с. 238.

ІСВК 966-575-173-5

У навчальному посібнику наведено довідкову інформацію щодо фізичної сутності, технологічних особливостей та технічних можливостей сучасного обладнання електричного контактного зварювання.

Надано рекомендації щодо вибору обладнання, його монтажу, організації експлуатації та ремонту.

Для учнів професійно-технічних навчальних закладів, студентів технікумів та вузів, робітників та інженерів зварювального виробництва.

~~2704060000-17~~  
•і      202-201      Замов.

ББК 34.641 я722

ІСВИ 966-575-173-5

© Биковський О. Г., Лутов Д. М.  
Пінковський І. В., 2001

## ПЕРЕДМОВА

Науково-технічний прогрес і підвищення рівня машинобудування та будівництва пов'язані з удосконаленням технології і використанням сучасного технологічного обладнання.

Покращення якості зварних конструкцій і зростання продуктивності часто пов'язується з електричним контактним зварюванням, яке знаходить застосування у всіх галузях народного господарства України для виготовлення металевих конструкцій з листового металу або з метою з'єднання стиків труб, стрижнів, рейок, ланцюгів та інших деталей або виробів.

Вірний вибір, кваліфікована і ефективна експлуатація та надійність роботи машин контактного зварювання потребують від фахівців зварювального виробництва знання принципів дії, конструктивних особливостей виконання, технічних характеристик та правил безпечної експлуатації цього обладнання.

Авторами зібрана й систематизована сучасна інформація щодо прогресивних умов і методів вироблення деталей та вузлів із різноманітних металів і сплавів усіма способами електричного контактного зварювання, а також надані технічні характеристики сучасного універсального та деякого спеціалізованого обладнання для контактного зварювання.

У книзі наведені також характеристики і можливості зварювальних трансформаторів, перемикачів ступенів, контакторів і сучасної апаратури керування циклами контактного зварювання.

Фахівці знайдуть у цьому посібнику інформацію з організації ремонтних робіт (їх зміст, об'єми, трудомісткість та послідовність), рекомендації з безпечної експлуатації обладнання, терміни його служби до списання тощо.

# 1. ТОЧКОВЕ ЗВАРЮВАННЯ

## 1.1. ПРИНЦИПОВА СХЕМА ТА СУТНІСТЬ ТОЧКОВОГО ЗВАРЮВАННЯ

Усі способи контактного зварювання ґрунтуються на генеруванні тепла Джоуля під час проходження електричного струму між електродами зварювальної машини в металі деталей і на контактних опорах електрод-деталь і деталь-деталь, а також пластичному деформуванні нагрітого металу. Нагрів і деформування забезпечують зближення контактуючих поверхонь деталей на відстань, достатню для виникнення нерозривних міжатомних металевих зв'язків.

При точковому зварюванні (рис. 1.1) деталі, які збираються з напусткою або з відбортовкою, з'єднуються на окремих ділянках, обмежених контактною площею електродів, що підводять струм і передають зусилля стиску. Звичайно для зварювання використовують короточасний (0,01-0,5 с) струм великої сили (до десятків кілоамперів) при незначній напрузі (3-12 В).

Тепловий ефект при точковому зварюванні обумовлюється силою зварювального струму, його тривалістю, зусиллям на електродах, формою і розмірами робочої частини електродів, величинами контактних опорів (двох електрод-деталь та одного деталь-деталь), питомими опорами металу деталей і електродів і т. ін.

В момент вмикання зварювального струму метал в контактах електрод-деталь і деталь-деталь розігрівається і деформується. З підвищенням температури та питомого опору металу, що знаходиться безпосередньо поряд з контактом деталь-деталь, тепло виділяється, головним чином, завдяки підігріву деталей. Струм пропускається, поки не виникне об'єм рідкого металу належного розміру.

Оксиди та залишки бруду на поверхні деталей руйнуються, під час розплавлення роздрібнюються та розміщуються у рідкому металі точки під дією електродинамічних сил. Металеві зв'язки відбуваються у рідкій фазі.

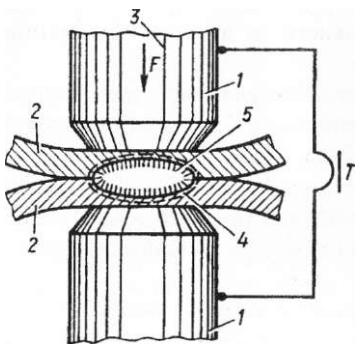


Рис. 1.1. Схема точкового зварювання з двостороннім підведенням електричного струму:

1 - електроди зварювальні; 2 - деталі, що зварюються; 3 - лінії зварювального струму; 4 - пас ущільнювальний; 5 - точка зварна;  $F$  - зусилля зварне;  $T$  - питомий опору металу зварювальний

Одночасно з процесом розплавлення навколо ядра виникає ущільнювальний пас внаслідок витікання нагрітого пластичного металу з-під електродів у зазор між деталями.

Цей пас утримує рідкий метал від випліскування, а також запобігає взаємодії його з газами повітря. У зоні ущільнювального паса може спостерігатися зварювання деталей без розплавлення - у твердій фазі.

Метал точок звичайно має дендритну структуру.

Під час охолодження та кристалізації їх об'єм зменшується і виникають залишкові напруження. Для зменшення напружень та для попередження виникнення тріщин і раковин усадки зварні з'єднання проковуються додатковим зусиллям на електродах після вимикання зварювального струму.

Навколо точки є зона так званого термічного впливу, у якій в процесі зварювання суттєво змінюються початкова структура та властивості металу деталей.

Для зменшення температури нагрівання електродів та запобігання перегріву і підплавлення металу у контакті електрод-деталь електроди виготовляють з мідних сплавів з високою тепло- і електропровідністю, а також охолоджуються проточною водою.

В промисловості найбільше розповсюдження має точкове зварювання з підведенням струму з обох боків деталей - односточкове зварювання.

У важкодоступних місцях або при необхідності підвищення продуктивності праці використовується схема з підведенням струму до деталей з одного боку від одного або декількох трансформаторів. Це дво- чи багатоточкове зварювання. Для підвищення щільності струму у зоні зварювання при однобічному підведенні струму деталі розміщують на мідних струмопровідних підкладках.

## 1.2. ТЕХНОЛОГІЯ ТОЧКОВОГО ЗВАРЮВАННЯ

Точковим зварюванням з'єднують листові або профільні деталі (елементи) конструкцій, що виготовляють із різноманітних сталей і сплавів, а також вироби з арматурних стрижнів.

Типовий технологічний процес виготовлення зварних вузлів та виробів точковим зварюванням складається з наступних операцій: виготовлення деталей-заготовок, підготовка їх поверхонь до зварювання, складання, прихоплення, зварювання, виправлення, механічна обробка та антикорозійний захист.

Деталі-заготовки вирізають із листового металу дисковими, гільйотинними або вібраційними ножицями, за допомогою штампів, плазмовим струменем або газовим полум'ям.

Стрижні арматури ріжуть звичайно за допомогою механічних верстатів або газовим полум'ям; профільний метал - пилками чи прес-ножицями.

Перед зварюванням поверхні деталей зачищають металевими щітками з обох боків на ширину 30-50 мм, де буде виконуватись точкове зварювання, а також за допомогою дробоструминних, піскоструминних установок і апаратів для галтування.

Зачистка місць зварювання може виконуватися також хімічними засобами: протиранням різними розчинами або промивкою у ваннах з розчинами різних складів, або травленням у розчинах лугів, кислот із спеціальними додатками, що керують швидкістю травлення (табл. 1.1).

Таблиця 1.1

**Склад розчинів, що використовуються  
при хімічній обробці різних металів**

Сталі і сплави	Розчин для травлення	Розчин для нейтралізації	Допустимі значення опорів зони зварювання, мКОМ
Вуглецеві	1. $H_2SO_4$ (200 г), $HCl$ (10 г), регулятор травлення $KC$ (1 г) на 1 л води температурою 50-60 °С 2. $HCl$ (200 г), $KC$ (10 г) на 1 л води температурою 30-40 °С	$NaOH$ або $KOH$ 10-20 г на 1 л води температурою 20-25 °С	До 600
Конструкційні, низьколегвані	1. $H_2SO_4$ (200 г), $HCl$ (10 г), $KC$ (10 г) на 1 л води температурою 50-60 °С 2. $H_3PO_4$ (65-98 г), $Na_3PO_4$ (35-50 г), емульгатор ОП-7 (25-30 г), тіокарбомід (5 г) на 0,8 л води температурою 30-50 °С	1. Те саме 2. $NaNO_3$ (5 г) на 1 л води температурою 50-60 °С	До 800
Нержавіючі і жаростійкі, нікелеві	$H_2SO_4$ (110 г), $HCl$ (130 г), $nHNO_3$ (10 г) на 0,75 л води температурою 50-70 °С	10 %-й РОЗЧИН $NaNO_3$ температурою 20-25 °С	До 1000
Титановий	$HCl$ (420 г), $HNO_3$ (70 г), $HF$ (50 г) на 0,6 л води температурою 40-50 °С	-	До 1500
Алюмінієві	$H_3PO_4$ (110-155 г), $K_2Cr_2O_7$ або $Na_2Cr_2O_7$ (0,8-1,5 г) на 1 л води температурою 30-50 °С	$HNO_3$ (15-25 г) на 1 л води температурою 20-25 °С	До 80-120
Магнієві	$NaOH$ (300-500 г), $NaNO_3$ (40-70 г), $NaNO_2$ (150-250 г) на 0,5-0,3 л води температурою 70-100 °С		До 120-180
Мідні	$HNO_3$ (280 г), $HCl$ (1,5 г), сажа (1-2 г) на 1 л води температурою 15-25 °С	-	300

Невеликі деталі, що виготовлені із корозійностійких металів та сплавів, іноді підлягають електролітичному травленню або поліруванню.

Після хімічного травлення чи полірування часто виконується нейтралізація - освітлення поверхонь деталей.

**Орієнтовні опори деталей з деяких металів  
у кінці точкового зварювання**

Сталь і сплави	Опір, мкОм, для деталей завтовшки, мм				
	0,5+0,5	1,0+1,0	1,5+1,5	2,0+2,0	3,0+3,0
Сталь 08кп, сталь Юкп	145	125	110	100	90
Сталь 12Х18Н9Т	185	150	130	120	110
Сплав титановий ОТ4-1	210	165	145	135	120
Сплав алюмінієвий Д16АТ	16	13	11	10	8

Між операціями хімічної обробки деталі промивають у воді та просушують гарячим стиснутим повітрям.

Деталі кузовів автомобілів, що виготовлені із холоднокатаних низьковуглецевих сталей, зварюють без будь-якої попередньої обробки. Встановлено, що тонкий шар масла суттєво не впливає на якість точкових з'єднань.

Якість підготовки контролюють візуально згідно з еталонними зразками або вимірюванням величини електричного опору двох стиснутих деталей мікрометрами типу Ф-415 або іншими приладами. Слід мати на увазі, що реальні величини опорів між електродами при зварюванні постійно змінюються і суттєво відрізняються (табл. 1.2, 1.3) від виміряних на холодних деталях. Це пов'язано з особливостями формування електричних контактів - зі збільшенням площі контактів деталь-деталь та електрод-деталь внаслідок руйнування поверхневих оксидних плівок та розвинення деформації в мікро- і макрооб'ємах металу деталей.

Збирання елементів металевих конструкцій перед контактним зварюванням має забезпечувати розміри, розташування елементів один відносно одного, технологічні зазори (табл. 1.4), які зазначені на складальному кресленні.

Збирання металевих конструкцій виконують за розміткою, за допомогою шаблонів або збірних отворів, за упорами в спеціалізованих пристроях чи кондукторах.

Інкони після операції збирання розмічують місця прихвачування та зварювання. Розмітку здійснюють олівцем, крейдою за допомогою шаблонів чи універсального вимі-

Таблиця 1.3

**Орієнтовні опори  
хрестоподібних з'єднань  
із арматурних стрижнів,  
що з'єднують контактним  
точковим зварюванням**

Діаметр стрижнів, мм	Опір, мкОм	Діаметр стрижнів, мм	Опір, мкОм
3+3	175	14+14	90
4+4	162	16+16	82
5+5	150	18+18	75
6+6	140	20+20	70
8+8	122	22+22	65
10+10	112	25+25	58
12+12	100		



Таблиця і.34

Технологічні зазори, що допускаються при складанні (прмхвачуванні) перед точковим зварюванням, мм

Товщина деталей, мм	Довжина відрізка, мм		
	100	200	300
1,0	0,5	1,0	1,5
1,0	0,5	1,0	1,5
1,2	0,4	0,8	1,2
1,5	0,4	0,8	1,2
2,0	0,3	0,6	0,9
2,5	0,3	0,6	0,9
3,0	0,3	0,6	0,9

Примітка. Зазори, які допускаються при складанні деталей перед шовним зварюванням, мають бути в 2-3 рази меншими порівняно з зазначеними в цій таблиці.

чи сплаву, товщини деталей, зазорів між ними, жорсткості вузлів і звичайно дорівнює 100-300 мм.

ривального інструменту. Найбільш ефективними є спеціальні оптичні або механічні розмітники.

Прихватку використовують з метою точного фіксування деталей, підвищення жорсткості конструкцій, запобігання пересуванню деталей, зменшення зазорів, а також для зменшення залишкових деформацій.

Прихвачування виконують точковим зварюванням на стаціонарних або підвісних машинах, іноді дуговим зварюванням з наступним вирубанням прихваток.

Відстань між прихватками (крок) залежить від марки етапі

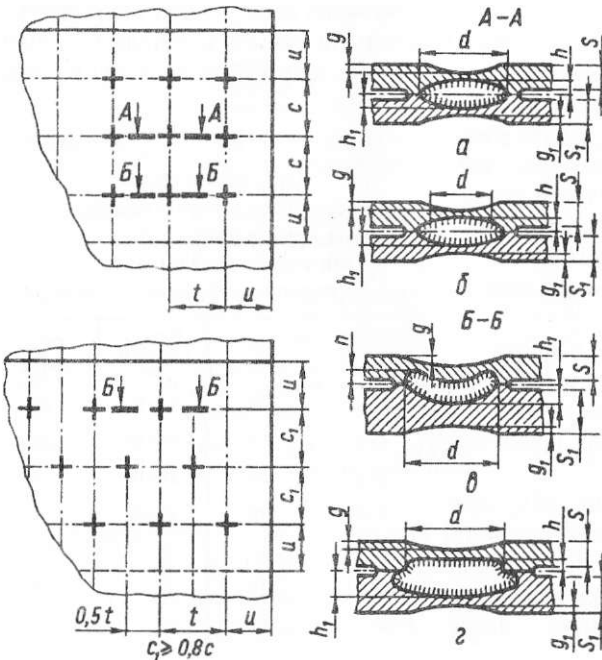


Рис. 1.2. Точкові з'єднання:  
 а - неплаковані метали;  
 б - плаковані метали;  
 в - деталі різної товщини;  
 г - деталі з різних металів  
 (сi - діаметр точки;  
 і § — глибина вм'ятини;  
 іі і іі - глибина проплавлення деталей;  
 і 5 - товщина деталей;  
 u - відстань від центру точки до краю напустки;  
 с і сi - відстань між осями сусідніх рядів точок, що розташовані у шаховому порядку; I - відстань між центрами сусідніх точок у ряду)

Прихвачування на контактних машинах відбувається за такими ж режимами, що й саме точкове зварювання.

Точковим зварюванням з'єднуються листові конструкції однакової чи різної товщини, арматурні конструкції закладних деталей і вузлів із дроту, стрижнів для будівництва та ін.

Розміри зварних точкових з'єднань з листового металу регламентуються ГОСТ 15878-79\* (рис. 1.2, 1.3, табл. 1.5), з арматури - відповідно до ГОСТ 14098-85 і визначаються з умов забезпечення потрібного рівня міцності зварних конструкцій.

За відсутністю аналогічних державних стандартів в Україні поки що використовують відповідні стандарти колишнього СРСР.

Конструкції вузлів, що виробляються за допомогою точкового зварювання, мають передбачати вільний доступ електродів зварювальної машини до зони зварювання. Найбільш технологічними в цьому розумінні є вузли відкритого та напіввідкритого типу, які зварюються прямими, фігурними або нахиленими електродами (рис. 1.4-1.8, табл. 1.6-1.10).

Якщо розміри виробів є не меншими від якогось мінімального значення, вузли закритого типу зварюються також без труднощів.

Основними параметрами режиму точкового зварювання є струм зварювальний (амплітудний або діюче його значення), тривалість чи час проходження струму, зусилля стиснення деталей електродами до зварювання, під час та після зварювання (проковки), діаметр робочої поверхні електрода ( $c/c_0$ ) або радіус сферичної поверхні електрода ( $r_0$ ) певного діаметра ( $\Phi$ ) (рис. 1.9, табл. 1.11).

Вихідними даними щодо визначення перерахованих параметрів є фізико-механічні властивості металу і товщина деталей, що зварюються.

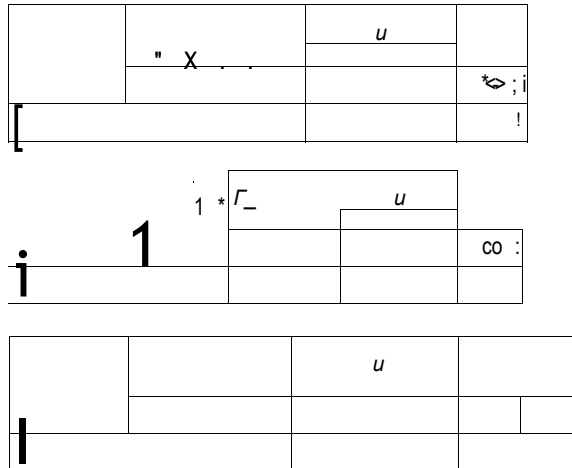


Рис. 1.3. Види напусків при контактному зварюванні:  $B$  - напуск;  $i$  - товщина деталей;  $r$  - радіус округлення

Примітка. Величину напуску  $B$  для багаторядних швів знаходять за формулами:

при ланцюговому розташуванні точок  $B = 2u + c(k - 1)$ ;  
при шаховому розташуванні точок  $B = 2u + C(k - 1)$ ,  
де  $k$  - кількість рядів точок.

Відстань від краю напуску до центру точки або осі шва її мас бути не менше половини мінімальної величини напуску.

Таблиця і.34

## Розміри точкових з'єднань

5 = 5i, мм	У, мм, не менше	Однорядний шов 3, мм, не менше		l, мм, не менше	С, мм, не менше
		Сталі та сплави на основі FeMn і Mn, титанові	Сплави Al, Mg, Si		
<i>A</i>					
>0,3	2,5	6	10	8	9,0
0,3-0,4	2,7	7	12	8	9,0
0,4-0,6	3,0	8	14	10	12,0
0,6-0,7	3,3	9	16	11	13,0
0,7-0,8	3,5	10	18	13	15,5
0,8-1,0	4,0	11	19	15	18,0
1,0-1,3	5,0	13	20	17	20,5
1,3-1,6	6,0	14	22	20	24,0
1,6-1,8	6,5	15	26	22	26,0
1,8-2,2	7,0	17	28	25	30,0
2,2-2,7	8,0	19	32	30	36,0
2,7-3,2	9,0	21	36	35	42,0
3,2-3,7	10,5	24	40	40	48,0
3,7-4,2	12,0	28	46	45	54,0
4,2-4,7	13,0	31	50	50	60,0
4,7-5,2	14,0	34	56	55	66,0
5,2-5,7	15,0	38	57	60	72,0
5,7-6,0	16,0	42	58	65	78,0
<i>B</i>					
>0,3	1,5	4	9	7	8,5
0,3-0,4	1,7	5	10	7	8,5
0,4-0,5	2,0	6	12	9	10,0
0,5-0,6	2,2	7	13	8	10,0
0,6-0,8	2,5	8	14	10	12,0
0,8-1,0	3,0	9	15	12	15,0
1,0-1,3	3,5	10	16	14	16,5
1,3-1,6	4,0	11	18	16	18,0
1,6-1,8	4,5	12	20	18	19,5
1,8-2,2	5,0	13	22	20	24,0
2,2-2,7	6,0	15	23	23	27,0
2,7-3,2	7,0	17	25	26	31,0

Примітка. *A* - з'єднання, що гарантують розрахункову міцність; *B* - з'єднання, що не розраховуються.

Глибина проплавлення *И*, *l*?, для магнієвих сплавів має бути (0,2-0,7) 5, титанових сплавів - (0,2-0,95) 8, для інших металів та сплавів - (0,2-0,8) 5. Глибина вм'ятин на поверхні деталей після зварювання не повинна бути більшою за 0,2 5. При співвідношенні товщин деталей  $\frac{0}{\text{---}} > 2$ , коли використовують один із електродів з підвищеною площею робочої поверхні або зварювання відбувається у важкодоступних місцях, глибина вм'ятин може досягати 0,3 5.

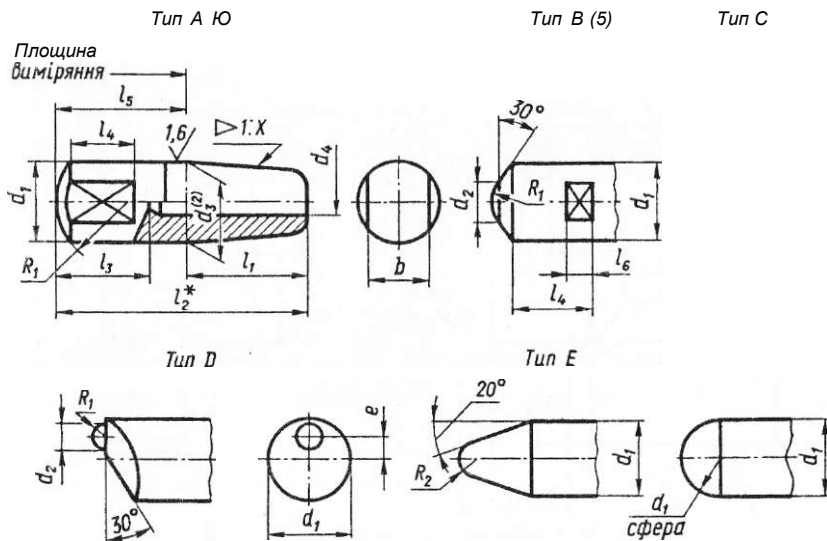


Рис. 1.4. Форми прямих електродів різних типів:

і - зі збільшеною площиною під ганковий ключ; 5 - зі зменшеною площиною під гайковий ключ

Прим ітка. В технічній документації електроди позначають так:

1. Електрод А16х25 (ГОСТ 14111-90), де А - тип електрода без площини під гайковий ключ; сїі - 16 мм, /3 = 25 мм.
2. Електрод ГІ 10х16 (ГОСТ 14111-90), де Р - тип електрода; Б - зі збільшеною довжиною площини під гайковий ключ; сД = 10 мм, /5 = 16 мм.
3. Електрод С5 32х63 (ГОСТ 14111-90), де С - тип електрода; 5 - зі зменшеною довжиною площини під гайковий ключ; сїі = 32 мм, /5 = 63 мм.

Таблиця 1.6

Розміри прямих електродів

														$l_2 \pm 0,5$ при /5									
д <sub>2</sub>	φ	1.х	е	ь	М	і	І,	б	я,	Яг													
											25												
10	4	9,8	5,5	1:10	2	8	13	14	13	7	25	4	29	33	38	45	53	63	.	.	.	2,5	
13	5	12,7	7,5	1:10	3	11	16	15	14	7	32	5	32	36	41	48	56	66	79	.	.	4	
16	6	15,5	8,5	1:10	4	13	20	16	15	8	40	6	-	40	45	52	60	70	83	100	6,3		
20	8	19	10,5	1:10	5	17	25	17	16	8	50	8	-	-	50	57	65	75	88	105	10		
25	10	24,5	13,5	1:10	6,5	21	31,5	18	17	9	63	10	-	-	56,5	63,5	71,5	81,5	94,5	111,5	16		
32	12,5	31	14	1:5	8,5	24	40	20	15	10	80	12,5	-	-	-	72	80	90	103	120	25		
40	16	39	16	1:5	11	32	50	25	16	10	100	16	-	-	-	-	90	100	113	130	40		

\* Розміри для довідок згідно з ГОСТ 14111-90.

\*\* сїі- діаметр конуса в площині вимірювання.

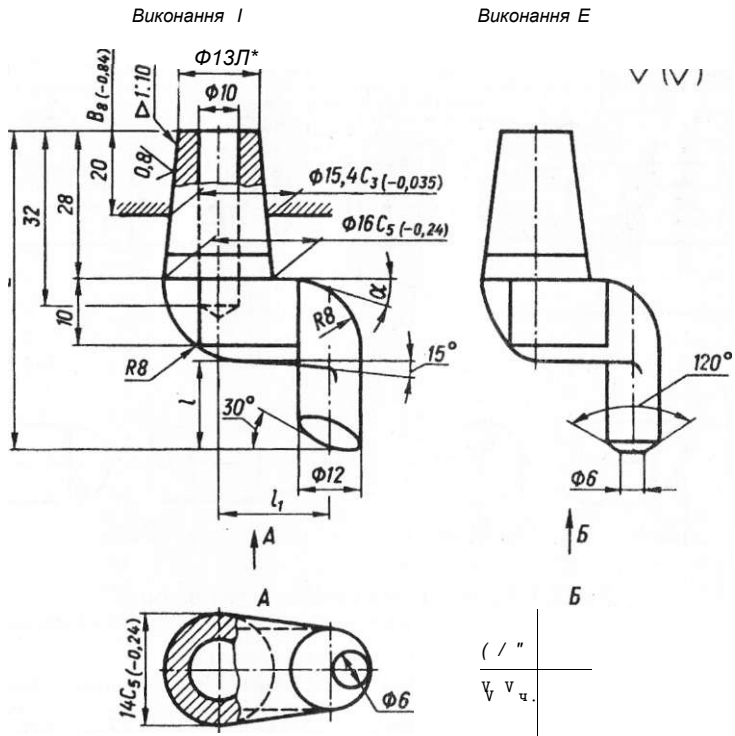


Рис. 1.5. Форма фігурних електродів зі зменшеною контактною поверхнею

Таблиця 1.7

Розміри фігурних електродів із зменшеною контактною поверхнею

Позначення електрода*	Виконання	$l_1$ , мм	$l_2$ , мм	$l_3$ , мм		Маса, кг
0821-9081	I	50	6	14	45	0,066
0821-9082	II	50	6	14	45	0,067
0821-9083	I	55	10	14	45	0,071
0821-9084	II	55	10	14	45	0,072
0821-9085	I	55	14	10	15	0,073
0821-9086	II	55	14	10	15	0,074
0821-9087	I	55	12	14	15	0,076
0821-9088	II	55	12	14	15	0,077
0821-9089	I	55	10	20	15	0,079
0821-9090	II	55	10	20	15	0,080

\* Розроблені Запорізьким ПКГІ Автопромзварювання. Галузева нормаль ОП 37.0992-70.

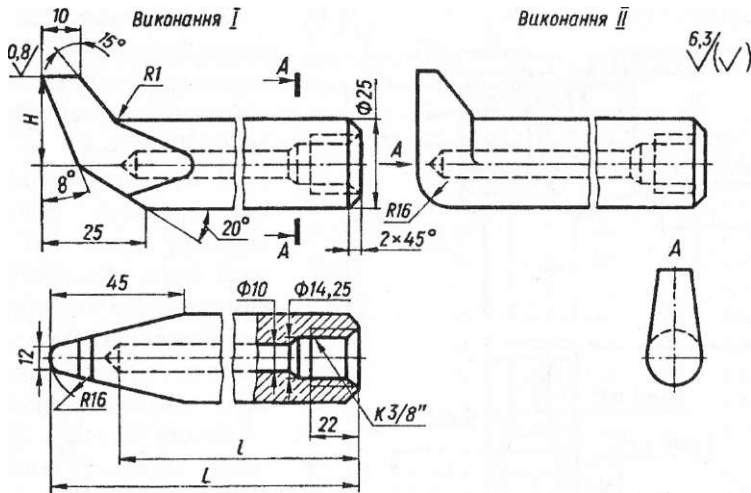


Рис. 1.6. Форма горизонтальних електродів із піднятою плоскою контактною поверхнею

Зі зменшенням товщини деталей щільність зварювального струму підвищується. Матеріали з низьким питомим опором потребують більшого струму, ніж матеріали з високим питомим опором.

При високій теплопровідності та температуропроводності металу зварювання ведуть на більш жорстких режимах, тобто зменшують час проходження та збільшують силу зварювального струму.

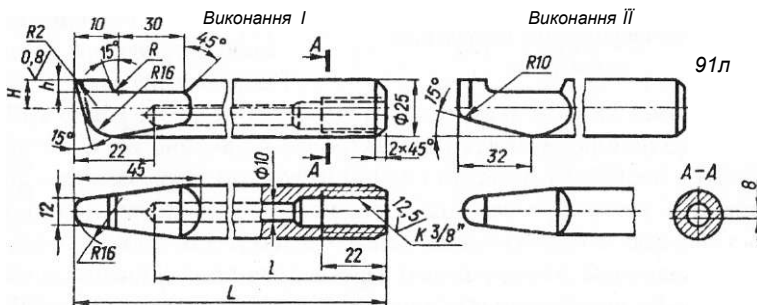


Рис. 1.7. Форма горизонтальних електродів для точкового зварювання з плоскою контактною поверхнею

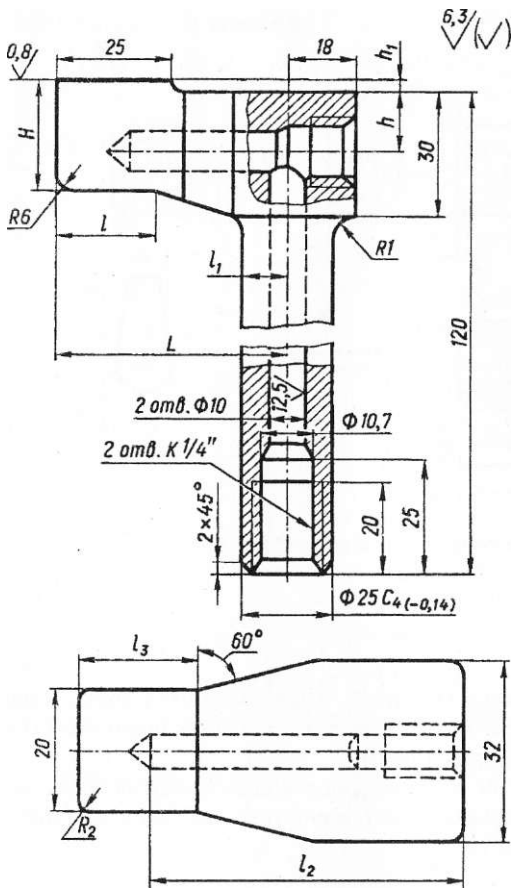


Рис. 1.8. Форма вертикальних електродів зі зміненою плоскою контактною поверхнею

Зусилля тиску електродів також залежить від товщини зварюваних деталей і механічних властивостей металу, який зварюється.

З підвищенням коефіцієнта лінійного розширення та опору пластичної деформації треба збільшувати тиск на електродах та встановлювати більш м'які режими. Циклограми точкового зварювання наведені нарис. 1.10.

Розмір та якість зварних точок залежать також від форми і величини контактної робочої поверхні електродів. Форма робочої поверхні звичайно відповідає конфігурації зовнішньої поверхні деталей. Для листових, плоских чи не дуже зігнутих деталей застосовують циліндричну (плоску) або сферичну форму робочої поверхні електродів.

На практиці частіше за все для визначення режиму зварювання використовують спеціальні таблиці. Наприклад, зварювання виробів із низьковуглецевих сталей

може відбуватися як на м'яких, так і на жорстких режимах (табл. 1.12) при обмежених величинах зусилля на електродах. Звичайно використовують циклограму з постійним зусиллям і одним імпульсом зварювального струму. Якщо товщина деталей більше, ніж 2 мм, зварювання відбувається за циклограмою з попереднім обтискуванням деталей, а також з їх куванням зусиллями підвищеної величини. Маловуглецеві гарячекатані сталі з товщиною більше 4 мм потребують використання м'яких режимів з відносно низькою щільністю струму (табл. 1.13). Для зварювання цих товщин потрібно підвищувати зусилля зварювання та кування, а також тривалість проходження струму.

Таблиця і.34

**Розміри горизонтальних електродів для точкового зварювання  
з піднятою плоскою контактною поверхнею**

Позначення електрода*	Виконання	H, мм	мм	l, мм	Маса, кг
0821-9001	I	20	120	100	0,410
0821-9002	I	20	140	120	0,480
0821-9003	I	20	170	150	0,580
0821-9004	I	25	120	100	0,415
0821-9005	II	25	120	110	0,490
0821-9006	I	25	140	120	0,485
0821-9007	II	25	140	130	0,560
0821-9008	I	25	170	150	0,585
0821-9009	II	25	170	160	0,660
0821-9010	II	30	120	110	0,495
0821-9011	II	30	140	130	0,565
0821-9012	II	30	170	160	0,665

\* Розроблені Запорізьким ПКТі Автопромзварювання. Галузева нормаль 011 37.0917-70.

Таблиця 1.9

**Розміри фігурних горизонтальних електродів для точкового зварювання  
з плоскою контактною поверхнею**

Позначення електрода*	Виконання	H, мм	Л, мм	£, мм	l, мм	l7, мм	Маса, кг
0821-9021	I	10	4	120	100	1	0,387
0821-9022	II	10	4	120	95	1	0,391
0821-9023	I	10	4	140	120	1	0,453
0821-9024	II	10	4	140	115	1	0,460
0821-9025	I	10	4	170	150	1	0,570
0821-9026	II	10	4	170	145	1	0,574
0821-9027	I	12	6	120	100	1	0,390
0821-9028	II	12	6	120	95	1	0,394
0821-9029	I	12	6	140	120	1	0,456
0821-9030	II	12	6	140	115	1	0,460
0821-9031	I	12	6	170	150	1	0,573
0821-9032	II	12	6	170	145	1	0,577
0821-9033	I	16	9	120	100	3	0,397
0821-9034	II	16	9	120	95	3	0,401
0821-9035	I	16	9	140	120	3	0,463
0821-9036	II	16	9	140	115	3	0,467
0821-9037	I	16	9	170	150	3	0,580
0821-9038	II	16	9	170	145	3	0,584

\* Розроблені Запорізьким ПКТі Автопромзварювання. Галузева нормаль ОН 37.0918-70.



Таблиця 1.10

Розміри вертикальних електродів для точкового зварювання зі зміненою плоскою контактною поверхнею

Позначення електрода <sup>1</sup>	H, мм	B, мм	Л, мм	мм	У, мм	l, мм	к, мм	l <sub>3</sub> , мм	Маса, кг
0821-9071	18	9	1	50	16	13	58	25	0,560
0821-9072	22	10	3	80	22	18	88	30	0,720
0821-9073	22	10	3	100	25	18	108	30	0,360
0821-9074	32	10	10	100	25	18	108	30	0,920

\* Розроблені Запорізьким ІКТІ Автопромзварювання. Галузева нормаль ОІІ 37.0921-70.

Таблиця 1.11

Розміри електродів для точкового зварювання

Товщина деталей, мм	Вуглецеві та високолеговані сталі			Алюміній та його сплаве	
	Г', мм	Д,, мм	Д <sub>н</sub> , мм	Д <sub>н</sub> , мм	а, мм
0,5	4	12	25-50	16	50
1,0	5	12	70-100	16	75
2,0	8	20	100-150	20	100
3,0	10	25	150-200	25	100-150
4,0	12	25	200-250	32	200
5,0	12-14	25	200-250	32	200

З метою запобігання виплесків (початкових або кінцевих) використовують модуляцію відповідно до переднього або заднього фронту зварювального струму. Для зменшення нагріву і підвищення довговічності електродів іноді застосовують пульсуючий зварювальний струм (табл. 1.14).

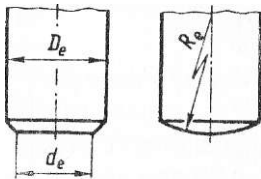


Рис. 1.9. До пояснення основних розмірів електродів для точкового зварювання

Мри м ітки : і. Сферичну поверхню електродів використовують для зварювання пластичних металів і сплавів; металів, що схильні до масопереносу та виникнення кристалізаційних тріщин; для забезпечення мінімальних за розмірами вм'ятин, відсутності виплесків; мри однобічному підведенні струму до деталей; при зварюванні деталей різної товщини або різного хімічного складу тощо. 2. Електродом з плоскою робочою поверхнею віддають перевагу під час зварювання металів і сплавів з підвищеною жароміцністю, на машинах з вертикальним переміщенням електродів, при особливих вимогах до якості з'єднань (при можливій наявності вм'ятин, зазорів певної величини, виплесків і т. ін.).

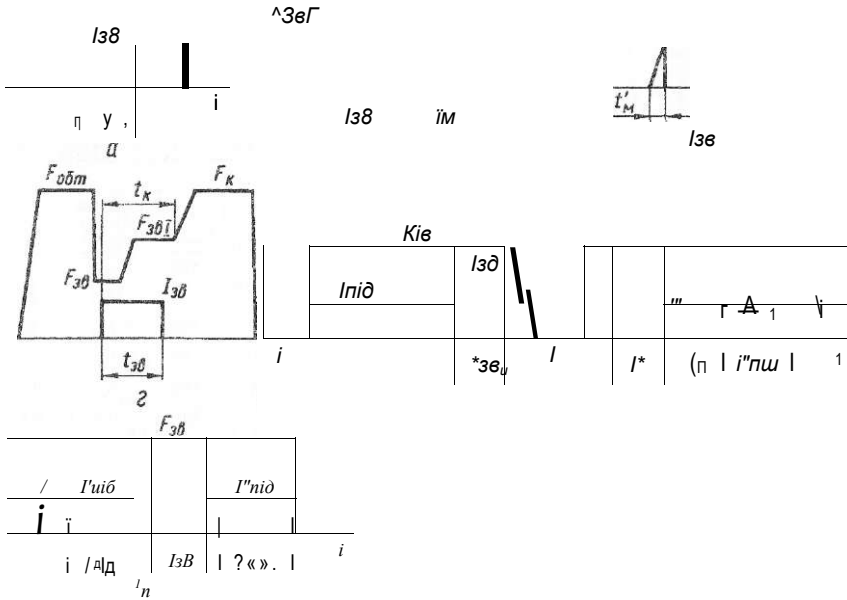


Рис. 1.0. Типові циклограми зварювальних струму та зусилля при точковому зварюванні:

P - зусилля зварювання; p - зусилля кування; / - обтискування;

$t_{г}$  - струм зварювальний;  $t_{*}$  /  $t_{н}$  - струм підігрівання;  $t_{г}$  - тривалість струму зварювання;  $t_{н}$  - тривалість імпульсу струму підігрівання перед зварювальним струмом;

$t_{*}$  - тривалість імпульсу струму після зварювального струму;  $t_{н}$  - тривалість паузи, між імпульсами струму;  $t_{г}$  /  $t_{н}$  - тривалість модулювання зварювального струму;

$t_{г}$  - тривалість підвищення зусилля кування

Якщо зварюють деталі різної товщини, робочі параметри режиму вибирають за найтоншою з них.

Зварювання різновтовщинних деталей (при співвідношенні товщин  $>1:3$ ) ускладнене відсутністю надійного проплавлення більш тонкої деталі. Щоб запобігти цьому, рекомендується з боку тонкої деталі використовувати електроди з меншим перерізом або ці електроди виготовлювати їх металу менш теплопровідного, ніж з боку товстє тепловідлення в контакті деталь-деталь на пон

нсі дет—  
М.Черкаси—

ють технологічний

виступ-рельєф або встановлюють між електродом і тонкою деталлю змінний тепловий екран із металу з меншою теплопровідністю у вигляді стрічки завтовшки 0,15-0,3 мм. Екран акумулює тепло в тонкій деталі, а інколи і сам є додатковим джерелом теплоти.

Таблиця 1.12

**Орієнтовні параметри режимів  
точкового зварювання маловуглецевих холоднокатаних сталей  
завтовшки до 2 мм**

Товщи- талу*, мм	Діа- точки, <1, мм	Характер режиму								
		жорсткий			середній			м'який		
		Яз, даН	I <sub>зв</sub> , кА	t <sub>п</sub> , с	R <sub>ц</sub> , даН	I <sub>п</sub> , кА	t, с	Яж, дай	I <sub>т</sub> , кА	t <sub>п</sub> , с
0,5	3,5	120	6,5	0,08	100	5,5	0,1	100	4	0,2
0,6	4,0	125	7,0	0,1	100	6,0	0,10	100	5,5	0,2
0,8	4,5	180	9,0	0,1	125	8,5	0,12	125	7,0	0,3
1,0	5,0	230	10,5	0,12	150	9,5	0,2	150	7,5	0,4
1,2	6,0	300	11,5	0,16	180	10	0,24	180	8,0	0,44
1,5	6,5	400	12	0,18	300	10,5	0,3	300	8,5	0,54
1,8	7,0	500	12,5	0,2	350	12,5	0,44	350	10,5	0,6
2,0	7,5	600	13	0,22	350	12,5	0,44	350	10,5	0,6

Примітка. Форма робочої поверхні електродів є плоскою.

\* Тут і далі наведена товщина однієї деталі.

Комбінуючи склад та товщину стрічки-екрана, можна добитися стійкого проплавлення. Дуже ефективним у цьому випадку є також спосіб зварювання листових конструкцій з додатковим кільцевим обтисненням тонкої деталі довкола точки. Цей спосіб забезпечує глибину проплавлення тонкої деталі на 30-70 %.

При зварюванні деталей із різноманітних матеріалів через неоднакове виділення та відведення тепла діаметр ядра та глибина проплавлення збільшуються в деталях з високим питомим опором та меншим коефіцієнтом теплопровідності.

При з'єднанні деталей із різнорідних металів точковим зварюванням імпульсами уніполярного струму (постійного або струмом розрядження конденсаторів) слід урахувувати ефект Пельтьє. Цей ефект проявляється у виділенні додаткового або вбиранні такого ж тепла із загального у контакті деталь-деталь. Якщо електрони зварювального струму спрямовані з металу з відносно підвищеною енергією власних електронів у метал з відносно меншою енергією власних електронів, то спостерігається підвищення величини загального тепла на величину тепла Пельтьє. Якщо електрони прямують у протилежному напрямку, то загальне тепло між деталями зменшується на величину тепла Пельтьє.

Таблиця І. 13

**Параметри режимів точкового зварювання маловуглецевих  
гарячекатаних сталей середніх товщин**

Товщина деталі, мм	Максимальний діаметр контактної поверхні електродів, мм	Мінімальна відстань між точками, мм	Тривалість імпульсу зварювального струму, с	Зусилля на електродах, даН	Сила зварювального струму, кА	Діаметр литого ядра, мм	Середнє зусилля руйнування точки на зрізання, даН
<i>Режим А</i>							
4,2	12,0	80	1,2	1260	20,2	13,7	6000
4,5	12,7	87	1,4	1315	20,9	14,7	6700
4,9	13,5	97	1,6	1450	21,6	15,5	7300
5,3	13,5	106	1,8	1560	22,3	16,5	8000
5,6	14,3	113	1,9	1715	23,0	17,3	8550
6,2	15,0	118	2,1	1850	23,6	18,1	9150
6,7	15,0	131	2,4	1960	24,4	19,0	9850
7,3	15,9	146	2,7	2220	25,7	20,8	10900
<i>Режим Б</i>							
4,2	12,0	80	2,1	790	15,3	12,9	5450
4,5	12,7	87	2,5	875	15,9	13,7	6080
4,9	13,5	97	2,8	965	16,45	14,5	6600
5,3	13,5	106	3,1	1040	17,0	15,2	7350
5,6	14,3	113	3,4	1140	17,6	16,0	7950
6,2	15,0	118	3,7	1230	18,1	16,7	8500
6,7	15,0	131	4,1	1310	18,7	17,5	9150
7,3	15,9	146	4,7	1480	19,8	18,8	10300
<i>Режим В</i>							
4,2	12,0	80	3,0	400	11,7	12,0	5000
4,5	12,7	87	3,5	440	12,2	12,7	5400
4,9	13,5	97	4,0	485	12,5	13,2	6100
5,3	13,5	106	4,5	520	12,9	14,0	6700
5,6	14,3	113	4,8	570	13,2	14,5	7250
6,2	15,0	118	5,3	615	13,6	15,0	7800
6,7	15,0	131	5,8	650	14,0	15,8	8350
7,3	15,9	146	6,8	740	14,8	17,0	9450

Параметри режимів пульсуючого зварювання маловуглецевих  
гарячекатаних сталей

Товщина зварюваних деталей, мм	Мінімальний діаметр контактної поверхні електрода, мм	Зусилля на електродах, даН	Число пульсацій			Сила зварювального струму, кА	Мінімальні розміри напустки та фланців, мм	Мінімальний діаметр литого ядра, мм	Мінімальне зусилля руйнування точки, даН
			при зварюванні однієї точки	при кроці між точками, мм					
				25-50	50-100				
3,2+3,2	11,1	820	3	5	4	18,0	22,2	9,5	2280
3,2+4,8	11,1	820	3	5	4	18,0	22,2	9,5	2280
3,2+6,4	11,1	820	3	5	4	18,0	22,2	9,5	2280
4,8+4,8	12,7	885	6	20	14	19,5	28,6	14,5	4560
4,8+6,4	12,7	885	6	20	14	19,5	28,6	14,5	4560
4,8+7,9	12,7	885	6	20	14	19,5	28,6	14,5	4560
6,4+6,4	14,3	980	12	24	18	21,5	35,0	19,0	6800
6,4+7,9	14,3	980	12	24	18	21,5	35,0	19,0	6800
7,9+7,9	15,9	1100	15	30	23	24,0	38,1	22,2	9120

Примітка. Діаметр електрода 25-38 мм. При сферичній робочій поверхні електрода радіус сфери - 75 мм. Тривалість імпульсу зварювального струму  $i^* = 0,34$  с, тривалість паузи  $i_n = 0,08$  с.

Для запобігання виникненню непроварів та суттєвого викривлення форми литої зони в зв'язку з проявленнями ефекту Пельтье під час точкового зварювання, наприклад, нержавіючої сталі із низьковуглецевою, потрібно, щоб негативний полюс джерела живлення постійно знаходився з боку нержавіючої сталі.

Способи зварювання різних матеріалів, що утворюють між собою під час розплавлення ряд твердих розчинів, які забезпечують номінальне проплавлення одночасно обох деталей, не відрізняються від способів, використовуваних при зварюванні різновтовщинних деталей.

Коли при сплавленні різних металів утворюються крихкі сполучення з несприятливими властивостями (механічні суміші або хімічні сполучення типу інтерметалідів), наприклад, гіри сполученні титану зі сталлю, використовуються засоби зварювання через проміжну металеву вставку або з керованим внутрішнім виплеском.

Як проміжну вставку можна використовувати біметалеві, наплавлені або напилені шари металів, які не утворюють інтерметалідів з металами зварюваних деталей.

Зварювання з керованим внутрішнім виплеском здійснюють так: деталі стискають електродами та нагрівають до плавлення електричним струмом.

Робоча частина електродів з боку більш пластичного металу або з меншою товщиною повинна мати форму конуса із сферичною робочою поверхнею, а з протилежного боку - циліндричну з плоскою робочою поверхнею.

Для запобігання початковому внутрішньому виплеску передній фронт зварювального імпульсу модулюється. Після реалізації внутрішнього виплеску деталі проковуються підвищеним зусиллям для остаточного витискування рідкого металу та механічного дроблення інгерметалідного прошарку завтовшки 2-4 мкм. Недоліками цього способу є надмірне розкриття зазору між деталями та велика вм'ятина на одній із деталей. Орієнтовні режими точкового зварювання з керованим внутрішнім виплеском деяких пар металів наведені у табл. 1.15.

Таблиця 1.15

**Орієнтовні режими точкового зварювання різних металів з керованим внутрішнім виплеском**

Зварювані метали	Товщина металу, мм	Діаметр точки, мм	Сила зварювального струму, кА	Тривалість зварювання, с	Зусилля зварювання, даН	Зусилля кування, даН	Міцність точки на зрізання, даН
Титан ОТ4-1 + + Латунь Л63 (з мідно-нікелевим покриттям)	0,85+0,35	3,5	8,5	0,02	3,5	7,2	65
Сталь 10Х18Н10Т + + Латунь Л63 (з мідно-нікелевим покриттям)	1,0+0,35	3,5	10	0,02	3,7	7,5	65
Алюміній АД1 + +Титан ОТ4-1	1,0+0,85	4,5	12	0,02	2,1	4,0	20
Алюміній АД1 + + Сталь 10Х18Н10Т	1,0+1,0	4,5	12	0,02	2,1	4,0	20
Сталь 10Х18Н10Т + + Титан ВТІ-0	1,0+2	9,5	37	0,18	3,5	7,5	150 при відриві
Сталь 10Х18Н10Т + + Титан ВТІ-0	0,85+0,8	4,5	10	0,14	3,6	7,5	400

Примітка. Зварювання виконується у воді.

Одностороннє зварювання застосовується для з'єднання деталей різної товщини, для підвищення продуктивності праці, а також, коли неможливе зварювання з двостороннім підведенням струму. Параметри режимів одностороннього зварювання низьковуглецевих сталей наведені у табл. 1.16.

Особливості зварювання низьковуглецевих сталей з антикорозійними покриттями обумовлені властивостями та товщиною покриттів. Легкоплавкі шари з цинку, свинцю, кадмію та інші передчасно розплавляються в контакті між деталями і підплавляються в контакті електрод-деталь, знижуючи щіль-

ність зварювального струму. Тому для зварювання сталей з легкоплавкими покриттями використовують більш жорсткі імпульси зварювального струму порівняно із зварюванням сталей без покриття при підвищених зусиллях на електродах (на 20-25 %) (табл. 1.17-1.19).

Таблиця 1.16

**Орієнтовні параметри режимів  
одностороннього точкового зварювання**

Товщина деталей, мм	Сила зварювального струму, кА	Зусилля зварювання, даН	Тривалість зварювання, с	Діаметр робочої частини електрода, мм	Зусилля зрізу на одну точку, даН
0,8	12,3	180	0,38	4,8-5,0	480-520
1,0	13,2	200	0,38	5,5-6,0	610-630
1,2	15,4	250	0,38	7,0-7,5	820-840

Примітка. Електроди зі сферичною формою робочої поверхні мають радіус сфери  $K_c \sim 75$  мм.

Таблиця 1.17

**Орієнтовні параметри режимів точкового зварювання  
маловуглецевих сталей із цинковим покриттям**

Товщина деталей, мм	Діаметр контактної поверхні електрода, мм	Зусилля на електродах, даН	Тривалість імпульсу зварювального струму, с	Сила зварювального струму, кА	Діаметр литого ядра, мм	Руйнуюче зусилля зрізу на одну точку, даН
0,6	4,0	215	0,22	10,5	4,3	420
0,8	4,5	250	0,24	11,0	4,6	500
1,0	5,0	285	0,26	12,5	5,0	635
1,3	5,5	380	0,36	14,0	5,8	910
1,5	6,5	487	0,46	15,0	6,6	1135
1,9	8,0	635	0,56	19,5	7,9	1450
2,4	9,0	820	0,64	24,0	9,0	1910
2,8	10,5	1000	0,78	28,5	10,4	2315

Таблиця 1.18

**Орієнтовні параметри режимів точкового зварювання  
з проковкою сталей із цинковим покриттям**

Товщина деталей, мм	Зусилля на електродах, даН		Тривалість, с		Сила зварювального струму, кА	Діаметр литого ядра точки, мм	Руйнуюче зусилля зрізу на одну точку, даН
	при зварюванні	при проковці	імпульсу зварювального струму	проковки			
1,65	205	475	0,5	0,33	11,5	7,1	1250
2,75	320	900	0,8	0,51	15,5	8,9	3000
3,5	680	1170	1,2	0,83	19,0	12,2	4300

Таблиця і.34

**Орієнтовні параметри режимів зварювання  
конструкційних сталей з кадмієвим покриттям**

Товщина зварюваних деталей, мм	Зусилля стиснення при зварюванні, даН	Струм зварювальний, кА	Тривалість зварювання, с	Тривалість паузи, с	Радіус сфери електродів, мм
<i>Сталь 20</i>					
0,5	100-160	5,5-6,5	0,08-0,1	0,2-0,3	40-50
1,0	200-280	8-9	0,1-0,16	0,36-0,44	50-75
1,5	350-450	10-11	0,14-0,20	0,42-0,54	75-100
2,0	500-600	11,5-12,5	0,18-0,24	0,46-0,58	100-150
<i>Сталь 30ХГСА</i>					
0,5	200-300	5-6	0,14-0,18	0,3-0,5	40-50
1,0	400-500	6,2-6,7	0,18-0,24	0,6-0,7	50-75
1,5	500-700	8,7-9,2	0,22-0,30	0,9-1,1	75-100
2,0	750-900	10-11	0,40-0,60	1,0-1,4	100-150

Електроди в цьому випадку використовують з робочою поверхнею у вигляді перетиненого конусу з кутом заточки 120--140°. Електроди із сферичною заточкою (радіус сфери 75 мм) застосовують тоді, коли важко забезпечити перпендикулярність електрода до зварювальної поверхні.

Необхідно також забезпечувати інтенсивне охолодження електродів при витраті води не менше 1 л/хв. Якість поверхні і стійкість електродів підвищуються, якщо в контакт електрод-деталь розташувати спеціальне мастило або пасту, які зменшують хімічну взаємодію з покриттям. Позитивні результати одержують при використанні мастил, що містять: поліетиленоксид — і,0-1,5 %, нітрид натрію - 4-6 %, води - решта до 100 %, або поліакриламід - 1-1,5 %, нітрид натрію- 8-10 %, графіт-4-6 %, води-до 100 %.

При зварюванні сталей з більш тугоплавкими покриттями (хромовим або нікелевим) рекомендують збільшувати тривалість зварювання. Силу зварювального струму вибирають як для жорстких режимів зварювання непокрихтих сталей.

Внаслідок схильності до кристалізаційних тріщин і гарту середньовуглецеві та низьколеговані сталі необхідно більш повільно нагрівати з тривалістю зварювального струму в 4-5 разів більшою, ніж низьковуглецеві сталі. При зварюванні бажані попереднє підігрівання, плавне зростання сили зварювального струму чи уповільнене охолодження.

Режими зварювання з додатковим імпульсом струму, що виконує термічну обробку, забезпечують високу міцність і добру пластичність з'єднання (табл. 1.20).

Пауза між зварювальним імпульсом і імпульсом термічної обробки має бути достатньою, щоб запобігти утворенню тріщин. Для того, щоб усунути



внутрішній виплеск, зварювання загартованих сталей виконують при плавному зростанні (модулюванні) струму.

Високолеговані корозійностійкі конструкційні сталі аустенітного класу типу 12X18H10T зварюються на відносно жорстких режимах (табл. 1.21).

Таблиця 1.20

**Орієнтовні параметри режимів  
точкового зварювання сталей, що загартовуються**

Товщина металу, мм	Зварювання		Тривалість паузи, с	Термічна обробка		Зусилля зварювання, даН
	струм, кА	тривалість, с		струм підігрівання, кА	тривалість підігрівання, с	
0,5	5-6	0,32-0,4	0,3-0,5	4-5	0,5-0,6	200-300
0,8	5,5-6,2	0,36-0,44	0,4-0,6	4,5-5,6	0,6-0,74	250-350
1,0	6,2-6,7	0,42-0,5	0,6-0,7	4,8-5,5	0,68-0,78	400-500
1,2	7,2-7,7	0,46-0,54	0,7-0,9	5-6	0,72-0,86	500-600
1,5	8,7-9,2	0,56-0,64	0,8-1,1	6,2-7,4	0,86-0,90	600-800
2,0	10-11	0,74-0,84	1,0-1,1	7-8	1,1-1,3	800-1000
2,5	11,5-12,5	1-1,1	1,1-1,5	8-9	1,3-1,9	1000-1200
3,0	13-14	1,2-1,4	1,3-1,6	9-10	1,8-2,2	1100-1400

Таблиця 1.21

**Орієнтовні параметри режимів  
точкового зварювання сталей типу 12X18H10T**

Товщина металу, мм	Струм зварювання, кА	Тривалість зварювання, с	Зусилля зварювання, даН	Зусилля проковки, даН	Тривалість проковки, с
0,3	5-5,5	0,06-0,08	150-200	-	-
0,5	4,5-5,0	0,08-0,12	250-300	-	-
0,8	4,5-5,0	0,12-0,16	300-^100	-	-
1,0	5,0-5,7	0,14-0,18	350-500	-	-
1,2	6,0-7,0	0,16-0,20	450-600	-	-
1,5	7,0-8,0	0,20-0,24	500-700	-	-
2,0	8,0-9,0	0,24-0,30	800-950	-	-
2,5	8,5-9,5	0,30-0,34	1000-1100	-	-
3,0	10,0-11,0	0,34-0,38	1200-1400	2100-2200	0,38-0,48
4,0	11,0-12,0	0,40-0,50	1500-1700	2400-2600	0,5-0,6

Зварювання корозійностійких сталей типу ОХ17Г9АН4 здійснюється при збільшених зусиллях зварювання (табл. 1.22).

Високолеговані сталі типу 10Х17Н2 та 10Х13, що схильні до підгарту, зварюються з додатковим імпульсом струму (табл. 1.23).

Таблиця і.34

**Орієнтовні параметри режимів точкового зварювання  
сталі типу X17Г9АН4**

Товщина металу, мм	Зварювальний струм, кА	Тривалість зварювання, с	Зусилля зварювання, даН
0,4	5,0-5,5	0,08-0,1	350-400
0,6	4,5-5,0	0,12-0,14	400-500
0,8	4,8-5,3	0,14-0,18	450-550
1,0	5,0-5,5	0,16-0,20	600-700
1,2	5,6-6,0	0,20-0,22	700-800
1,5	7,0-7,5	0,24-0,28	850-1000
2,0	7,5-8,5	0,30-0,35	1100-1200
2,5	9,3-10,0	0,36-0,40	1300-1400
3,0	10,5-11,5	0,40-0,46	1500-1600

Таблиця 1.23

**Орієнтовні параметри режимів точкового зварювання  
високолегованих сталей типу 10X17H2 і 10X13**

Товщина металу, мм	Зварювання		Тривалість паузи, с	Термічна обробка		Зусилля зварювання, даН
	струм, кА	тривалість, с		додатковий імпульс струму, кА	тривалість додаткового імпульсу, с	
0,3	5,0-5,5	0,10-0,12	0,12-0,16	3,4-4,0	0,12-0,14	150-200
0,5	4,5-5,0	0,12-0,16	0,16-0,20	3,5-4,0	0,14-0,18	250-300
0,8	4,5-5,0	0,16-0,20	0,20-0,24	3,5-4,0	0,20-0,26	300-400
1,0	5,0-5,5	0,20-0,26	0,24-0,30	3,7-4,2	0,24-0,30	350-450
1,2	5,5-6,0	0,26-0,30	0,30-0,36	4,0-4,4	0,30-0,38	450-550
1,5	6,0-6,5	0,30-0,36	0,34-0,42	4,2-4,5	0,36-0,44	500-650
2,0	7,0-8,0	0,38-0,44	0,40-0,50	4,8-5,5	0,46-0,56	800-900
2,5	8,0-9,5	0,44-0,50	0,50-0,58	5,6-6,2	0,60-0,70	900-1100
3,0	9,5-10,5	0,50-0,58	0,54-0,66	6,5-7,3	0,70-0,80	1200-1400

Титанові сплави, що мають низьку теплопровідність, зварюються на більш м'яких режимах (табл. 1.24).

Алюміній та його сплави мають високу тепло- і електропровідність і тому зварюються особливо жорсткими зварювальними імпульсами на потужних однофазних, конденсаторних і низькочастотних машинах, а також на машинах з випрямленим струмом у вторинному контурі (табл. 1.25-1.27).

Для зварювання використовуються електроди із сферичною робочою поверхнею:

Товщина металу, мм	1	2	3
Радіус сфери електрода, мм	75	100	150

**Орієнтовні параметри режимів точкового зварювання  
титану і його сплавів**

Товщина металу, мм	Струм зварювальний, кА	Тривалість зварювання, с	Зусилля зварювання, даН
0,3	4,5-5,0	0,04-0,08	75-100
0,5	4,0-5,0	0,08-0,10	100-150
0,8	4,5-5,0	0,12-0,14	150-200
1,0	5,0-5,5	0,14-0,16	200-250
1,2	5,5-6,0	0,16-0,18	250-300
1,5	6,5-7,5	0,18-0,22	300-350
2,0	8,0-9,0	0,24-0,26	400-550
2,5	8,5-9,5	0,28-0,30	600-750
3,0	10,0-11,0	0,32-0,34	800-1000

Таблиця 1.25

**Орієнтовні параметри режимів точкового зварювання  
алюмінію та його сплавів на однофазних машинах змінного струму**

Метал, сплави	Товщина деталей, мм	Струм зварювальний, кА	Тривалість зварювання, с	Зусилля на електродах при зварюванні, кН
Технічний алюміній	0,5+0,5	15	0,08	2,5
	1,5+1,5	22	0,1	2,9
	2,5+2,5	28	0,16	3,5
	4,8+4,8	42	0,3	4,3
АМгАМ	0,5+0,5	22	0,04	1,3
	1,0+1,0	30	0,06	2,5
	1,5+1,5	34	0,08	3,5
АМгБТ	2,0+2,0	38	0,1	5,0
	1,5+1,5	46	0,21	8,0
	2,0+2,0	43,5	0,23	6,8
АМцАМ	3,0+3,0	44,5	0,22	7,0
	1,0+1,0	43	0,13	5,0
	2,0+2,0	43,5	0,23	6,2
Д16-АТ	3,0+3,0	53	0,18	9,0
	0,5+0,5	23	0,08	2,2
	0,8+0,8	27	0,1	3,5
	1,0+1,0	28	0,12	4,5
	1,5+1,5	34	0,16	6,5

Примітка. Починаючи з товщини 1,5-2 мм для усунення тріщин та ущільнення металу зварної точки використовується кувальне зусилля  $= (1,5-3) \cdot I_{\text{зв}}$ .

**Параметри режиму точкового зварювання алюмінієвих сплавів  
на конденсаторній машині МТК-5001**

Сплави	Товщина, мм	Радіус сфери елек- тродів, мм	Зусилля зварю- вання, даН	Струм зварю- вання, кА	Зусилля кування, даН	Три- валість кування,с	Настройка машини	
							Ємність конденса- торів, мкФ	Напруга конденса- торів, В
Д16Т	0,5	50	250	24	600	0,03	35000	270
	1,0	75	400	30	1000	0,05	105000	280
	1,5	100	600	41	1500	0,06	105000	310
АМгб	0,5	50	300	21	600	0,05	105000	310
	1,0	75	500	29	1200	0,06	105000	220
	1,5	100	700	38	1600	0,06	105000	290
АМцМ	0,5	25	150	26	-	-	35000	280
	1,0	50	250	34	-	-	105000	250
	1,5	75	400	43	800	0,07	105000	320
01420	0,5	50	300	15	-	-	105000	150
	1,0	75	500	21	1000	0,05	105000	180
	1,5	100	700	31	1400	0,06	105000	230
	2,0	150	900	36	1800	0,06	105000	270
МА2-1	0,5	50	200	15	-	0,06	135000	190
	1,0	75	300	18	-	-	105000	170
	1,5	100	500	26	1200	0,06	105000	230
	2,0	100	650	32	1600	0,06	105000	290

Зварювання алюмінієвих сплавів товщиною більш як 1-1,5 мм виконується з використанням циклограми з підвищеним "кувальним" зусиллям.

Зварювання міді та її сплавів потребує особливо жорстких режимів, використання теплових екранів із нержавіючої сталі (завтовшки 0,25-0,35 мм) між електродами та деталями або використання металокерамічних електродів (вставок) із молібдену чи вольфраму для зменшення стікання тепла в самі електроди.

Мідні сплави (бронза та латунь) з підвищеними значеннями електроопору зварюють струмами на 25-30 % при потужності на 50 % більшими порівняно з аналогічними параметрами зварювання низьковуглецевих сталей.

Орієнтовні параметри режимів точкового зварювання латуні Л63, найбільш поширеного конструкційного сплаву міді, наведені в табл. 1.28.

При налагодженні машин на робочий режим зварювання кольорових металів та різних сталей і сплавів корисно застосовувати також графічні залежності (рис. 1.11).

Наприклад, для деталей із сплавів на основі Си, А1 та М§ завтовшки від 0,5 до 2,5 мм значення зварювального струму ( $I_{зв}$ ) знаходяться в області, що прилягає до верхньої лінії графіка, для сплавів на основі Ре, N1 та Ti - в області, ближчої до нижньої лінії.

Таблиця і.34

**Орієнтовні параметри режимів зварювання алюмінієвих сплавів  
на машинах з випрямленням струму у вторинному контурі**

Товщина металу, мм	Струм зварювальний, кА	Тривалість зварювання, с	Зусилля зварювання, даН	Зусилля кування, даН	Тривалість кування, с
0,5	30	0,02	200	400	0,02
0,8	32	0,04	300	650	0,06
1,0	40	0,04	400	900	0,06
1,2	43	0,06	450	1100	0,08
1,5	47	0,06	500	1400	0,08
2,0	56	0,08	800	1900	0,12
3,0	70	0,14	1300	3200	0,2
4,0	85	0,2	1800	6000	0,28
5,0	130	0,26	1600 3700	9100	0,38
6,0	155	0,30	2200 6000	11500	0,44
7,0	170	0,36	2750 7000	15000	0,52

Примітка. В чисельнику-/,і, в знаменнику-Т,,2, яке вмикається через /,,, = 0,3 /,...

Таблиця 1.28

**Орієнтовні параметри режиму  
точкового зварювання латуні Л63**

Товщина, мм	Радіус поверхні електрода, мм	Зусилля на електродах, даН	Струм зварювання, кА	Тривалість зварювання, с	Споживана потужність, кВ • А
0,5	50	130	15	0,1	68
1,0	50	180	18	0,2	95
1,5	70	260	27	0,2	167
3,0	150	400	39	0,35	290

Значення тривалості зростання струму до амплітудної величини ( $I_a$ ) та проходження його за час зварювання ( $t_{зв}$ ) для сплавів на основі Al, Mg та Si знаходяться в області біля нижньої лінії, для сталей і сплавів на основі Fe, Ni або Ti - відповідно ближче до верхньої лінії.

Для підвищення статичної, циклічної міцності та корозійної стійкості зварних точкових з'єднань використовують клеї, ґрунти та пасти (табл. 1.29, 1.30). При виборі марки клею слід враховувати такі його властивості, як рідкотекучість та можливість добре заповнювати зазори під напусткою зварю-

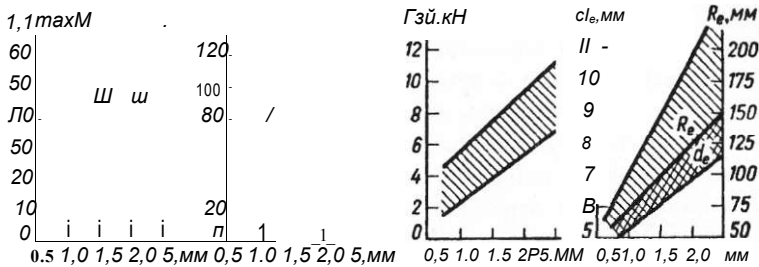


Рис. 1.11. Залежність струму зварювання  $I_{зв, тах}$ , часу  $t_a$  і  $t_{зв}$ , зусилля стиснення розмірів електродів  $c_e$  та  $\delta$ , від товщини деталей  $\delta$  (від 0,8+0,8 мм до 2,5+2,5 мм) для конденсаторних машин середньої та великої потужності

вального з'єднання; можливість твердіти при мінімальному (контактному) тиску та невеликій температурі; при цьому добре видавлюватися із зони зварювального контакту; можливість виконання зварювання по сирому клею під час повного циклу виготовлення вузла без витікання та полімеризації.

Останнім часом з метою поліпшення санітарних умов експлуатації зварних конструкцій використовують шумовбирані матеріали (ШВМ), з яких виготовляють вузли автомобілів, літаків, тракторів і т. ін.

Головним методом з'єднання деталей із ШВМ є точкове зварювання. ШВМ отримують склеюванням двох металевих стрічок полімерною плівкою між ними в процесі прокатки.

Технологія виготовлення ШВМ, штампування та зварювання деталей із нього розроблені співробітниками Запорізького державного технічного університету.

Таблиця 1.29

**Властивості ґрунтів та паст, що використовують при контактному точковому зварюванні**

Марка	Температура сушіння, °C	Тривалість твердіння (допустима), с	Примітка
КФ-030	100	1-1,5	Ґрунт
ГФ-031	100	0.4-0.5	Те саме
ГФ-0114	100	3-5	
ФЛ-086	100	0,16-0,5	
АЛКМ-1	20	Здоби	Паста
КСП-1	20	8	Паста

Примітка. Дані наведені за результатами випробувань на сплаві Д16Т (1,5+1,5) мм. Оцінка допущеної тривалості зварювання відбувалась на машині МТК-8004.

З'єднання деталей із ШВМ за загально прийнятими схемами контактного точкового зварювання неможливе тому, що шумоізоляційна плівка є ізолятором для зварювального струму. Якщо технічні умови виготовлення деталей із ШВМ не забороняють локальне механічне руйнування суцільності деталей в місцях наступного зварювання, наприклад, керном, використовують традиційні схеми точкового зварювання. Коли це неможливо, прагнуть якимось чином під час зварювання зруйнувати полімерну плівку.

Для стоншення і руйнування ізоляційних деталей плівок використовують точкове зварювання (з підведенням струму з обох або з одного боку деталей) шляхом підігрівання та деформування деталей у зоні зварювання зусиллям обтиснення та струмом підігрівання, який дає можливість на початковій стадії зварювання проходити крізь метал стрічок, що контактують з електродами (рис. 1.12).

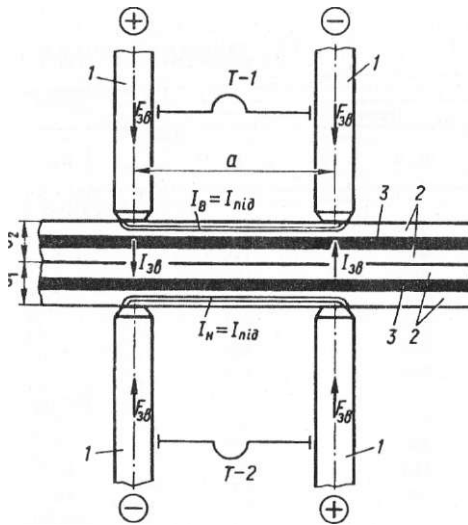
Після зруйнування синтетичної плівки між електродами крізь деталі пропускають зварювальний струм /зв до виникнення литої точки потрібної форми та розмірів. Ущільнюють метал точкового з'єднання після вимикання зварювального струму зусиллям кування на електродах.

Таблиця 1.30

**Властивості клеїв, що використовуються при точковому зварюванні**

Марка клею	Час затвердіння	Температура затвердіння, °С	Допстимий час, с		Міцність при зсуві, кПа(при °С)
			зварювання по клею	заливання	
<i>Клеї гарячого твердіння</i>					
ВК-1	65	120	3-5	2	1650
ВК-1МС	70	120	3-6	0,5	2380
К-4	60	120	Не використовують	0,25	2670
ВК-9	300	20	0,5-1	Не використовують	1470
ВК-36	-	170	5 діб	-	3300
ВК-37	500	120	0,5-1	-	2550
ВК-39	90	120	3-4	2-3	1990
<i>Клеї холодного твердіння</i>					
КВС-4	500	20	0,5-1	Не використовують	650
КС-609	500	20	0,5-1,2	-	740
КЛН-1	140	20	1	0,2	1490

Примітки: Зразки виготовлялись із сплаву Д16Т. 2. Зварювання по клею ВК-36 виконували за наперед зробленими отворами.



**Рис. 1.12.** Принципова схема двоточкового зварювання деталей із ШВМ:  
*T-1, T-2* - трансформатори зварювальні;  $(I_0, I_n)$  - струм підігрівання;  $I_3, I_3$  - струм зварювання;  $I_n$  - зусилля зварювання;  
*5i, 62* - товщина деталей; *1* - електрод;  
*2* - лист сталевий; *3* - плівка шумовбирна; *a* - відстань між електродами;  $I_3, I_3$  - струм у верхній та нижній деталях

Параметри режиму точкового зварювання деталей із ШВМ (зусилля обтиснення, зварювання та кування; значення струмів підігрівання і зварювання, тривалість обтиснення, зварювання та кування; також відстань між осями електродів з одного боку деталей або між електродом та колодкою гнучкого струмопроводу (рис. 1.13)) визначаються експериментально залежно від властивостей і товщини металевих частин та ізолюючої плівки.

Орієнтовні параметри режиму точкового зварювання деяких деталей із ШВМ наведені у табл. 1.31. Відстань між електродом та колодкою струмопроводу *a* або між осями електродів не має перевищувати 150-200 мм.

Таблиця 1.31

**Орієнтовні режими  
точкового зварювання деталей із ШВМ**

Склад ШВМ: сталь + полімерна плівка + сталь, мм	Зусилля зварю- вання, даН	Струм, кА		Кіль- кість імпуль- сів підігрі- вання	Три- валість паузи, с	Тривалість, с			
		підігрі- вання	зварю- вання			обтис- нення	підігрі- вання	зва- рю- ван- ня	куван- ня
0,35+0,15+0,35	270-290	7-7,5	7,5-8	2	0,02	0,52	0,46	0,4	0,18
0,5+0,3+0,5	280-300	9,5-10	11-11,5	2	0,02	0,64	0,84	0,46	0,46

Примітки: 1. Металеві стрічки виготовляють із сталі 08 кп. 2. Для виготовлення ШВМ використовують поліуретановий клей холодного твердіння типу "Стик-3/8" з часом полімеризації 24 год. 3. Діаметр робочої частини електродів дорівнює 6-8 мм.



### Орієнтовні параметри режиму

Товщина деталей, мм	Параметри режиму			
	Установлювальні			
	С, мкФ	i/и, В	К,	λпр
				<i>Латунь Л63</i>
0,05+0,05	70	600	100	-
0,1+0,1	110	600	100	-
0,2+0,2	180	600	100	-
0,3+0,3	250	600	100	-
0,4+0,4	550	600	100	-
0,5+0,5	660	600	125	-
0,6+0,6	500	600	125	-
				<i>Латунь Л63</i>
0,05+0,05	50	400	50	60
0,1+0,1	100	480	50	80
0,2+0,2	150	500	50	80
0,5+0,5	500	680	50	80
				<i>Латунь Л763</i>
0,1 + 10	150	600	100	-
0,2+10	270	600	100	-
0,3+10	400	600	100	-
				<i>Латунь ЛСЗ</i>
0,1 + 10	100	480	50	80
0,2+10	150	500	50	80
0,3+10	200	570	50	80
				<i>Алюміній А97</i>
0,1+0,1	100	600	75	-
0,2+0,2	180	600	75	-
0,3+0,3	250	600	75	-
0,4+0,4	360	600	75	-
0,5+0,5	460	600	75	-
				<i>Алюміній А97)</i>
0,1+0,1	50	500	50	120
0,2+0,2	100	600	50	120
0,3+0,3	100	730	50	120
0,5+0,5	200	1000	50	120
				<i>Сталь 10</i>
0,1+0,1	50	600	100	-
0,3+0,3	160	600	100	-
0,5+0,5	350	600	75	-
0,7+0,7	800	600	75	-
				<i>Сталь 10</i>
0,05+0,05	100	300	50	60
0,25+0,25	200	450	100	80
0,5+0,5	1000	520	50	140

Примітка. С - ємність конденсаторів; и,и - напруга мережі живлення конденсаторів; зварювання; с<sub>с</sub> - діаметр робочої частини електрода; /и,и - струм підігрівання; /и,и<sub>мл</sub> - струм зварювання відповідно.

Таблиця 1.10

## точкового мікрозварювання

зварювання

## Технологічні

я», н	мм	їд, КА	'зета", КА	'їд МС	'а, МС	(., мс	Зусилля зрізання на одну точку, Н
<i>(машина ТКМ-7)</i>							
40	1,0	-	-	-	-	-	-
50	1,0	-	-	-	-	-	110
80	1,5	-	-	-	-	-	300
100	1,5	-	-	-	-	-	430
150	2,0	-	-	-	-	-	515
200	2,5	-	-	-	-	-	550
230	2,5	-	-	-	-	-	-
<i>(машина ТКМ-7)</i>							
40	1,0	1,1	2,2	0,6	1,5	2,0	65
50	1,0	1,6	4,0	1,0	1,5	3,5	112
80	1,5	1,7	4,5	1,0	1,5	4,0	310
200	3,0	2,4	11,6	1,2	2,1	5,8	600
<i>(машина ТКМ-7)</i>							
50	1,0	-	-	-	-	-	-
80	1,0	-	-	-	-	-	-
100	1,5	-	-	-	-	-	-
<i>(машина ТКМ-15)</i>							
50	1,5	1,6	4,0	1,0	1,4	3,5	-
80	1,5	1,7	4,0	1,0	1,5	4,0	-
100	2,0	1,9	4,9	1,2	1,7	4,5	-
<i>(машина ТКМ-7)</i>							
100	1,5	-	-	-	-	-	40
150	1,5	-	-	-	-	-	75
210	2,0	-	-	-	-	-	110
250	2,5	-	-	-	-	-	210
300	3,0	-	-	-	-	-	290
<i>(машина ТКМ-15)</i>							
100	1,5	1,1	3,2	1,6	2,0	3,5	-
150	1,5	1,6	4,8	1,2	2,0	5,0	-
210	2,0	1,6	6,4	0,8	2,0	5,0	-
300	3,0	3,2	13,6	0,8	2,5	6,0	-
<i>(машина ТКМ-7)</i>							
90	1,0	-	-	-	-	-	205
160	1,5	-	-	-	-	-	705
400	2,5	-	-	-	-	-	825
500	3,0	-	-	-	-	-	965
<i>(машина ТКМ-15)</i>							
80	1,0	0,5	2,1	0,8	1,6	2,5	-
150	2,0	0,8	2,6	1,1	2,5	6,0	-
420	3,0	0,6	3,2	1,8	6,0	120	-

$K_m$  - коефіцієнт трансформації;  
зварювання максимальний;

- кількість витків дроселя насичення;  $P_{z0}$  - зусилля  
- тривалість підігрівання, досягнення струмом максимуму і

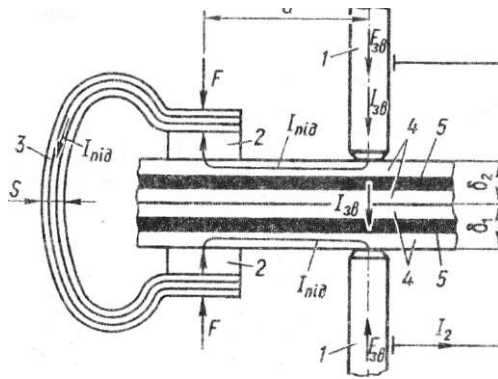


Рис. 1.13. Принципова схема зварювання деталей із ШВМ:

- /ч. - зусилля зварювання;
- T-трансформатор зварювальний;
- $I_{30}$  - струм зварювальний;  $I_2$  - струм вторинний;  $I_{нид}$  - струм підігрівання;
- $P$  - зусилля притиснення колодок(2)гнучкого струмопроводу до деталей;
- $a$  - відстань між електродом та колодкою; 5- площа перерізу гнучкого струмопроводу (5);
- / - електрод; 4 - сталевий лист; 5- плівка шумовбирна; 6], 62 - товщина деталей

Таблиця 1.33

**Орієнтовні параметри режиму конденсаторного зварювання сталей типу 12X18H9T та титанових сплавів типу ОТ4**

Товщина деталей, мм	Установлювальні				Технологічні		
	C, мкФ	$U_{н.}$ , В	$P_{н.}$ , кН	$(I_{н.}$ , ми	$I_1$ , ..» КА	$I_b$ , мс	$t_{н.}$ , мс
<i>Сталь 12X18H9T</i>							
0,3+0,3	19600	190	2,5	3,0	7,8	10	30
0,5+0,5	19600	200	3,5	4,0	8,5	10	34
0,8+0,8	29400	200	5,5	5,0	9,6	12	40
1,0+1,0	39200	200	8,0	5,0	14,8	15	48
1,5+1,5	127400	200	10,0	7,0	20,1	29	112
<i>Сплави титанові</i>							
0,5+0,5	19600	190	2,0	4,0	6,6	10	36
0,8+0,8	19600	200	2,5	5,0	7,5	10	38
1,0+1,0	29400	200	3,5	5,0	10,3	13	40
1,5+1,5	78400	200	5,0	7,0	18,1	24	90
2,0+2,0	147000	200	6,5	8,0	19,9	36	128

Примітки: 1. Зварювання відбувалось на машині типу МТК-75. 2 Пояснення параметрів див. у табл. 1.32.

Мікрозварювання (з'єднання деталей завтовшки до 0,5 + 0,5 мм) виконуються на особливо жорстких параметрах режиму зварювання переважно за допомогою конденсаторних машин або постійного струму. Особлива жорсткість зварювальних імпульсів при обмежених зусиллях на електродах (табл. 1.32-1.34) є причиною виникнення виплесків, масопереносу, а також значних коливань міцнісних характеристик з'єднань.

Таблиця і.34

**Орієнтовні параметри режиму конденсаторного зварювання  
сплавів алюмінію типу АМц та Ді6**

Товщина деталей, мм	Установлювальні				Технологічні				
	С, мкФ	и <sub>з</sub> , В	кН	P <sub>з</sub> , кН	'Я, мм	'Л.та., кА	'а, мс	(зв, мс	мс
<i>Сплави типу АМц</i>									
0,3+0,3	3400	340	0,8	-	25	15,0	6,0	21,0	-
0,5+0,5	16800	320	1,2	-	50	20,5	12,0	27,0	-
0,8+0,8	33600	320	1,9	-	75	28,0	18,0	46,0	-
1,0+1,0	42000	340	2,5	-	100	32,5	19,0	50,0	-
1,5+1,5	67300	360	4,0	-	150	44,0	24,0	64,0	-
2,0+2,0	100800	380	5,5	10	150	54,0	26,0	78,0	84,0
2,5+2,5	168000	400	7,0	11	200	65,0	32,0	100,0	118,0
<i>Сплави типу Ді6</i>									
0,3+0,3	8400	360	1,2	-	25	16,0	6,0	21,0	-
0,5+0,5	16800	320	2,0	-	50	20,5	12,0	27,0	-
0,8+0,8	25200	360	3,0	5,0	75	27,5	14,0	39,0	34,0
1,0+1,0	33600	340	4,0	8,0	100	30,5	18,0	46,0	41,0
1,5+1,5	84000	360	6,0	14,0	150	48,0	26,0	68,0	65,0
2,0+2,0	109200	380	8,0	21,0	150	55,0	28,0	74,0	34,0
2,5+2,5	176400	400	10,0	30,0	200	67,0	38,0	104,0	127,0

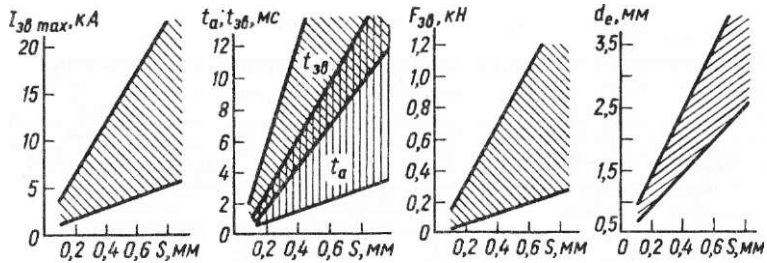
Примітки: 1.  $I_{\text{к}}$  — зусилля кування;  $r$  — радіус робочої поверхні електрода;  $t$  — час початку дії зусилля кування. 2. Інші параметри див. у табл. 1.32.

Стабільність показників мікрозварювання досягається підвищенням вимог до попередньої підготовки поверхонь електродів і деталей, забезпеченням співвісності електродів та використанням машин з особливо жорсткими хоботами вторинних контурів і безінерційними приводами стиснення.

Оцінити параметри режиму точкового мікрозварювання можливо за допомогою відповідних графіків (рис. 1.14). Для деталей з алюмінієвих, мідних та магнієвих сплавів максимальний струм зварювання  $I_{\text{зв тах}}$  знаходиться ближче до верхньої області графіка, для сплавів на основі заліза, нікелю чи титану - відповідно в області, ближчої до нижньої лінії.

Значення тривалості наростання струму до амплітудного максимального значення 4 та загального часу зварювання  $I_{\text{зв}}$  для магнієвих, алюмінієвих та мідних сплавів знаходяться на графіках ближче до нижньої лінії, для сталей і сплавів на залізній, нікелевій або титановій основі - ближче до верхньої лінії цього графіка.

Шунтування струму під час конденсаторного мікрозварювання суттєво не впливає на якість з'єднань, якщо відстань між точками є не меншою за зазначену у табл. 1.35.



**Рис. 1.14.** Залежність струму мікрозварювання  $I_{зв,мах}$ , часу наростання до амплітудного значення  $t_a$ , загальної тривалості зварювання  $t_{зв}$ , зусилля стиснення деталей  $F_{зв}$  діаметра робочої частини електродів  $d_e$  від товщини деталей ( $S = 0,5 + 0,7$  мм) для машин конденсаторного зварювання малої потужності

Для виготовлення залізобетонних конструкцій звичайно використовують стрижневу арматурну сталь класів А-1-А-У (ГОСТ 5781-82) та термічно зміцнену сталь класів Ат-ІУ-Ат-УП (ГОСТ 10884-81), а також дротову гладку сталь класів В-І, періодичного профілю класу Вр-ІС (ГОСТ 6727-80), високоміцну класу В-ІІ, періодичного профілю Вр-ІІ (ГОСТ 7348-8Г). Розміри та параметри арматурних сіток регламентовані ГОСТ 8478-81 і ГОСТ 23279-89. Зварювання сіток виконується на одноелектродних стаціонарних, підвісних та багатоелектродних машинах.

Конструктивні елементи, розміри та технічні характеристики таких зварних з'єднань регламентуються ГОСТ 14098-85 (рис. 1.15).

Таблиця 1.35

**Величини допустимої мінімальної відстані між точками при конденсаторному мікрозварюванні**

Метал	Кількість деталей у пакеті	Найменший крок точок, мм, при товщині кожної деталі, мм						
		До 0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
Низьковуглецеві, корозійностійкі,	2	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	
жароміцні сталі,	3	1,5	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	
нікель, титан	2	1,5	2,0	2,5	3,5	4,5	5,5	7,0
Латунь, бронза,	3	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,5	8,0
мельхіор	2	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	6,5	
Алюміній	3	2,0	2,5	3,5	5,0	6,0	8,0	
та його сплави	2	2,5	3,0	4,0	5,5	7,0	8,0	
	3	3,0	4,0	5,0	7,5	10,5	12,0	

Величину осадки в перехресті стрижнів визначають за формулами:

для двох стрижнів:

$$k = \{c_1 + \langle i_2 \rangle - (a_1 + b)\};$$

для трьох стрижнів:

$$+ \frac{c_2 - \{a_2 + b\}}{2}$$

де  $c_1, c_2$  - діаметри стрижнів, мм;  $a_1, a_2$  - сумарна товщина стрижнів в місцях перехрещення після зварювання, мм;  $b$  - сумарна величина вм'ятини від електродів ( $b_1 + b_2$ ), мм.

Режими зварювання підлягають коректуванню, якщо міцність хоча б одного з пробних зразків є меншою від норм ГОСТ 10922-75.

Більшість арматурних сталей з'єднують одним імпульсом зварювального струму або з модуляцією переднього фронту цього струму.

Арматуру великих діаметрів деяких класів, що виготовляється із високоякісних сталей, зварюють декількома імпульсами зварювального струму з регульованими паузами між ними. Орієнтовні значення зварювального струму та зусилля стиснення арматури під час контактної точкової зварювання наведені в табл. 1.36-1.39.

Діаметр робочої частини електродів під час зварювання хрестоподібних з'єднань арматури визначають згідно з величиною поперечного розрізу стрижнів:

Діаметр стрижня з найбільшою площиною поперечного розрізу, мм . . . . .	3-8	10-20	22-40
Діаметр робочої частини електродів, мм . . . . .	25	40	60

Під час точкової зварювання деталі можуть бути деформованими внаслідок безпосередньої усадки металу точок та дії зусилля стиснення з боку електродів, структурних перетворень у металі з'єднання, а також відхилень у роботі збирального та зварювального обладнання (хибне положення електродів або деталей між електродами), прогину консолей зварювальної машини і т. ін.

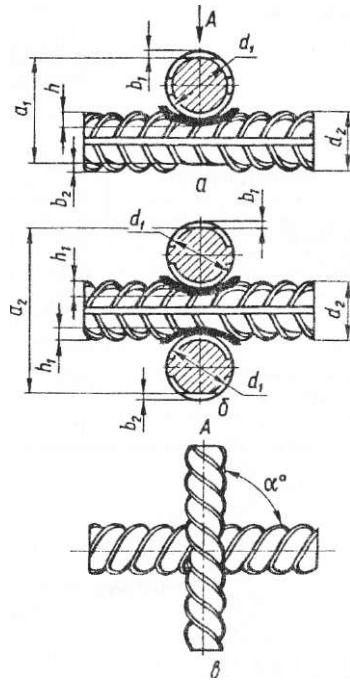


Рис. 1.15. Конструктивні елементи зварних хрестоподібних з'єднань арматури:

- тип з'єднання з двох стрижнів (К<sub>1</sub> - К<sub>2</sub>); б - тип з'єднання з трьох стрижнів (К<sub>2</sub> - К<sub>1</sub>);
- й\, с\г — діаметри стрижнів;
- А, Л — глибина осадження стрижнів після зварювання;
- а° - кут між осями арматури

Таблиця і.34

**Технічні характеристики арматурних  
хрестоподібних з'єднань**

Клас арматури з меншим діаметром	c/2, мм	Величина $B_{c1}$ , що забезпечує міцність згідно з ГОСТ 10922-75 для з'єднань з відношенням діаметрів $c_1/c_2$				
		1,0	0,5	0,33	0,25	
		В-I, Вр-IC	3-5	0,35-0,5	0,28-0,45	
A-1	6-40	0,25-0,5	0,21-0,45	0,18-0,4	0,16-0,35	
A-II	10-40	0,33-0,6	0,28-0,52	0,24-0,46	0,22-0,42	30-90
A-III	6-40	0,4-0,8	0,35-0,7	0,3-0,62	0,28-0,52	30-90
Ат-IIIС, Ат-IУС Ат-IУК, Ат-I/	10-28	0,4-0,6	0,35-0,46	0,3-0,46	0,28-0,42	30-90

Примітка. З'єднання використовують для виготовлення сіток, плоских та об'ємних каркасів.

Таблиця 1.37

**Мінімальна сила зварювального струму для точкового  
зварювання арматури, кА**

Клас арматури меншого діаметра	Відношен- ня діаметрів стрижнів	Діаметр меншого стрижня, мм																
		3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32	36	40
		5	0	1														
A-I;	1	1,7	2	2,5	3,1	3,8	4,9	6	6,9	7,7	8,9	9,8	10,9	12,3	13,8	15,8	17,8	19,7
B-I	0,5	2	2,4	3	3,7	4,8	6	7,2	8,4	9,2	10,7	11,8	14	16,5	19,5	22,5	-	-
	0,33	2,9	3,4	4,2	5,3	6,5	8,6	10,8	11,8	13,1	14,6							
	0,25	3,7	4,4	5,4	6,8	8,4	11											
A-II;	1	3	3,5	4,2	5	7	8	9,8	11,5	13,2	14,8	16,5	18	19,6	23	26	29,5	33
A-III;	0,5	3,7	4,5	5,2	6,3	8,8	10,2	12,5	14,3	16	18,2	20,6	22,6	25	28,5	32,5	-	-
B-I	0,33	4,5	5,4	6,4	7,6	10,7	12,4	15	17,2	19,8	22,4							
	0,25	5,3	6,2	7,3	8,8	12,2	14											
Ат-IIIС	1						10	11,8	14,2	17,5	22							
	0,5					-	10,2	12,5	14,3	17,5	22							
	0,33					-	12,4	15	17,2	19,8	-							
	0,25						14											

Примітка. Наведені значення струму аналогічні значенням струму при рельєфному зварюванні такої ж арматури. Для зменшення зносу робочої поверхні використовують електроди зі стовщеною робочою частиною (типу 0825-9021 ОН37.0767-70).

Таблиця і.34

**Зусилля стиснення схрещених стрижнів арматури  
при точковому зварюванні**

5. а. Λ 2 о « 5 ш 8 - і л й і ч	X Ю Ш ® Ю Ш X Ю Ш • 3 I B . а с і и	Діаметр меншого стрижня, мм																
		3	4	5	6	а	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32	36	40
A-I	i	7	200	245	310	380	490	600	690	770	890	980	1090	1230	1380	1580	1760	1970
B-I		100	140	180	240	410	530	760	880	110	123	140	160	180	210	240	275	305
A-II; A-III		300	350	420	500	700	800	980	1150	1600	1820	2060						
Bp-I		380	620	730	880	1220	1400	1500	1720	1980	2200	3800						
At-IIIc	0,5-0,25	100	100	100	120	200	250	400	440	550	600	700						

Примітка. Наведені зусилля аналогічні зусиллям при рельсфному зварюванні арматури.

Таблиця 1.39

**Орієнтовні параметри режимів точкового зварювання  
хрестоподібних стрижнів однакового діаметра**

Діаметр рижня, мм	Тривалість про- ходження зварю- вального струму, с	Зусилля стиску, даН	Сила зварювального струму, кА	Величина осадки, мм
<i>B-I</i>				
3+3	0,06	130	4	1-1,5
4+4	0,08	175	4,8	1,3-2,0
5+5	0,12	225	6,4	1,6-2,5
<i>A-I</i>				
4+4	0,12	175	5,3	1-2
5+5	0,2	260	6,5	1,2-2,5
6+6	0,4	330	8	1,5-3,0
8+8	0,5	390	10,5	2-4
10+10	0,8	410	11,6	2,5-5
12+12	1,0	490	13,6	3-6
16+16	2,0	590	16	4-8
18+18	2,1	790	18	4,5-9
20+20	2,2	980	19,5	5-10
22+22	2,4	1175	21	5,5-1
<i>A-III</i>				
6+6	0,48	410	8,5	2,4-4,8
8+8	0,6	480	11,2	3,2-6,4
10+10	0,7	540	14,5	4-8
12+12	1,0	600	16	4,8-9,6
16+16	2	980	20	6,4-12,8



Продовження табл. 1.39

Діаметр стрижня, мм	Тривалість про- ходження зварю- вального струму, с	Зусилля стиску, даН	Сила зварювального струму, кА	Величина осадки, мм
<i>A-III</i>				
18+18	2,4	1215	21,5	7,2-14,4
20+20	2,8	1370	24	8-16
25+25	3,0	1765	28	10-20
32+32	4	2750	34	12,8-25,6
36+36	6	3330	42	14,4-28,8

Деформації та внутрішні напруги зменшують підвищенням зусилля на електроді після вимикання струму (зусилля кування), використанням зварювальних імпульсів підвищеної жорсткості, встановленням оптимальної послідовності виконання зварювання, яку звичайно визначають експериментально, а також обтисненням з'єднання після зварювання сталевими пуансонами (роліками) чи термічною обробкою виробу.

Після правки на поверхні зварних конструкцій, коли цього потребують умови експлуатації, наносять лакові або фарбо-лакові покриття, що підвищує їх поверхневу корозійну стійкість. Для запобігання електрохімічній щільовій корозії зазори в напускних з'єднаннях герметизують грунтами, пастами, клеями або фарбуванням.

## 2. РЕЛЬЄФНЕ ЗВАРЮВАННЯ

### 2.1. ПРИНЦИПОВА СХЕМА І СУТНІСТЬ РЕЛЬЄФНОГО ЗВАРЮВАННЯ

Рельєфне зварювання є різновидом точкового зварювання, під час якого початковий контакт між деталями відбувається по площині завчасно підготовлених технологічних виступів-рельєфів на поверхні однієї з деталей (рис. 2.1).

Звичайно рельєфи виготовляють у вигляді трапеції, півсфери або зрізаного конуса на деталях з більшою товщиною чи виготовлених із більш міцного металу.

Під час рельєфного зварювання процеси формування з'єднань багато в чому схожі з точковим зварюванням. Але при рельєфному зварюванні контакт між деталями визначається не формою робочої поверхні електродів, як при точковому зварюванні, а формою поверхні рельєфів у місці з'єднання.

Наявність на початку процесу обмеженої площі у контакті між деталями 1, 2 (рис. 2.1) після стиснення електродами (штампами) і вмикання струму дає можливість концентрувати тепловиділення в місці контакту при значній щільності струму. Рельєфи при цьому осідають внаслідок радіально спрямованої пластичної деформації.

Одночасно відбувається очищення твердих поверхонь від оксидів та зварювання у твердій фазі. Далі тепло генерується у нагрітому приконтатному металі деталей, поки виникне зона обопільного розплавлення потрібного розміру.

Паралельно з виникненням та збільшенням зони розплавлення навколо неї з'являється ущільнювальний пас, який має таке ж значення, як і при точковому зварюванні.

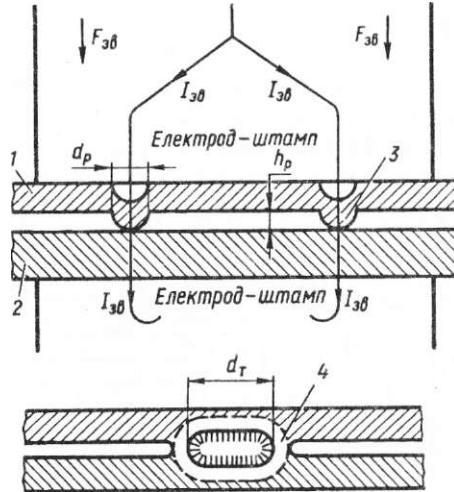


Рис. 2.1. Схема рельєфного зварювання:  
1,2- деталі, що зварюють; 3 - рельєф;  
4 - пас ущільнювальний;  $d_i$  - діаметр точки;  
 $I_{зб}$ ,  $F_{зб}$  - зусилля та струм зварювання;  
 $d_p$ ,  $h_p$  - діаметр та висота рельєфу

З'єднання при рельєфному зварюванні можуть формуватись як у твердій, так і рідкій фазі. З'єднання з литою структурою точки мають більшу міцність і стабільність показників механічних властивостей.

Рельєфне зварювання дає можливість отримувати з'єднання одночасно у декількох точках або безперервні герметичні шви замкнутої форми, збільшує продуктивність технологічного процесу, дає змогу зменшити розмір напусток та вагу самої конструкції, підвищує стійкість електродів та усуває операцію розмітки.

## 2.2. ТЕХНОЛОГІЯ РЕЛЬЄФНОГО ЗВАРЮВАННЯ

Рельєфним зварюванням з'єднуються листові та арматурні конструкції в одній або декількох точках та різновтовщинні деталі, які виготовляються з різних сталей та сплавів (див. рис. 2.1).

Іноді рельєфне зварювання використовують спеціально для з'єднання деталей з гарячекатаного металу, який очищено від окалини.

Рельєфи на поверхні деталей виштамповують за допомогою пресів, інколи - кернерів. Підготовка поверхонь деталей перед рельєфним зварюванням та їх складання проводиться так, як і перед точковим зварюванням.

Сферичні рельєфи на листових заготовках мають діаметр (див. рис. 2.1)  $b/p = 28 + 0,75$  мм та висоту  $h_p = 0,455 + 0,25$  мм ( $\delta$  - товщина листа, мм). Рельєфи виготовляються з допущенням на висоту  $\pm 0,05$  мм, на діаметр  $\pm 0,1$  мм (при  $\delta < 1,25$  мм), та  $\pm 0,12$ ,  $\pm 0,35$ , відповідно, для металу з товщиною  $\delta > 1,25$  мм. Основні розміри конструктивних елементів з'єднань на листових конструкціях, що виконуються рельєфним зварюванням, зумовлюються ГОСТ 15878-79 (рис. 2.2; табл. 2.1). Основні параметри режиму рельєфного зварювання такі ж, як і при точковому зварюванні. Силу зварювального струму визначають відповідно до величини щільності струму, яка зменшується зі збільшенням діаметра рельєфу та товщини деталі.

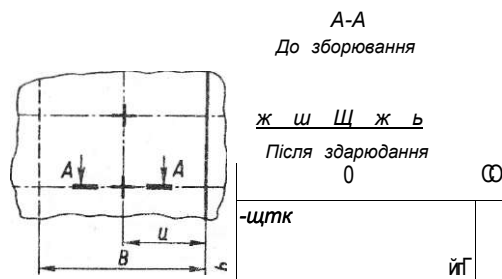


Рис. 2.2. З'єднання рельєфне:

- $u$  - відстань від центру точки до краю напустки;
- $B$  - напустка;  $И_н$   $И$  - глибина проплавлення деталей;
- $i_г$  - діаметр зварювальної точки;
- $Si, 5$  - товщина зварюваних деталей

Тривалість протікання зварювального струму залежить від величини рельєфу та товщини деталі. Зусилля на електродах зумовлюється міцнісними характеристиками зварюваних металів та кількістю рельєфів. Деталі з маловуглецевої сталі залежно від товщини та кількості рельєфів зварюють у декількох режимах (табл. 2.2-2.6).

Таблиця і.34

## Розміри рельєфних з'єднань

5 = мм	мм, не менше	Однорядний шов В, мм, не менше	5 = 5і, мм	с <sub>г</sub> , мм, не менше	Одноря; шов В, не мен
Група з'єднання А			Група з'єднання Б		
0,3	2,5	5	0,3	1,5	3
0,3-0,4	2,7	5	0,3-0,4	1,7	3
0,4-0,6	3,0	6	0,4-0,5	2,0	4
0,6-0,7	3,3	6	0,5-0,6	2,2	4
0,7-0,8	3,5	7	0,6-0,8	2,5	5
0,8-1,0	4,0	8	0,8-1,0	3,0	6
1,0-1,3	5,0	10	1,0-1,3	3,5	6
1,3-1,6	6,0	12	1,3-1,6	4,0	8
1,6-1,8	6,5	13	1,6-1,8	4,5	9
1,8-2,2	7,0	14	1,8-2,2	5,0	10
2,2-2,7	8,0	16	2,2-2,7	6,0	12
2,7-3,2	9,0	18	2,7-3,2	6,5	13
3,2-3,7	10,5	21	3,2-3,7	7,0	14
3,7-4,2	12,5	22	3,7-4,2	8,0	16
4,2-4,7	13,0	24	4,2-4,7	9,0	18
4,7-5,2	14,0	26	4,7-5,2	10,0	20
5,2-5,7	15,0	28	5,2-5,7	11,0	22
5,7-6,0	16,0	30	5,7-6,0	12,0	24

Таблиця 2.2

Орієнтовні параметри режимів рельєфного зварювання деталей  
з маловуглецевих сталей

і	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30								
0,6	2	0,5		5	3	0,06	90	5,5	0,12	70	4,9	0,12	60	3,8																							
0,8	2,5	0,5	11	5,5	3	0,06	110	6,6	0,12	70	5,1	0,22	60	3,8																							
1,0	3	0,7	14	7	4	0,16	150	8,0	0,20	100	6	0,30	70	4,3																							
1,2	3	0,7	16	8	4,5	0,16	180	8,8	0,32	120	6,5	0,38	100	4,6																							
1,5	4	0,9	19	10	5	0,24	250	10,3	0,40	160	7,8	0,50	150	5,4																							
1,8	4	0,9	20	10	5,5	0,28	300	11,0	0,48	200	8	0,64	180	6,0																							
2,0	5	1,0	20	11	6	0,30	360	11,8	0,56	240	8,8	0,68	210	6,4																							
2,4	5,5	1,0	22	13	7	0,32	460	13,1	0,64	310	9,8	0,84	280	7,2																							
2,8	6	1,4	32	16	8	0,38	560	14,1	0,70	370	10,6	1,00	340	8,3																							
3,2	7	1,5	32	18	9	0,44	680	14,8	0,90	450	11,3	1,20	410	9,2																							

Примітка. Режим А - для зварювання одного рельєфу або декількох, коли вони розташовані на значній відстані один від одного; Б - для зварювання двох; В - для зварювання трьох рельєфів при малій відстані між ними.

Таблиця 2.3

**Орієнтовні параметри режимів рельєфного зварювання деталей із маловуглецевої сталі великої товщини**

Товщина деталі, мм	Діаметр рельєфу, мм	Висота рельєфу, мм	Відстань між рельєфами, мм	Величина напруги, мм	Діаметр точки (мінімальний), мм	Зусилля зварювання, даН	Зусилля кування, даН	Сила зварювального струму, кА	Тривалість зварювання, с	Тривалість кування, с
<i>Нормальні рельєфи"</i>										
3,6	8,0	1,6	38	19	11	900	1900	15,4	0,3	1,2
4,0	9,0	1,7	40	20	12	1040	2080	16,1	0,3	1,4
4,4	9,5	2,0	44	22	13	1200	2400	17,4	0,4	1,64
4,8	10,0	2,0	48	24	14	1330	2660	18,8	0,4	1,96
5,2	<1,0	2,3	50	25	15	1440	2880	20,2	0,5	2,24
6,4	13,5	2,8	64	32	18	1770	3540	23,3	0,6	2,9
<i>Зменшені рельєфи"</i>										
3,6	6,8	1,5	40	19	9	640	1280	11,1	0,3	1,20
4,0	7,5	1,6	42	20	10	650	1300	11,8	0,3	1,40
4,4	8,0	1,7	43	21	11	680	1360	12,8	0,4	1,64
4,8	8,55	1,8	44	23	11,5	725	1450	13,9	0,4	1,96
5,2	9,0	2,0	46	24	12	785	1570	14,9	0,5	2,34
6,4	10,0	2,2	52	28	13	950	1900	17,3	0,6	2,90

\* Режими застосовуються при співвідношенні товщин деталей 1:3, коли рельєфи штампують на більш товстій деталі, а режим встановлюють за тоншою деталлю.

\*\* Режим застосовується для багаторельєфних з'єднань.

Таблиця 2.4

**Міцність рельєфних з'єднань при різних режимах зварювання**

Товщина металу, мм	Жорсткий режим			Середній режим			М'який режим		
	струм зварювального, кА	тривалість зварювання, с	зусилля зрізу, даН	струм зварювального, кА	тривалість зварювання, с	зусилля зрізу, даН	струм зварювального, кА	тривалість зварювання, с	зусилля зрізу, даН
0,94	9,2	0,24	650	8,7	0,42	630	7,6	0,64	470
1,5	11	0,42	1160	9,7	0,6	1100	8,6	0,84	1140
2,56	14,7	0,68	2300	12,5	0,92	2100	11,0	1,12	1700

Таблиця 2.5

## Розміри рельєфів при зварюванні оцинкованої сталі

Товщина металу, мм	Товщина цинкового покриття, мкм	Об'єм рельєфу, мм <sup>3</sup>	Діаметр рельєфу, мм	Висота рельєфу, мм
1	15	11	4,5	1,25
1,5	15	16	4,6	1,7
1,5	15	22	6,4	1,3
2,0	15	32	7,5	1,4

Таблиця 2.6

## Параметри режимів рельєфного зварювання маловуглецевих сталей із цинковим покриттям

Товщина		Розміри рельєфу		Тривалість зварювання, с	Зусилля на електро- дах, даН	Струм зварюван- ня, кА	Зусилля зрізу, даН
металу, мм	покриття, мкм	діаметр, мм	висота, мм				
1,0	15	4,5	1,25	0,12-0,2	200	9-10	850-400
1.5	15	4,6	1,25	0,12-0,24	400	13-14	800-950
1,5	15	6,4	1,3	0,12-0,24	400	19-20	750-900
1,5	15	6,4	1,3	0,24	400	15-16	700-800
2,0	15	7,5	1,4	0,40	500	13-15	1450-1550
2,0	15	7,5	1,4	0,40	700	18-20	1550-1650

Електроди для рельєфного зварювання повинні мати більшу площу контакту, ніж площа контакту при точковому зварюванні.

Таблиця 2.7

## Орієнтовні параметри режимів Т-подібного зварювання труб із маловуглецевих сталей

Розміри труби		Сила зварю- вального струму, кА	Тривалість зварювання, с	Зусилля затиснення труби, даН	Зусилля зварювання, даН	Осадка, %
діаметр, мм	товщина стілки, мм					
10	1,0	11	0,2	220	190	2,5
14	1,0	12	0,2	260	210	2,8
16	1,0	13	0,3	300	210	3,1
18	1,25	13	0,4	400	230	3,5
20	1,25	14	0,5	450	230	3,5
22	1,25	14	0,5	450	230	4,3
25	1,5	14,5	0,6	480	240	5,0
28	1,5	15	0,6	510	250	6,0
30	1,5	15	0,8	540	250	6,0
32	1,5	16	1,1	590	250	6,3
35	2,0	19	1,3	680	270	7,0

В табл. 2.7 наведено орієнтовні параметри режимів рельєфного зварювання труб. Рельєфним зварюванням виробляють також Т-подібні трубні з'єднання (після закруглення торців) у режимах, що наведені в табл. 2.8.

Таблиця 2.8

**Орієнтовні параметри режимів рельєфного зварювання труб нахрест**

Розміри труб, мм		Сила зварювального струму, кА	Зусилля зварювання, даН	Тривалість зварювання, с	
діаметр	товщина стінки			з осадкою 5 %	з осадкою 15 %
15	0,9	5	200	0,25	0,8
15,9	0,9	9,5	200	0,3	1,2
22,2	1,2	12	220	0,4	1,2
25,4	1,6	14	240	0,35	1,15
30,2	1,6	16	240	0,35	1,1
35,2	2,4	18	270	0,4	1,5

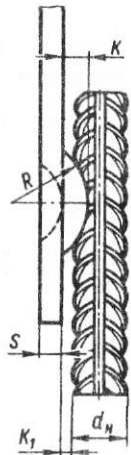
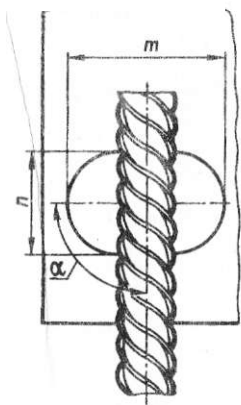
При рельєфному зварюванні деталей із різних металів рельєфи штамнують на поверхні деталей із металу з більшими тепло- та електропровідністю. Режими зварювання високолегованих сталей типу 12Х18П0Т наведено у табл. 2.9.

Таблиця 2.9

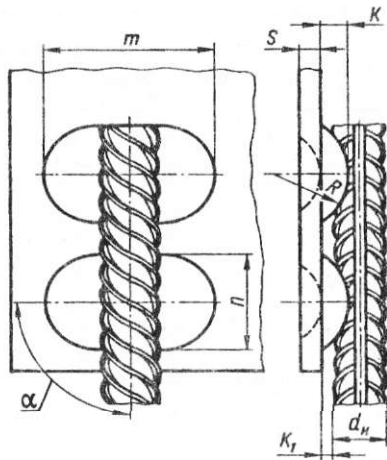
**Орієнтовні параметри режимів рельєфного зварювання деталей із високолегованих сталей типу 10Х18Н10Т**

Товщина деталі, мм	Діаметр рельєфу, мм	Висота рельєфу, мм	Величина напущки, мм	Сила зварювального струму, кА	Тривалість зварювання, с	Зусилля зварювання, даН
0,5	1,75	0,5	5	1,0	0,16	200
0,8	2,5	0,6	6	5,6	0,24	320
1,0	3,0	0,7	8	6,6	0,26	400
1,5	4,0	0,9	11	9,0	0,36	600
2,0	4,75	1,0	13	11,0	0,42	800
2,5	5,5	1,0	15	12,5	0,46	1000
3,0	7,0	1,5	18	14,0	0,48	1200

Холоднокатані маловуглецеві (завтовшки більше 3 мм) та автоматні сталі, а також алюміній та його сплави з'єднують рельєфним зварюванням обмежено. Сталі, що цементуються, зварюють до цементування.

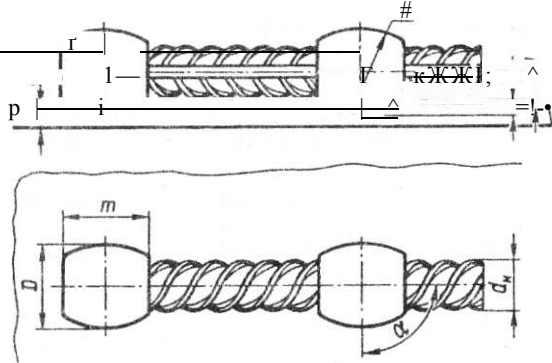


**Рис. 2.3. Конструктивні елементи напункових з'єднань арматури з одним рельєфом (тип з'єднання Н2-Кр)**



**Рис. 2.4. Конструктивні елементи напункових з'єднань арматури з двома рельєфами (тип з'єднання Н3-Кп)**

Контактне зварювання по рельєфам на пластині чи арматурі використовується для виготовлення закладних виробів будівельних конструкцій згідно з ГОСТ 14098-85 (рис. 2.3-2.5, табл. 2.10-2.12). Тривалість струму в цьому випадку визначають з умови забезпечення певного зазору між стрижнями та площиною пластини. Орієнтовні параметри режиму зварювання подібних з'єднань наведені в табл. 2.13-2.16. При зварюванні по двох рельєфах спочатку приварюється стрижень до рельєфу, що знаходиться збоку робочої частини анкера, а потім приварюють стрижень до другого рельєфу.



**Рис. 2.5. Конструктивні елементи напункових з'єднань арматури на арматурному стрижні (тип з'єднання Н4-Ка)**

Часто рельєфним зварюванням виконують таврові з'єднання між стрижнями й пластинами (рис. 2.6, табл. 2.13).



Таблиця і.34

**Розміри та технічні характеристики  
напусткових з'єднань арматури з одним рельєфом**

арматури	$\langle l_n$ , мм	$l_n$ , мм	K, мм	л, мм	т, мм	K <sub>н</sub> , мм	5, мм	а, град
A-I	6-16	1,4 $c_n$	0,4	1,8 $\mathcal{L}_n$	л+10	(0,10-0,15) $\dot{y}_n$	> 0,3 Д <sub>н</sub>	90 + 3
A-II	10-16	1,4 $c_n^*$	0,4 $c_n$	1,8 $c_n$		(0,10-0,15)	5 <sub>тін</sub> = 4 мм	90 + 3
A-III	6-16	1,6 $c_n$	0,4	2,0 $c_n$	л+10	(0,10-0,15) $\dot{y}_n$	5 <sub>тін</sub> = 4 мм	90 + 3

Примітки: 1. К- радіус рельєфу. 2. Тип з'єднання Н2-Кр. 3. Використовують для виготовлення закладних деталей. 4. Експлуатуються при статичних та сейсмічних навантаженнях при температурах більших за 0 °С.

Таблиця 2.11

**Розміри та технічні характеристики  
напусткових з'єднань арматури з двома рельєфами**

Клас	мм	$l_n$ , мм	K, мм	л, мм	т, мм	K <sub>н</sub> , мм	5, мм	а, град
A-I	12-16	1,4 $a_n$	(0,10-0,15) $c_n$	1,8 $c_n$	л + 10	0,4 $o_n$	2 0,3 $c_n$	90 ± 3
A-II	12-16	1,4 $\mathcal{L}_n$	(0,10-0,15) $\dot{y}_n$	1,8	п+10	0,4 $\mathcal{L}_n$	> 0,3	90 ± 3
A-III, At-IIIС	12-16	1,6 $c_n$	(0,10 - 0,15) $c_n$	2,0 $c_n$	п + 10	0,4 $\mathcal{L}_n$	5 <sub>тін</sub> = 4 мм	90 ± 3

Примітки: 1. Я- радіус рельєфу. 2. Тип з'єднання Н3-Кп. 3. Використовують для виготовлення закладних деталей. 4. Експлуатуються при статичних та сейсмічних навантаженнях при температурах більших за 0 °С.

Таблиця 2.12

**Розміри та технічні характеристики  
напусткових з'єднань арматури з двома рельєфами  
на арматурному стрижні**

Клас арматури	мм	Я, мм	K, мм	л, мм	т, мм	мм	5, мм	а, град
A-I	8-16	1,4 $a_n$	0,35 $c_n$	1,7 $\mathcal{L}_n$	1,8 $c_n$	(0,10 - 0,15) $b_n$	4-6	90 ± 3
A-II	10-16	1,4 $\dot{y}_n$	0,35 $\langle l_n$	1,7 $\mathcal{L}_n$	1,8 $\mathcal{L}_n$	(0,10 - 0,15) $\dot{y}_n$	4-6	90 ± 3
A-III	8-16	1,6 $a_n$	0,4 $\mathcal{L}_n$	1,8	1,9 $\mathcal{L}_n$	(0,10-0,15) $c_n$	4-6	90 ± 3

Примітки: 1. Я - радіус рельєфу. 2. Тип з'єднання Н4-Ка. 3. Використовують для виготовлення закладних деталей. 4. Експлуатуються при статичних та сейсмічних навантаженнях при температурах більших за 0 °С.

Таблиця і .34

## Розміри та технічні характеристики таврових з'єднань

Клас арматури	$c/n$ , мм	$s$ , мм	$O$ , мм	$\partial$ , мм	$Op$ , мм	$Я$ , мм	$3/O$ , мм	$K$ , мм
A-I	6-20	>4	1,4 $C_n$	0,2	2,0 $Y_n$	2,0 $c/n$	> 0,4	0,5 $CL_n$
A-II	10-20	>4	1,5	0,2 $0_n$	2,2 $c/n$	2,2	a 0,4	0,6
A-III	6-20	>6	1,6 $a_n$	0,2 $a_n$	2,2 $c/n$	2,2 $c/n$	> 0,5	-0,7 $EL_n$

Примітки: 1.  $L$  - радіус рельєфу. 2. Тип з'єднання Тб-Кс. 3. Використовують для виготовлення закладних виробів. 4. Експлуатуються при багаторазових статичних та сейсмічних навантаженнях при температурах більших за 0 °С.

Таблиця 2.14

## Параметри режимів контактного зварювання по рельєфу на пластині

Параметри режиму	Діаметр стрижня, мм						
	6	8	10	12	14	16	
	Товщина пластини, мм						
	6	6-8	8-10		10		
Зусилля стискання, кН, електродами для арматури класів:							
A-I		3-4	4-5	5-6	5-6	8-10	10-12
A-II		-	4-5	5-6	7-8	9-12	12-14
A-III		3-4	5-6	6-8	8-10	12-14	12-14
Зварювальний струм, кА, класу:							
A-III		11	13	15	17	19	21

Таблиця 2.15

## Параметри режимів контактного зварювання по рельєфу на арматурі

Діаметр стрижнів, мм	Товщина плоского елемента, мм	Струм зварювальний, кА	Тривалість зварювального струму, с	Зусилля стискання електродів, кН
8	6	10-13	0,5-1,0	4-5
10	6-8	12-15	0,6-1,3	5-6
12	6-8	15-17	0,8-1,6	6-8
14	8-10	17-19	1,4-2,0	8-12
16	8-12	19-21	2,0-2,3	10-14

Таблиця 2.16

## Параметри режимів рельєфного зварювання таврових з'єднань стрижнів з арматури класу А-III\* з пластинною зі сталі марки Ст. 3

Діаметр анкерного стрижня, мм	Товщина пластини, мм	Величина вильоту стрижня з електродного пристрою, мм	Режими контактного зварювання		
			Зварювальний струм, кА	Тривалість зварювального струму, с	Зусилля стискання електродів, кН
Ю	4-6	8-14	15-17	0,6-1,2	4-7
12	5-6	10-15	15-19	0,9-1,4	5-10
14	6-8	12-16	17-20	1,2-1,7	8-14
16	6-8	13-21	19-22	1,5-1,9	12-15
18	8-10	14-23	22-23	1,9-2,4	13-16
20	8-10	16-26	23-26	2,6-3,4	14-16

\* При приварюванні анкерів з арматури класів А-II та А-I величини параметрів режимів знижуються відповідно на 12-18 % та 25-40 %.

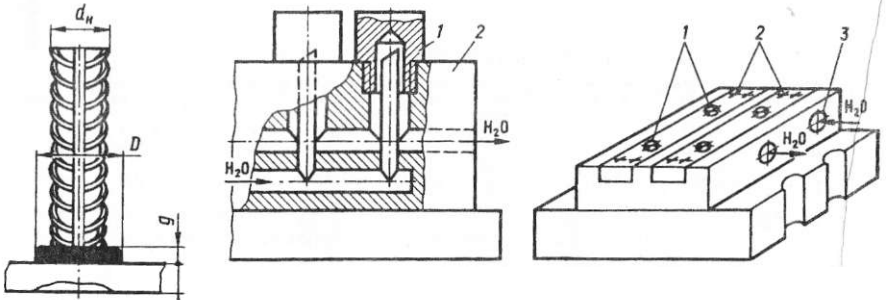


Рис. 2.7. Електроди для багатоточкового зварювання:

1 - електродні вставки / в основі; 2 - вставки / з перехідними тримачами; 3 - отвори охолодження

Рис 2 6

Конструктивні елементи зварних таврових з'єднань (тип з'єднання Тб-Кс)

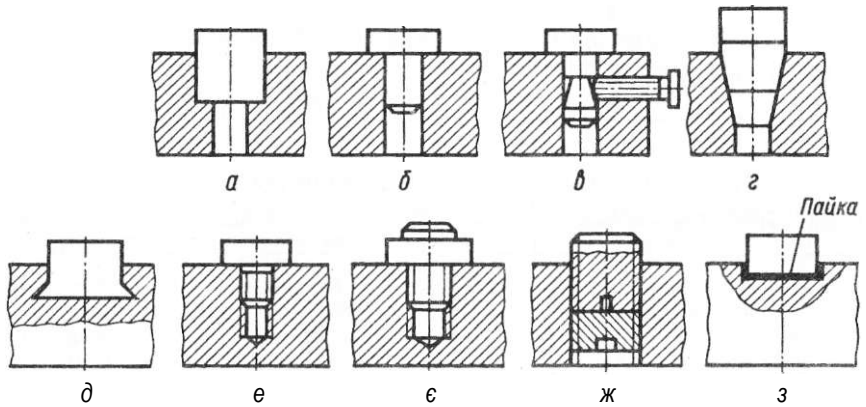
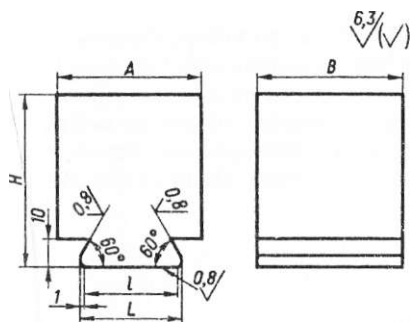


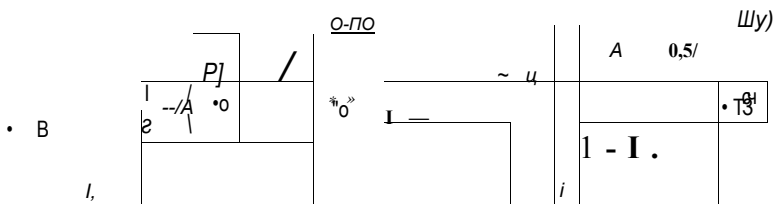
Рис. 2.8. Електроди зі змінними вставками:

а, б - із занресовкою; в - з бічним болтом; г - з конусною посадкою; д - з клиновидною посадкою; е, є, ж - з різьбою; з - паяні

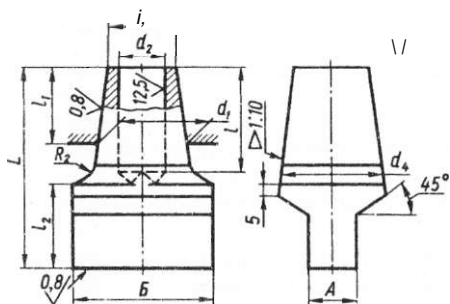
Контактне рельєфне зварювання опором використовується при масовому виробництві закладних деталей типу "відкритий стілець". Основні параметри режиму зварювання, умови штампування рельєфів та зварювальне обладнання аналогічні таким, як при виготовленні з'єднань деталей типів Н2-Кр, Н3-Кп та Н4-Ка (ГОСТ 14098-85). Для зварювання верхній електрод контактної точкової машини замінюють спеціальним електродним пристроєм, який забезпечує затиснення стрижня, що приварюється, підведення струму, осадження стрижня з одночасним формуванням його кінця у вигляді конуса із заданим розміром основи.



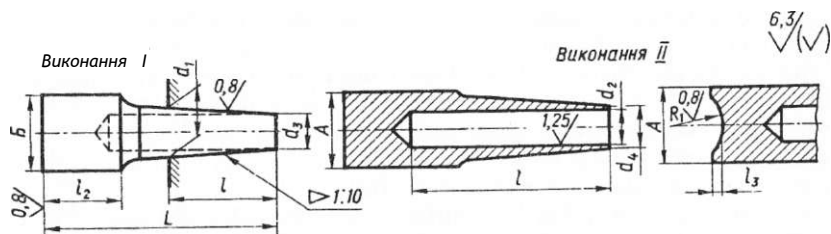
**Рис. 2.9.** Форма электродів (заготовка) для рельєфного зварювання (розроблені Запорізьким ПКТІ Автопромзварювання. Галузева нормаль ОН 37.0777-74)



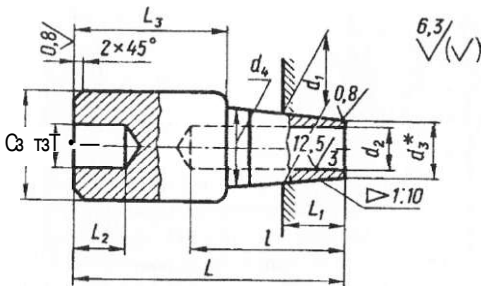
**Рис. 2.10.** Форма электродів із плоскою робочою поверхнею для рельєфного зварювання (розроблені Запорізьким ПКТІ Автопромзварювання. Галузева нормаль ОН 37.772-70)



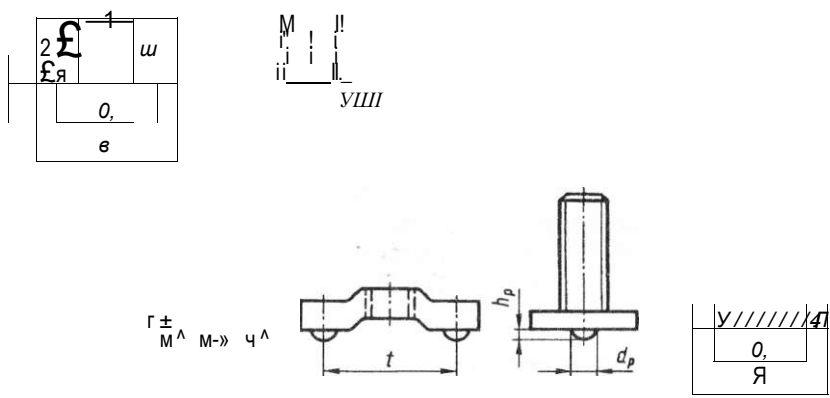
**Рис. 2.11.** Форма электродів для рельєфного зварювання із зменшеною контактною поверхнею (розроблені Запорізьким ПКТІ Автопромзварювання. Галузева нормаль ОН 37.0766-70)



**Рис. 2.12.** Форма электродів для рельєфного зварювання із плоскою контактною поверхнею (розроблені Запорізьким ПКТІ Автопромзварювання. Галузева нормаль ОН 37.0767-70)



**Рис. 2.13.** Форма електродів для рельєфного зварювання із центральним отвором (розроблені Запорізьким ПКПІ Автопромзварювання. Галузева норма ОН 37.0769-70)



**Рис. 2.14.** Закріплювачі, що приєднують до інших деталей рельєфним зварюванням: с<sub>р</sub> - й<sub>р</sub>, Л<sub>р</sub>, с<sub>р</sub> - діаметр, довжина, висота і товщина рельєфів; і - відстань між рельєфами; О і, І) — діаметри кільцевих рельєфів; 5 - товщина деталей листового металу

У процесі зварювання торець стрижня, який стискується з рельєфом пласти-ни, нагрівається завдяки теплу, що генерується на контактному опорі. При тем-пературі 900-1100 °С рельєф та конус осаджуються зусиллям зварювання.

Для рельєфного зварювання використовуються різноманітні спеціальні електроди (рис. 2.7, 2.8).

Під час багаточкового рельєфного зварювання знаходять місце елект-роди, електродні плити або плити з електродними вставками (рис. 2.9-2.13).

Рельєфне зварювання широко використовується для з'єднання деталей так званих закріплювачів (болтів, гайок, шпильок, скоб, гвинтів і т. ін.) з де-таллями, що виробляються з листового металу.

Рельєфи на головках болтів, гвинтів, верхніх гайок або скоб (рис. 2.14) виготовляють холодним висадженням під час вироблення самих деталей. Розміри таких рельєфів можна встановити за наступними формулами:

$$<4 = (1,1-1,5) \text{ та } Л_p = (0,35-0,4Н,,$$

де  $s_p$  — діаметр (ширина) основи рельєфу, мм;  $H_p$  - висота рельєфу, мм; 5 - товщина деталі, що виготовляється із листового металу, мм.

Струм та зусилля зварювання  $I_{зв}$ , для подібних з'єднань знаходять, орієнтуючись відповідно на щільність струму  $i$ , А/мм<sup>2</sup>, та тиск електродів  $p_{зв}$ , даН/мм<sup>2</sup>, що є характерними для точкового зварювання листових конструкцій із того ж металу:

$$I_{зв} = \gamma \cdot S; \quad P_{зв} = P \cdot \omega \cdot 1 >$$

де  $S$  - загальна площа зварювання за 1 цикл. Для з'єднань у вигляді окремих точок або кільця

$$S = \pi \cdot r^2,$$

де  $S_1$  - площа контакту одного рельєфу, мм<sup>2</sup>, із плоскою частиною іншої деталі;  $n$  - кількість рельєфів в зоні зварювання.

Тривалість зварювання  $t_{зв}$  встановлюється залежно від товщини деталі (найменшої) як при точковому зварюванні листових конструкцій.

Деякі електроди, що використовують для рельєфного зварювання закріплювачів, наведено в табл. 2.17-2.21.

Таблиця 2.17

**Розміри, мм, електродів (заготовка)  
для рельєфного зварювання (ОН 37.0777-70)**

Позначення електрода		$l$	$A$	$B$	$H$	Маса, кг
0825 - 9321	45	43	40	55	40	0,70
0825 - 9322	45	43	40	55	60	1,10
0825 - 9323	45	43	40	80	40	1,05
0825 - 9324	45	43	40	80	55	1,50
0825 - 9325	45	43	40	80	80	2,20
0825 - 9326	45	43	55	55	40	1,00
0825 - 9327	45	43	55	55	55	1,40
0825-9328	45	43	55	105	40	2,00
0825 - 9329	45	43	60	55	40	1,05
0825 - 9330	45	43	80	40	40	1,05
0825-9331	45	43	80	80	60	3,35
0825 - 9332	45	43	80	80	80	4,50
0825 - 9333	45	43	80	105	40	3,10
0825 - 9334	45	43	105	80	55	4,05
0825 - 9335	65	63	40	0	60	0,90
0825 - 9336	65	63	40	80	40	1,25
0825 - 9337	65	63	40	80	55	1,65
0825 - 9338	65	63	40	80	80	2,35
0825 - 9339	65	63	55	40	40	0,80
0825 - 9340	65	63	55	55	40	1,55
0825-9341	65	63	55	80	40	1,65
0825 - 9342	65	63	60	60	80	2,50
0825 - 9343	65	63	105	80	40	3,20

**Розміри, мм, електродів із плоскою робочою поверхнею**

Позначення електрода	Виконання	А	Б	В	а			
					номінальний	граничне відхилення по С		
0825-9161	I	8	24	8	15,4	-0,035	10	13,4
0825-9162		8	26	10	15,4	-0,035	10	13,4
0825-9163		8	28	12	15,4	-0,035	10	13,4
0825-9164		8	30	10	15,4	-0,035	10	13,4
0825-9165		8	32	15	15,4	-0,035	10	13,4
0825-9166		8	34	18	15,4	-0,035	10	13,4
0825-9167		13	34	22	15,4	-0,035	10	13,4
0825-9168		10	36	18	15,4	-0,035	10	13,4
0825-9169		10	42	26	15,4	-0,035	10	13,4
0825-9170		10	46	26	15,4	-0,035	10	13,4
0825-9171	II	18	26	11	15,4	-0,035	10	13,4
0825 - 9272		18	30	16	15,4	-0,035	10	13,4
0825 - 9273		18	30	16	15,4	-0,035	10	13,4
0825 - 9274		20	30	8	15,4	-0,035	10	13,4
0825 - 9275		16	32	18	15,4	-0,035	10	13,4
0825 - 9276		17	36	19	15,4	-0,035	10	13,4
0825-9277		18	36	20	15,4	-0,035	10	13,4
0825 - 9278		25	36	16	15,4	-0,035	10	13,4
0825 - 9279		22	40	24	15,4	-0,035	10	13,4
0825-9280		20	42	12	15,4	-0,035	10	13,4
0825-9281		30	42	30	15,4	-0,035	10	13,4
0825 - 9282		20	46	26	15,4	-0,035	10	13,4
0825 - 9283		20	50	32	15,4	-0,035	10	13,4
0825 - 9284		18	60	36	15,4	-0,035	10	13,4
0825 - 9285		22	45	26	15,4	-0,035	10	13,4
0825-9286		16	50	30	15,4	-0,035	10	13,4
0825 - 9287		17	36	19	15,4	-0,035	10	13,4
0825 - 9288		20	70	38	15,4	-0,035	10	13,4
0825-9289		22	40	24	19,4	-0,045	12	16,9
0825 - 9290		8	38	22	19,4	-0,045	12	16,9
0825-9291	I	10	40	24	19,4	-0,045	12	16,9
0825 - 9292		30	52	20	19,4	-0,045	12	16,9
0825 - 9293	II	17	30	16	24,4	-0,045	15	21,2
0825 - 9294	I	17	36	19	24,4	-0,045	15	21,2
0825 - 9295		17	40	24	24,4	-0,045	15	21,2
0825 - 9296		25	42	12	24,4	-0,045	15	21,2
0825-9297	II	25	45	24	24,4	-0,045	15	21,2
0825 - 9298		30	50	30	24,4	-0,045	15	21,2

Таблиця і.34

для рельєфного зварювання (ОН 037.772-70)

а,	l.	l	л	l <sub>г</sub>	l <sub>г</sub>		Маса, кг
			номі- нальна	граничне відхи- лення			
16	55	24	20	-0,84	27	18	0,062
16	55	24	20	-0,84	27	18	0,063
16	55	24	20	-0,84	27	18	0,064
16	55	24	20	-0,84	27	14	0,067
16	55	24	20	-0,84	27	18	0,068
16	55	24	20	-0,84	27	18	0,067
16	55	24	20	-0,84	27	16	0,090
16	55	24	20	-0,84	27	18	0,084
16	55	24	20	-0,84	27	18	0,085
16	55	24	20	-0,84	27	16	0,100
16	55	24	20	-0,84	27	16	0,107
16	55	24	20	-0,84	27	16	0,114
16	55	24	20	-0,84	27	18	0,106
16	55	24	20	-0,84	27	16	0,144
16	55	24	20	-0,84	27	18	0,100
16	55	24	20	-0,84	27	16	0,125
16	55	24	20	-0,84	27	18	0,121
16	55	24	20	-0,84	27	16	0,185
16	55	24	20	-0,84	27	16	0,158
16	55	24	20	-0,84	27	16	0,196
16	55	24	20	-0,84	27	16	0,169
16	55	24	20	-0,84	27	18	0,151
16	55	24	20	-0,84	27	16	0,255
16	55	24	20	-0,84	27	16	0,253
16	70	36	20	-0,84	40	22	0,258
16	70	30	20	-0,84	40	28	0,230
16	90	55	20	-0,84	55	20	0,294
16	90	45	20	-0,84	55	30	0,415
20	55	24	25	-0,84	25	16	0,215
20	70	30	25	-0,84	35	28	0,090
20	70	30	25	-0,84	35	28	0,108
20	90	45	25	-0,84	55	30	0,510
25	70	42	32	-1,00	28	16	0,150
25	70	42	32	-1,00	28	16	0,169
25	70	42	32	-1,00	28	16	0,166
25	70	42	32	-1,00	28	16	0,284
25	90	50	32	-1,00	48	30	0,360
25	90	50	32	-1,00	48	25	0,485



**Розміри, мм, електродів для рельєфного зварювання із**

Позначення електрода	А	Б	С				
			номінальний	граничне відхилення			
0825-9001	6	20	15,4	-0,035	10	13,416	20
0825-9002	6	40	15,4	-0,035	10	13,416	20
0825-9303	6	32	15,4	-0,035	10	13,416	20
0825-9304	10	32	15,4	-0,035	10	13,416	20
0825-9304	12	20	15,4	-0,035	10	13,416	20
0825-9305	10	32	19,4	-0,045	12	16,9	20
0825-9306	16	50	19,4	-0,045	12	16,9	20
0825-9307	6	40	24,4	-0,045	15	21,2	25
0825-9008	10	45	24,4	-0,045	15	21,2	25
0825-9009	18	50	24,4	-0,045	15	21,2	25

**Розміри, мм, електродів для рельєфного зварювання із плоскою**

Позначення електрода	Виконання	А	Б	а			піз	
				номінальний	граничне відхилення			
0825-9021	I	16	20	15,4	-0,035	10	13,4	16
0825-9022		16	40	15,4	-0,035	10	13,4	16
0825-9023		16	40	15,4	-0,035	10	13,4	16
0825-9024		16	25	15,4	-0,035	10	13,4	16
0825-9025	II	16	25	24,4	-0,045	15	21,2	25
0825-9026	I	20	20	15,4	-0,035	10	13,4	16
0825-9027		20	32	15,4	-0,035	10	13,4	16
0825-9028		20	36	15,4	-0,035	10	13,4	16
0825-9029		20	40	15,4	-0,035	10	13,4	16
0825-9030		20	36	19,4	-0,045	12	16,9	20
0825-9031		20	25	15,4	-0,035	10	13,4	16
0825-9032		20	40	15,4	-0,035	10	13,4	16
0825-9033		20	40	19,4	-0,045	12	16,9	20
0825-9034		20	25	24,4	-0,045	15	21,2	25
0825-9035		20	36	24,4	-0,045	15	21,2	25
0825-9036		25	40	24,4	-0,045	15	21,2	25
0825-9037	II	25	40	24,4	-0,045	15	21,2	25
0825-9038		25	40	24,4	-0,045	15	21,2	25
0825-9039	I	25	60	24,4	-0,045	15	21,2	25
0825-9040		32	32	15,4	-0,035	10	13,4	16
0825-9041		32	40	15,4	-0,035	10	13,4	16
0825-9042		32	40	19,4	-0,045	12	16,9	20
0825-9043		40	50	24,4	-0,045	15	21,2	25
0825-9044	II	80	32	24,4	-0,045	15	21,2	25
0825-9045		80	40	24,4	-0,045	15	21,2	25

Таблиця і.34

## зменшеною контактною поверхнею (ОН 37.0766-70)

і.	I	л		I2	Маса, кг
		номінальна	граничне відхилення		
55	28	20	-0,84	25	0,059
55	28	20	-0,84	25	0,086
70	28	20	-0,84	35	0,096
55	28	20	-0,84	25	0,104
70	28	20	-0,84	35	0,114
70	32	25	-0,84	35	0,132
70	32	25	-0,84	35	0,148
70	45	32	-1,00	28	0,176
70	45	32	-1,00	28	0,232
70	45	32	-1,00	28	0,333

Таблиця 2.20

## робочою контактною поверхнею (ОН 37.0767-70)

(.)	1			I2	із	Я,	Маса, кг
		номі-нальна	граничне відхилення				
45	30	20	-0,84	15	-	-	0,079
45	30	20	-0,84	15	-	-	0,121
55	40	20	-0,84	25	-	-	0,179
70	50	20	-0,84	25	-	-	0,177
70	38	32	-1,00	28	2,0	17,0	0,212
45	25	20	-0,84	15	-	-	0,086
70	50	20	-0,84	25	-	-	0,182
70	50	20	-0,84	25	-	-	0,182
70	50	20	-0,84	25	-	-	0,217
70	50	25	-0,84	28	-	-	0,198
55	35	20	-0,84	25	-	-	0,163
55	35	20	-0,84	25	-	-	0,192
70	50	25	-0,84	28	-	-	0,230
70	50	32	-1,00	28	-	-	0,273
70	50	32	-1,00	28	-	-	0,320
70	50	32	-1,00	28	-	-	0,372
70	50	32	-1,00	28	4,0	5,0	0,459
70	50	32	-1,00	28	4,0	8,0	0,456
70	50	32	-1,00	28	-	-	0,506
55	35	20	-0,84	25	-	-	0,249
55	35	20	-0,84	25	-	-	0,352
70	50	25	-0,84	25	-	-	0,383
70	50	32	-1,00	20	-	-	0,477
70	50	32	-1,00	28	3,00	26,0	0,673
70	50	32	-1,00	28	4,25	22,5	0,759

**Розміри, мм, електродів для рельсфного зварювання**

Позначення електрода	O	a			<I2	«V	«K
			номінальний	граничне відхилення			
0825-9081	16	6,2	11,4	-0,035	6	9,9	12
0825-9082	20	8,0	15,4	-0,035	10	13,4	16
0825-9083	20	11,0	15,4	-0,035	10	13,4	16
0825-9084	25	10,0	15,4	-0,035	10	13,4	16
0825-9085	25	16,0	15,4	-0,035	10	13,4	16
0825-9086	25	12,0	19,4	-0,045	12	16,9	20
0825-9087	25	20,0	19,4	-0,045	12	16,9	20
0825-9088	25	10,0	15,4	-0,035	10	13,4	16
0825-9089	25	20,0	19,4	-0,045	12	16,9	20
0825-9090	32	9,0	15,4	-0,035	10	13,4	16
0825-9091	32	17,5	15,4	-0,035	10	13,4	16
0825-9092	32	22,0	15,4	-0,035	10	13,4	16
0825-9093	32	10,0	19,4	-0,045	12	16,9	20
0825-9094	32	12,0	15,4	-0,035	10	13,4	16
0825-9095	32	12,0	19,4	-0,045	12	16,9	20
0825-9096	32	14,0	19,4	-0,045	12	16,9	20
0825-9097	32	16,0	19,4	-0,045	12	16,9	20
0825-9098	32	16,0	19,4	-0,045	12	16,9	20
0825-9099	32	20,0	19,4	-0,045	12	16,9	20
0825-9101	32	20,0	19,4	-0,045	12	16,9	20
0825-9102	40	22,0	19,4	-0,045	12	16,9	20
0825-9103	40	18,0	24,4	-0,045	15	21,2	25
0825-9104	40	23,0	24,4	-0,045	15	21,2	25
0825-9105	40	34,0	24,4	-0,045	15	21,2	25
0825-9106	48	18,0	24,4	-0,045	15	21,2	25
0825-9107	48	23,0	24,4	-0,045	15	21,2	25
0825-9108	48	28,0	24,4	-0,045	15	21,2	25
0825-9109	48	28,0	24,4	-0,045	15	21,2	25

Таблиця 1.10

із центральним отвором (ОН 37.0769-70)

і.	l	i		j	1,	Маса, кг
		номінальна	граничне відхилення			
55	22	15	-0,70	22	30	0,063
55	30	20	-0,84	15	25	0,093
55	25	20	-0,84	20	25	0,086
55	35	20	-0,84	8	25	0,114
55	40	20	-0,84	15	25	0,134
55	30	25	-0,84	5	20	0,132
55	35	25	-0,84	5	20	0,123
70	40	20	-0,84	20	40	0,171
70	40	25	-0,84	15	35	0,156
55	30	20	-0,84	15	25	0,204
55	30	20	-0,84	10	25	0,185
55	30	20	-0,84	10	25	0,176
55	35	25	-0,84	10	20	0,190
70	45	20	-0,84	10	40	0,255
70	45	25	-0,84	8	35	0,285
70	30	25	-0,84	25	35	0,270
70	30	25	-0,84	25	35	0,258
70	40	25	-0,84	15	35	0,267
70	40	25	-0,84	15	35	0,254
70	45	25	-0,84	10	35	0,262
55	30	25	-0,84	10	20	0,265
80	40	32	-1,00	25	38	0,499
80	40	32	-1,00	20	38	0,473
80	55	32	-1,00	3	38	0,496
80	45	32	-1,00	15	38	0,703
80	45	32	-1,00	15	38	0,681
80	45	32	-1,00	15	38	0,655
80	55	32	-1,00	3	38	0,691

### 3. ШОВНЕ ЗВАРЮВАННЯ

#### 3.1. ПРИНЦИПОВА СХЕМА ТА СУТНІСТЬ ПРОЦЕСУ ШОВНОГО ЗВАРЮВАННЯ

При шовному зварюванні (деталей із листового металу по напустці або від-бортовці) використовуються електроди у формі дисків (рис. 3.1), що підводять струм, передають зусилля зварювання і перемішують деталі з потрібною швидкістю внаслідок обертання навколо власної осі. З'єднання формуються у рідкій фазі безперервними або переривчастими швами з підведенням струму з обох чи одного боку деталей.

Під час шовного зварювання частина вторинного струму машини шунтується - проходить повз зони розплавлення крізь точки, що виникли раніше, та ущільнювальний пас попереду ролика-електрода (рис. 3.1). Це явище є особливо помітним при зварюванні металів з низьким питомим опором.

При зварюванні металів з підвищеним питомим опором або під час зварювання на великих швидкостях частка вторинного струму, що шунтується, виявляється незначною.

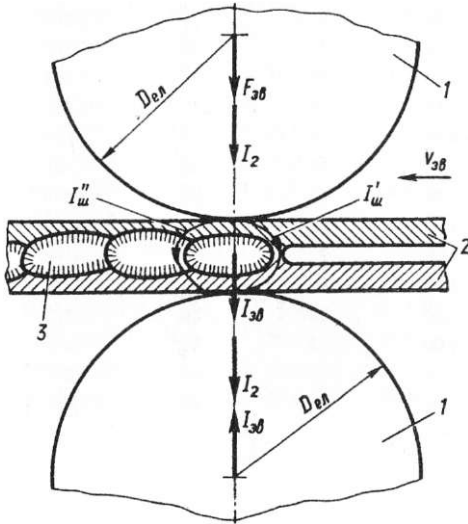


Рис. 3.1. Схема шовного зварювання:  
О<sub>ел</sub> - діаметр електродів /; E<sub>зв</sub> - зусилля зварювання;  
швидкість зварювання, 2 - деталі,  
що зварюють; I<sub>2</sub> - струм вторинний; I<sub>зв</sub> - струм  
зварювальний; I<sub>ш</sub>, - струм шунтування;  
3 - з'єднання шовне

Внаслідок підвищення температури металу, де формується нове лите ядро, виділення тепла Джоуля на контактних опорах (електрод-деталь та деталь-деталь) є суттєво меншим, ніж при точковому зварюванні. Тому швидкість кристалізації ядра зменшується, що відповідно зменшує величини залишкових напружень у зварній конструкції. Пластичне деформування металу при шовному зварюванні має деякі особливості. Виникнення першої точки відбувається за схемою формування з'єднання під час точкового зва-

рювання, коли частина нагрітого металу витискується з-під електродів у зазор між деталями завдяки тепловому розширенню металу у контакті деталь-деталь. Виникнення наступних точок супроводжується видавлюванням металу перед електродами, як і при точковому зварюванні. В зоні за електродами метал витягується за роликami. Такий характер пластичної деформації спричинює появу не тільки "серповидного" рельєфу на поверхні швів, але й ущільнення попередньої точки внаслідок повторного нагрівання та пластичного деформування металу за електродом. А коли це не відбувається, наприклад, під час затвердіння рідкого металу, що має тривалий інтервал кристалізації, для запобігання виникненню пухкостей, гарячих тріщин та зменшення залишкових напружень і ущільнення литого ядра, застосовується крокове обертання електродів. Зупинка електродів у момент проходження струму сприяє ущільненню швів, а також інтенсивному охолодженню зони зварювання і електродів, зменшенню температури у контактах електрод-деталь.

Загальний ступінь деформації і розміри ущільнювального паса гірш шовному зварюванні є більшими, ніж при точковому зварюванні, що дає можливість зменшувати час та зусилля зварювання.

Литий метал швів звичайно має низьку пластичність, особливо, коли деталі виготовлені із високоміцних сталей, які чутливі до термічного циклу зварювання, або сплавів, які схильні до виникнення ліквацийних зон.

У метали навколошовної зони внаслідок впливу термомеханічного циклу шовного зварювання відбуваються зміни вихідної структури та механічних властивостей. Тут можливо виявити ділянки гартування, відпуску, перегрівання, рекристалізації та ліквацийні зони. Розвиток процесів, що викликають подібні явища, можливо частково регулювати зміною швидкості зварювання, струму і зусилля зварювання, а також охолодженням деталей та електродів.

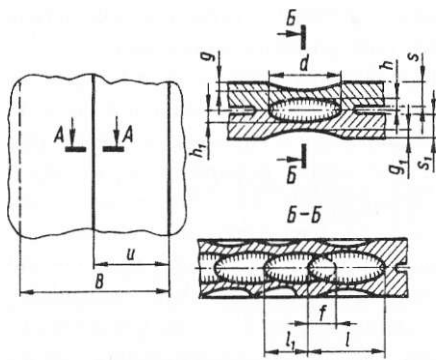
Нерівномірність хімічного складу та структурного стану металу швів та зон термічного впливу виправляють термічною обробкою зварної конструкції.

### **3.2. ТЕХНОЛОГІЯ ШОВНОГО ЗВАРЮВАННЯ**

Шовне зварювання широко застосовується при виготовленні ємкостей баків, циліндричних посудин, труб тощо (рис. 3.2).

Підготовку деталей до шовного зварювання виконують так, як при точковому. Більш жорсткі вимоги ставляться до очищення поверхонь деталей. Зварювання недостатньо чистих деталей супроводжується підвищеним шунтуванням, що знижує якість зварного з'єднання.

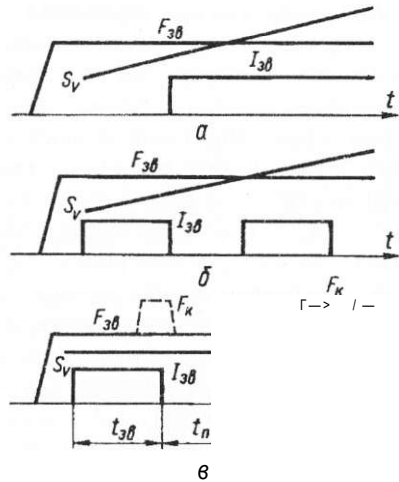
При складанні деталей під шовне зварювання не допускаються великі зазори, які спричинюють перегрівання, продавлювання і жолоблення деталей. Дуже щільне складання зумовлює шунтування струму.



**Рис. 3.2. З'єднання шовне:**

$\bar{h}$ ,  $I_i$  - величина проплавлення;  $h$  - глибина вм'ятини;  $3, 8 \setminus$  - товщина деталей;  $\setminus / -$  ширина литої зони;  $I$  - довжина литої зони;  $L$  - довжина неперскритої частини литої зони шва;  $\setminus / -$  величина перекриття литих зон шва

Примітка. При шовному зварюванні величини перекриття / литої зони / герметичного шва мають бути  $\setminus / > 0,25 I$ . Шовне зварювання деталей товщиною меншою  $0,6+0,6$  мм допускає зменшення величини перекриття литої зони до величини, яка ще гарантує герметичність зварних швів.



**Рис. 3.3. Циклограми шовного зварювання:**

$a$  - безперервна;  $b$  - циклічна;  $c$  - крокова;  
 $P'_{зв}$  - зусилля зварювання;  
 $I_{зв}$  - струм зварювання;  $\setminus / -$  переміщення деталей;  $F_k$  - зусилля кування;  
 $I_{\text{б}}$ ,  $\setminus /$  - тривалість зварювання та паузи

Жолоблення деталей зменшують прихоплюванням. Крок між прихватками складає 80-150 мм, але для отримання герметичних швів крок між прихватками зменшують до 30-60 мм. Точки-прихватки мають бути без глибоких вм'ятин, не більше 15 % від товщини деталі та розташовуватися по осі майбутнього шва.

Прихоплювання виконують зварювальним струмом на 10-20% меншим за струм під час точкового зварювання цього ж виробу. Не допускаються зовнішні та внутрішні виплески. Виплески, що такі виникають на поверхнях прихваток, ретельно зачищають.

Протяжні шви прихвачують від центру до країв по черзі, починаючи від ділянок з підвищеною жорсткістю. Обичайки прихвачують по чергово точками, що розташовуються діаметрально протилежно. Якщо зазори виявляються більшими, то деталі прокачують сталевими роликми. Прості вузли при складанні жорстко фіксуються за допомогою пристосувань і зварюються без прихоплювання.

Шовне зварювання ведеться по напустці чи по відбортовці.

Величина напустки вибирається згідно з ГОСТ 15878-79 (табл. 3.1,3.2).

і Параметрами режиму шовного зварювання є сила зварювального струму  $I_{зв}$ , тривалість проходження струму  $t_{зв}$  та паузи  $i_{п}$ , зусилля стиску електродів  $E_{ів}$ , швидкість зварювання  $v_{зв}$  (рис. 3.3) та розміри електродів.

Співу зварювального струму вибирають залежно від товщини, фізико-механічних властивостей металу деталей та швидкості зварювання. У зв'язку з шунтуванням сила струму визначається на 15-25% вище, ніж при точковому зварюванні. При зварюванні поздовжніх швів на виробках з феромагнітних металів сила зварювального струму може зменшуватися через підвищення індуктивного опору вторинного контуру машини та втрат потужності машини.

Таблиця 3.1

**Розміри шовних зварних з'єднань**

5 = 5, . мм	сl, мм, не менше	Однорядний шов В, мм, не менше		5 = 5, . мм	Сl, мм, не менше	Однорядний шов В, мм, не менше	
		сталі і сплави на основі РеМі і Мі, титанові сплави	сплави Al, Мд, Си			сталі і сплави на основі ре№ і Мі, титанові сплави	сплави Al, Мд, Си
<i>Група з'єднань А</i>				<i>Група з'єднань Б</i>			
0,3	2,5	6	10	> 0,3	1,5	4	6
0,3-0,4	2,5	7	10	0,3-0,4	1,7	5	7
0,4-0,6	3,0	8	10	0,4-0,5	2,0	6	8
0,6-0,8	3,5	10	12	0,5-0,6	2,2	7	9
0,8-1,0	4,0	11	14	0,6-0,8	2,5	8	10
1,0-1,3	5,0	13	16	0,8-1,0	3,0	9	12
1,3-1,6	6,0	14	18	1,0-1,3	3,5	10	13
1,6-1,8	6,5	15	19	1,3-1,6	4,0	11	14
1,8-2,2	7,0	17	20	1,6-1,8	4,5	12	15
2,2-2,7	7,5	19	22	1,8-2,2	5,0	13	16
2,7-3,2	8,0	21	26	2,2-2,7	6,0	15	18
3,2-3,7	9,0	24	28	2,7-3,2	7,0	17	20
3,7-4,0	10,0	28	30				

Таблиця 3.2

**Орієнтовні параметри режимів шовного зварювання маловуглецевих сталей на однофазних машинах змінного струму**

Товщина деталі, мм	Струм зварю- вальний, кА	Тривалість зварювання, с	Тривалість паузи, с	Зусилля зварю- вання, даН	Швидкість зва- рювання, м/хв
0,5	7-8	0,02-0,04	0,04-0,06	150-200	1,0-1,2
0,8	8,5-10	0,04-0,06	0,04-0,08	200-300	0,9-1,0
1,0	10,5-12	0,06-0,08	0,08-0,1	300-400	0,8-0,9
1,2	12-13	0,08-0,1	0,1-0,2	400-500	0,7-0,8
1,5	13-14,5	0,12-0,14	0,12-0,18	500-600	0,6-0,7
2,0	15,5-17	0,16-0,18	0,18-0,28	700-800	0,5-0,6
3,0	18-20	0,24-0,32	0,28-0,36	900-1000	0,4-0,5



Це явище усувається зварюванням ділянками на різних струмах, регулюванням струму в процесі зварювання.

Величини тривалості імпульсів зварювального струму  $t_{зв}$  і пауз  $t_{п}$  між ними залежать від сили та роду струму, а також від швидкості зварювання  $v_{зв}$ .

Тривалість пауз для маловуглецевих та нержавіючих сталей орієнтовно приймають ( $t_{п} = (1,0 - 1,2) v_{зв}$ ), для гартованих сталей ( $t_{п} = (0,5 - 0,8) v_{зв}$ ), для алюмінієвих сплавів ( $t_{п} = (1,5 - 1,2) v_{зв}$ ). Маловуглецеві сталі з антикорозійним покриттям зварюються на жорстких режимах при тривалості пауз  $t_{п} = (0,25 - 0,3) v_{зв}$ .

Зусилля стиску  $E_T$  при шовному зварюванні залежить від товщини, жорсткості та механічних властивостей металу деталі. Зусилля обмежується стійкістю електродів та потужністю приводу обертання машини.

Таблиця 3.3

Орієнтовні параметри режимів шовного зварювання  
низьколегованих сталей, що гартуються

Товщина деталі, мм	Струм зварювальний, кА	Тривалість зварювання, с	Тривалість паузи, с	Зусилля зварювання, даН	Швидкість зварювання, м/хв
0,5	7-8	0,1-0,12	0,12-0,16	300-500	0,8-0,9
0,8	7,5-8,5	0,12-0,14	0,14-0,20	350-400	0,7-0,8
1,0	9,5-10,5	0,14-0,16	0,18-0,24	500-600	0,6-0,7
1,2	12-13,5	0,16-0,18	0,22-0,30	550-650	0,5-0,6
1,5	14-16	0,18-0,20	0,26-0,32	800-900	0,5-0,6
2,0	17-19	0,20-0,22	0,30-0,36	1000-1150	0,5-0,6
2,5	20-21	0,24-0,26	0,32-0,40	1200-1400	0,4-0,5
3,0	22-23	0,30-0,32	0,36-0,44	1400-1600	0,3-0,4

Грим і т.к. Нижній електрод у всіх випадках мав радіус сферичної поверхні 250 мм.

Таблиця 3.4

Орієнтовні параметри режимів шовного зварювання високолегованих сталей  
типу 10X18H10T на однофазних машинах змінного струму

Товщина деталі, мм	Струм зварювальний, кА	Тривалість зварювання, с	Тривалість паузи, с	Зусилля зварювання, даН	Швидкість зварювання, м/хв
0,5	5-6	0,1-0,12	0,14-0,18	200-250	0,9-1
0,8	5-6	0,12-0,14	0,14-0,18	300-350	0,8-0,9
1,0	6-6,5	0,12-0,14	0,18-0,24	350-400	0,7-0,8
1,2	7-8	0,14-0,16	0,2-0,24	400-450	0,7-0,8
1,5	8-9	0,18-0,20	0,3-0,36	450-550	0,6-0,7
2,0	9-10	0,20-0,22	0,32-0,4	550-650	0,5-0,6
3,0	11-12,5	0,28-0,3	0,34-0,48	900-1100	0,3-0,4

Примітка Форма робочої поверхні роликів є циліндричною.

Таблиця 3.5

**Орієнтовні параметри режимів шовного зварювання сплавів типу ХН 70 Ю  
на однофазних машинах змінного струму**

Товщина деталі, мм	Струм зварювальний, кА	Тривалість зварювання, с	Тривалість паузи, с	Зусилля зварювання, даН	Швидкість зварювання, м/хв
0,5	4,7-7	0,08-0,12	0,08-0,14	500-850	0,5-0,6
0,8	6-8,5	0,1-0,16	0,16-0,22	600-1000	0,3-0,45
1,0	6,5-9,5	0,14-0,18	0,24-0,28	700-1000	0,3-0,45
1,2	7-10	0,16-0,2	0,28-0,32	800-1200	0,3-0,4
1,5	8-11,5	0,24-0,32	0,48-0,6	1000-1400	0,2-0,35
3,0	12-16	0,36-0,46	0,6-0,78	1200-1700	0,15-0,25

Примітка. Форма робочої поверхні роликів є циліндричною.

Таблиця 3.6

**Орієнтовні параметри режиму шовного зварювання титану та його сплавів**

Товщина деталі, мм	Зварювальний струм, кА	Тривалість, с		Зусилля зварювання, даН	Швидкість зварювання, м/хв	Розміри, мм		
		струму	паузи			радіуса сфери роликів-електродів	ширини роликів (робочої поверхні)	ширини шва
0,8	6-7	0,1	0,18	200-250	0,7-0,8	60	4,5	3-4
1,0	7-8	0,12	0,26	250-350	0,7-0,75	75	4,5	3 ^
1,2	8-9	1,16	0,3	350-400	0,7-0,75	75	6,5	5-6
1,5	8,5-9,5	0,2	0,4	400-500	0,6-0,65	100	6,5	6-6,5
2,0	11-12	0,26	0,5	400-500	0,6-0,65	100	7,5	7-7,5

Таблиця 3.7

**Орієнтовні параметри режимів шовного зварювання алюмінієвих сплавів  
на машинах із випрямленням струму у вторинному контурі**

Товщина деталі, мм	Струм зварювальний, кА	Тривалість зварювання, с	Тривалість паузи, с	Зусилля зварювання, даН	Швидкість зварювання, точок/хв
0,5	29	0,06	1	300	200
0,8	32	0,1	1,5	400	150
1,0	36	0,12	1,5	500	150
1,2	38	0,14	2	600	120
1,5	41	0,16	2,5	700	120
2,0	48	0,18	3,5	1000	100
3,0	61	0,24	4,5	1500	70

- i

ною > 3,0 мм зварюють із переривчастим вмиканням струму, кроковим способом із переривчастим обертанням роликів й постійним зусиллям зварювання.

Швидкість зварювання  $V_{за}$ , м/хв, вибирають з урахуванням величин перекриття точок (див. рис. 3.2) та відстані між ними. Максимальне значення  $U_{зв}$  обмежене швидкістю нагрівання та кристалізації металу, що зварюється.

Параметри режиму шовного зварювання вибирають згідно з табл. 3.2-3.7.

Розміри робочої частини електродів залежать від товщини та конструкції деталей, що зварюються (табл. 3.8). При зменшенні діаметра роликів до 250-300 мм зростає їх зношення.

Таблиця 3.8

Орієнтовні розміри електродів шовних машин

Товщина деталі, мм	Товщина електрода $B$ , мм	Ширина робочої поверхні електрода $B$ , мм	Радіус закруглення $Я_{кл}$ , мм
0,3	6	3	15-25
0,5	6	4	25-50
0,8	10	5	50-75
1,0	10	5	75-100
1,2	12	6	75-100
1,5	12	7	100-150
2,0	15	8	100-150
2,5	18	10	150-200
3,0	20	10	150-200

Примітка. При зварюванні плоских деталей однакової товщини електродні ролики встановлюють однакового діаметра (зверху та знизу) - 250-400 мм.

При зварюванні кільцевих швів ролик всередині виробу має бути меншого діаметра, ніж зовні для забезпечення рівномірної щільності струму та теплових потоків у контакті електрод-деталь.

Деталі із сталей (при співвідношенні товщин 1 :3) або із високопровідних металів (при співвідношенні 1 :2) зварюються з розплавленням обох деталей. Якщо ці співвідношення більші, то здійснюються такі ж технологічні заходи, що і при точковому зварюванні.

Для зварювання деталей із маловуглецевих сталей з товщиною до 2,0 мм застосовуються електроди із циліндричною робочою поверхнею. Електроди зі сферичною поверхнею використовують під час зварювання легованих сталей, спеціальних сплавів середньої і великої товщини, мідних, алюмінієвих та титанових сплавів і т. ін., а також для зварювання маловуглецевих сталей з товщиною більше, ніж 2,0 мм.

Розміри робочої поверхні електродів-роликів вибирають залежно від товщини деталей 5, що зварюють, за формулою  $B = 25 + 3 \text{ мм}$  (рис. 3.4).

Шовним зварюванням виконують також і стикові з'єднання. Застосовується цей спосіб для зварювання деталей товщиною не більше 3 мм із маловуглецевих та низьколегованих сталей, а також сталей із легкоплавкими покриттями та з титанових сплавів.

Деталі в цьому випадку складають з зазором за допомогою спеціальних пристосувань, в яких стискаються краї заготовок. При зварюванні використовують звичайну циклограму із циклічним характером вмикання струму, постійними зусиллями на електродах і швидкістю зварювання. Режими близькі до загальноприйнятих, що використовують при зварюванні по напущі.

Таблиця 3.9

**Орієнтовні параметри режимів шовного зварювання стиків на деталях із маловуглецевих та низьколегованих сталей**

Вид зварювання	Товщина деталі, мм	Товщина накладки, мм	Величина напущі, мм	Зусилля на електродах, даН	Струм зварювальний, кА	Тривалість, с		Швидкість зварювання, м/хв
						зварювання	паузи	
Роздавленням країв	0,5 + 0,5	-	1,0	250	10	0,04	0,02	3,0
	1 + 1	-	1,5	275	14	0,04	0,02	2,0
	1,25 + 1,25	-	2,0	300	15	0,04	0,02	1,5
	1,5 + 1,5	-	2,5	325	13	0,06	0,04	1,3
	2 + 2	-	3,0	350	14	0,06	0,04	1,2
З підкладками	0,6 + 0,6	0,2	.	250	12	0,02	0,02	3,0
	0,75 + 0,75	0,3	.	250	13	0,02	0,02	2,5
	1,0 + 1,0	0,3	-	250	14	0,04	0,02	2,0
	1,25 + 1,25	0,3	.	250	15	0,06	0,04	1,8
	1,5 + 1,5	0,4	.	250	14	0,06	0,04	1,3
	2,0 + 2,0	0,4	.	250	15	0,06	0,04	1,3
	2,5 + 2,0	0,4	-	250	14	0,08	0,04	1,0

Примітка. Використовуються електроди з  $\varnothing_{\text{ан}} = 160 - 200 \text{ мм}$ , товщиною  $B = 16 \text{ мм}$  і шириною робочої поверхні  $b = 6 \text{ мм}$ . Металом електродів є сплав БрХ0,7.

Для збільшення ступеня проплавлення деталей, захисту роликів, зменшення підсилення швів та отримання високої міцності стиків між роликками та деталями вводять тонку металеву стрічку (табл. 3.9). Метал стрічки такий, як і метал деталей, що зварюються. Товщина стрічки 0,2-0,3 мм, ширина - на 30 % менша, ніж ширина литої зони.

8



Рис. 3.4. Форма электродів для шовного зварювання

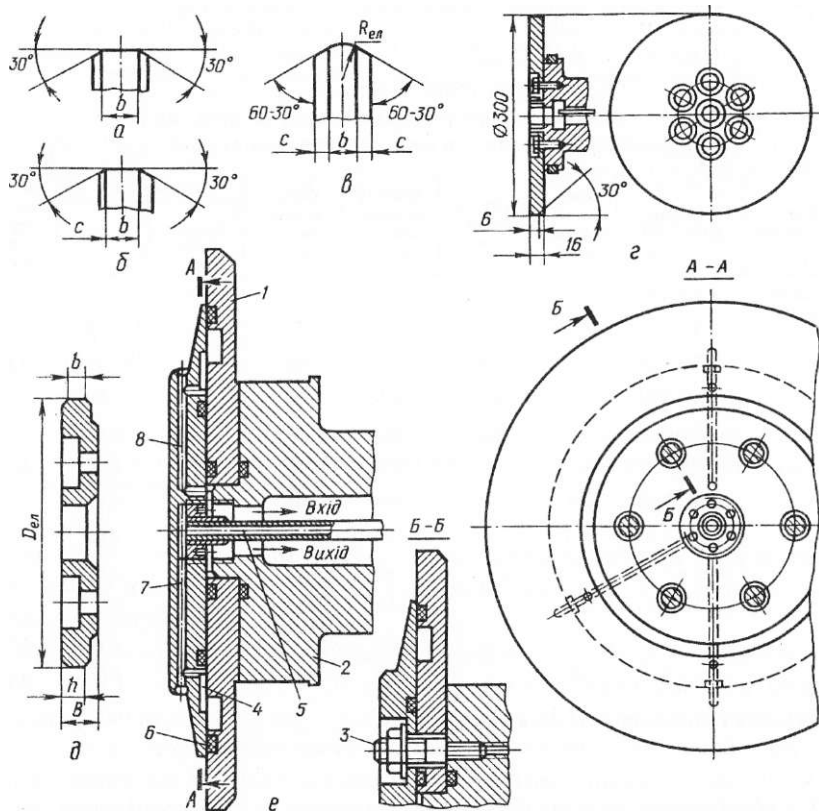


Рис. 3.5. Електроди із симетричними (а, е) та несиметричними скосами (б); циліндричною поверхнею (z, d, e): 1 - електрод-диск; 2 - вал; 3 - шпилька; 4 - порожнина; 5 - трубка водоохолодження; 6 - гумове ущільнення; 7-8 - канали водоохолодження

Стикове шовне зварювання із роздавлюванням країв потребує також спеціальних пристосувань для закріплення деталей. Напустка, менша ніж 3 мм, концентрує тепловиділення, що викликає зминання та роздавлювання кромки, дроблення та видавлювання оксидів із зони зварювання. З'єднання при цьому формується в твердій або у рідкій фазі. Орієнтовні параметри режимів зварювання із роздавлюванням кромки наведені у табл. 3.9.

Шовне зварювання з проміжним електродом у вигляді мідного дроту, який безперервно протягується між роликів та деталлю, значно підвищує стійкість електродів-роликів і зменшує руйнування захисних металевих покриттів на поверхні деталей.

Конструктивне виконання електродів наведено на рис. 3.5.

Деформації та внутрішні напруження після шовного зварювання зменшують частіше за все обкаткою швів сталевими роликів, а також термічною обробкою. Корозійну стійкість виробів підвищують так, як після точкового зварювання.

## 4. ДЕФЕКТИ ТОЧКОВОГО, РЕЛЬЄФНОГО ТА ШОВНОГО ЗВАРЮВАННЯ

Дефектами з'єднань бувають: неприпустимі відхилення у розмірах деталей, точок, швів, відстані між ними, зовнішні і внутрішні виплески, глибокі вм'ятини, підплавлення і тріщини, зовнішні та внутрішні пропалювання та вириви точок, налипання металу електродів на поверхні деталей, неповари, вихід литого ядра на поверхню деталей і т. ін.

Найбільш поширені дефекти точкового, шовного і рельєфного зварювання, ознаки і засоби їх усунення наведені у табл. 4.1.

Іноді для усунення дефектів у вигляді пропалин та глибоких вм'ятин на сталевих деталях виконується підварювання на точкових машинах з підсипанням під електроди залізного порошку чи виконанням додаткових точок, заклепок або підварюванням деталей дуговим способом у середовищі аргону чи вуглекислого газу.

Допустимі виправлення дефектів, звичайно, наводяться в технічній документації на виріб.

*Таблиця 4.1*

### Дефекти зварних з'єднань, що виконуються точковим, шовним та рельєфним зварюванням

Дефекти	Зовнішні ознаки та засоби виявлення дефектів	Причини виникнення дефектів та засоби їх усунення
Виплески зовнішні	Нерівні поверхні точок, значне їх окислення. Зовнішній огляд	Забруднення поверхонь деталей та електродів у контакті електрод-деталь. Недостатнє зусилля зварювання; завеликі значення струму зварювання. Недостатня тривалість попереднього стискання деталей. Перекіс деталей між електродами. Правильне програмування тиску, часу та струму. Заточування поверхонь електродів та зачистка деталей
Виплески внутрішні	Порушення режимів нагрівання та деформування деталей	Підвищення тиску до кінця зварювання. Зменшення струму і тривалості зварювання. Застосування електродів з додатковим обтисненням деталей. Модуляція заднього фронту струму зварювання. Використання пластичних прокладок між деталями

Продовження табл. 4.1

Дефекти	Зовнішні ознаки та засоби виявлення дефектів	Причини виникнення дефектів та засоби їх усунення
Надмірні вм'ятини від електродів	Глибокі вм'ятини на поверхнях деталей. Зовнішній огляд. Вимір глибини вм'ятини	Діаметр робочої частини електрода менший, ніж потрібно. Завишені значення струму та тривалості зварювання. Перекіс деталей та електродів; невірні їх положення. Надмірне зусилля на електродах під час проковки. Внутрішні виплески. Допускається підварювання дуговим зварюванням
Пропалювання деталей	На тонких деталях є голчаті отвори, на товстих - виплавлення металу. Зовнішній огляд	Несправність зварювального обладнання. Вмикання зварювального струму до повного стиснення деталей електродами. Великі зазори. Обмеження ходу електродів. Забруднення поверхнь деталей. Допускаються постановки заклепок або використання дугового зварювання
Зміщення точок	Нерівномірна відстань між точками, відхилення їх від осі. Інструмент вимірювальний	Недостатня кваліфікація робітників
Розриви та зовнішні тріщини у металі з краю напустки	Зовнішній огляд	Шов розташований дуже близько до краю напустки. Дугове зварювання
Відсутність герметичності	Перевірка щодо герметичності	Повторне зварювання по дефектному відрізку. Усунути дефектний шов механічним способом, далі - дугове зварювання
Гофри та жолоблення деталей	Нерівні поверхні деталей. Зовнішній огляд	Хибні збирання та послідовність постановки точок, відсутність прихоплювачів. Надмірна відстань між прихоплювачами. Відсутність співвідносності електродів. Нерівномірне нагрівання й охолодження деталей. Виправлення прокаткою. Підварювання дугове
Відхилення розмірів деталей	Підвищення допусків на лінійні розміри деталей. Злам осей електродів. Огляд та вимірювання	Хибне збирання або розташування деталей між електродами. Погане центрування електродів. Виправленню не підлягають, іноді використовують виправлення із підігріванням
Непровари	Відсутність зварювання, малий діаметр (ширина) ядра, точки (шва). Зовнішній огляд. Технологічна проба	Збільшено розміри (діаметр) робочої частини електродів. Недостатні струм або тривалість зварювання. Шунтування струму, великі зазори. Проковування починається до того, як вмикається струм зварювання. Допускається повторне зварювання та виконання додаткових точок
Вириви	Замість точок виникають отвори. Зовнішній огляд	Великий натяг через помилки у збиранні та виправленні. Передчасне зняття зусилля з електродів. Допускається ставити додаткові заклепки або використовувати дугове зварювання



## 5. СТИКОВЕ ЗВАРЮВАННЯ

Вибір способу стикового зварювання залежить від форми та величини перерізу деталі в місці з'єднання, властивостей металу, можливостей виробництва, вимог експлуатації до якості зварних з'єднань, а також від типу самого виробництва (серійне, масове і т. ін.).

Деталі з круглим перерізом (з площею до  $200 \text{ мм}^2$  із маловуглецевих сталей, міді, алюмінію та їх сплавів з площею перерізу до  $100 \text{ мм}^2$ ) з'єднуються зварюванням опором. Деталі з більшим перерізом зварюють з примусовим формуванням стику або в середовищі захисного газу.

Зварюванням з безперервним оплавленням з'єднують деталі з маловуглецевих сталей з компактним поперечним перерізом до  $1000 \text{ мм}^2$ , а також труби, листи та інші деталі з тонкими стінками з більшим перерізом.

Стиковим зварюванням з безперервним оплавленням із попереднім підігріванням з'єднуються деталі з перерізом  $500\text{-}10000 \text{ мм}^2$ . Якщо площа поперечного перерізу зростає, стійкість оплавлення погіршується, що знижує якість стиків.

На машинах з програмним керуванням напруги холостого ходу зварювального трансформатора та швидкості переміщення рухомої деталі зварюються деталі із площею перерізу  $5000\text{-}40000 \text{ мм}^2$ .

Імпульсним оплавленням зварюють деталі чи заготовки з перерізом до  $200000 \text{ мм}^2$ .

Вимоги до якості зварних стиків, що з'єднуються стиковим зварюванням, формулюються чинною технічною документацією (галузевими та стандартами підприємств, нормами і т. ін.), у будівництві відповідно до ГОСТ 14098-85 (типи з'єднань СЗ-Км, С4-Кп, СІ-Ко та С2-Кн).

### 5.1. ПРИНЦИПОВА СХЕМА ТА СУТНІСТЬ ПРОЦЕСУ СТИКОВОГО ЗВАРЮВАННЯ ОПОРОМ

Стикове зварювання опором (рис. 5.1) використовує нагрівання стиків теплом Джоуля до пластичного стану та деформування металу наступним осаджуванням.

Таке зварювання відбувається наступним чином. Спочатку деталі затискують у струмопідвідних губках-електродах зварювальної машини та щільно

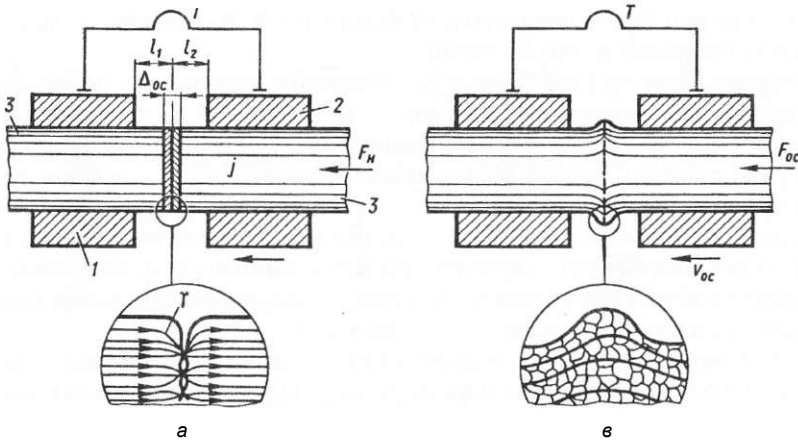


Рис. 5.1. Схема стикового зварювання опором:

а - стик до зварювання; б - стик після зварювання; 1, 2 - електроди-губки;  
 3 - деталі, що зварюються; Т - трансформатор зварювальний; I - зусилля  
 нагрівання та осаджування;  $V_{ос}^*$  - швидкість осаджування;  $\Delta$  - лінії струму;  
 Дос - припуск на осаджування;  $l_1, l_2$  - встановлювальна довжина

стискають між собою в осьовому напрямку зусиллям нагрівання, після чого вмикають електричний струм. Нагрівання деталей відбувається внаслідок генерування тепла на опорах самих деталей (на встановлювальній довжині), а також на контактному опорі деталь-деталь.

Тепло, що виділилось у контакті між деталями, в балансі загального тепла не перевищує 10-15%. Проте воно виділяється за короткий час і в вузькій приконтактній зоні, що є достатнім для формування зварних з'єднань. Торці деталей у цій зоні підігріваються до температури  $T_{зв}$ , нижчої за температуру плавлення металу  $T_{пл}$ :

$$T_{зв} = (0,8 - 0,9) T_{пл}$$

Інтенсивність та характер нагрівання (величина градієнта температур) деталей визначаються початковим зусиллям (тиском) стиснення, жорсткістю імпульсів зварювального струму, встановлювальною довжиною деталей, станом поверхонь деталей у контакті деталь-деталь та фізико-механічними властивостями металу деталей і оксидів на їх поверхні. Після цього струм вимикають, а деталі пластично деформуються осаджуванням таким зусиллям, як і під час нагрівання або більшим за нього.

Деформація осадки приводить до витискування приконтактних шарів металу з плівками бруду та оксидами із зони зварювання. Метал, що є витиснутим у зазор, утворює повільне стовщення, величина якого дає можливість орієнтовно робити висновки про якість з'єднань. Але внаслідок обмеженості

деформації при цьому виводиться не більше 60-70 % оксидів, що пояснює незначну пластичність таких з'єднань.

Об'ємна пластична деформація при стиковому зварюванні опором характеризується співвідношенням кінцевої  $S_K$  та початкової  $S_{II}$  площі деталей у місці з'єднання  $S_K/S_{II}$  до 4,0. Підвищення цього співвідношення призводить до втрати стійкості деталей або до зниження пластичності внаслідок скривлення волокон металопродукату.

Більш активно очищення стиків від оксидів відбувається при використанні схеми зварювання з примусовим формуванням стику за допомогою спеціальних обтискуючих пристроїв у електродах, що локалізує деформацію та підвищує площу оновлення поверхонь стиків.

Ефективним засобом попередження окислення розігрітого металу є використання захисних газів (інертних до металу, що зварюють), якими наповнюють камери навколо стиків.

Пристикова зона, де відбуваються суттєві зміни структури та інших властивостей у металі деталей від термомеханічного циклу зварювання, має достатньо великі розміри, що обмежує працездатність стиків.

Протяжність цієї зони залежить від хімічного складу металу, попередньої термічної обробки та умов зварювання.

Місцеве вирівнювання структури, твердості у металі стиків та в зоні термічного впливу здійснюється термічною обробкою деталей або у губках зварювальної машини чи у термічних печах.

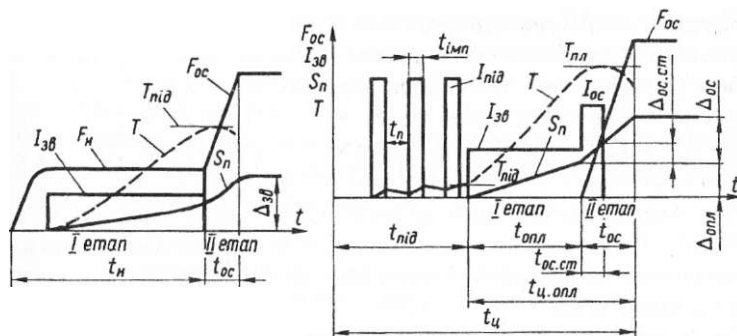
Важливим етапом при стиковому зварюванні є процес рекристалізації, який проявляється у руйнуванні мікроскопічних зерен на поверхні нагрітого металу з одночасним виникненням нових спільних зерен для обох деталей.

## 5.2. ТЕХНОЛОГІЯ СТИКОВОГО ЗВАРЮВАННЯ ОПОРОМ

Підготовка деталей до стикового зварювання полягає у наданні їх торцям визначеної форми і ретельній очистці їх поверхонь. Торцеві поверхні обробляють механічним різанням за допомогою ножиць, пилок, гарячим та холодним висадженням на пресах, на металорізальних верстатах, а також газовим чи плазмовим різанням з наступним очищенням деталі від шлаку або хімічним травленням.

Струмопідвідні поверхні на торці заготовок можуть оброблятися також дробоструминними або піскоструминними приладами і апаратами.

З метою рівномірного нагрівання й однакового пластичного деформування під час осаджування торці деталі спеціально обробляють. Форма та розміри перерізу заготовок після обробки бажано щоб були однаковими. Діаметри деталей в місці зварювання не повинні відрізнятись більше, ніж на 15 %, а товщини - відповідно на 10 %.



**Рис. 5.2.** Циклограми стикового зварювання: а-зварювання опором; б-безперервним оплавленням з підігріванням;  $F_{oc}$ ,  $I_{3b}$  - зусилля нагрівання та осаджування;  $T$ ,  $T_{nid}$ ,  $T_{пл}$  - температура деталей під час зварювання;  $l_n$ ,  $l_{nn}$ ,  $l_{«}$  - струм зварювальний, підігрівання та осаджування;  $t_n$ ,  $l_{пц}$ ,  $t_{oc}$  - тривалість нагрівання, підігрівання, оплавлення, осаджування, осаджування під сірумом;  $l_n$  - пауза між імпульсами;  $l_n$ ,  $l_{цопл}$  - тривалість загального циклу та циклу оплавлення;  $D_n$ ,  $D_{опл}$ ,  $D^*$ ,  $D_{ос}$  - припуски на зварювання, оплавлення, осаджування та осаджування під сірумом;  $S_n$  - переміщення рухомої плити стикової машини

Циклограма та орієнтовні параметри режимів зварювання опором деяких деталей наведені у табл. 5.1 та на рис. 5.2.

Робочими параметрами режиму стикового зварювання є зусилля нагрівання або програма зміни зусилля під час зварювання, щільність струму або струм зварювання, тривалість нагрівання, встановлювальна довжина і зусилля затиску деталей у губках-електродах зварювальної машини.

Таблиця 5.1

**Орієнтовні параметри режимів зварювання  
опором заготовок з круглим та квадратним перерізом  
із маловуглецевих сталей**

Площа перерізу, мм <sup>2</sup>	Щільність струму, А/мм	Тривалість нагрівання, с	Встановлювальна довжина + $l_n$ , мм	Припуски на осаджування, мм		
				загальний	під струмом	без струму
7	300	0,3	7	2,2	1,6	0,6
25	200	0,8	12	2,5	1,7	0,8
50	160	1,0	16	2,7	1,8	0,9
100	140	1,5	20	3,0	2,0	1,0

Примітка. Тиск осаджування - 10-30 МПа. Використовують електроди-губки із бронзи типів БрНБТ й БрКН.

Кінці деталей випрямляють перед установленням у губках-електродах. Мінімальна встановлювальна довжина деталей компактного перерізу вибирається згідно з величиною їх перерізу:

Переріз деталі	мм <sup>2</sup> .....	25	50	100	250
Встановлювальна довжина (l, + l), мм	.....	3 + 3	4 + 4	4 + 4	6 + 6

Для підвищення стійкості деталей та локалізації деформації в зоні зварювання між губками машини використовують ізольовані вставки. Звичайно встановлювальна довжина деталі /l складає (0,8... 1,0) *ci*, де *ci* - діаметр деталі, що зварюють, мм.

При стиковому зварюванні різномірних металів з метою забезпечення рівномірного нагрівання встановлювальна довжина кожної деталі є відмінною.

Для деталей із металу з більшою теплопровідністю встановлювальна довжина має бути більша.

Зусилля нагрівання вибирають з умови забезпечення оптимального поширення температур у деталях.

Зварювальний струм або його щільність визначають з урахуванням площі поперечного перерізу і властивостей металу, що зварюють.

Зусилля (тиск) осаджування визначає величину припуску на осадку — величину пластичного деформування деталей, а також якість очищення стиків від оксидів.

Зусилля затискування деталей у губках зварювальної машини, щоб запобігти просковзуванню, має бути у 2-3 рази більшим, ніж зусилля осаджування.

Деталі із різномірних металів інколи зварюють через металокерамічні або біметалеві вставки, а з тугоплавких - через пасти з гідридів металів або металевий порошок.

Деталі з перерізом, більшим за 300 мм<sup>2</sup>, опором зварюють у вакуумі або в середовищі захисних газів. Орієнтовні витрати газу під час зварювання виробів з перерізом 500 мм<sup>2</sup> складають 800-1200 л/год. Газ має подаватися безперервно, щоб уникнути зміни складу газового середовища навколо деталей в зоні зварювання внаслідок вигорання адсорбованих речовин. Дія захисту використовуються гази-відновники Н<sub>2</sub>, С<sub>3</sub>Н<sub>8</sub> та N13, іноді Ag та N2, які очищені від кисню й води, або суміші нейтральних газів з вуглеводами.

Під час стикового зварювання опором дроту за звичайною схемою не завжди можна забезпечити високі механічні властивості через перегрів металу, коли в зоні з'єднання утворюються великі зерна та мікротріщини (табл. 5.2).

Більш якісні з'єднання можуть бути отримані зварюванням опором з примусовим формуванням та з наступною термічною обробкою стику. При цьому режимами зварювання є напруга холостого ходу зварювального трансформатора  $I_{2xx}$ , зусилля нагрівання  $P_u$  та осаджування  $P_{oc}$ , загальний

припуск на зварювання  $A_{зв}$ , припуск на підігрівання  $D_{під}$  й осаджування  $D_{ос}$ . Припуск на осаджування включає припуск на осаджування під струмом  $D_{ос ст}$  та на осаджування без струму  $A_{ос б ст}$ . Після вимикання струму зварювання, коли з'єднання ще знаходиться під дією зусилля осаджування, зону зварювання додатково нагрівають до температур ізотермічного гартування або відпуску імпульсами струму  $I_{п(д)}$  потрібної величини та тривалості (залежно від марки сталі й діаметра дроту).

Таблиця 5.2

**Орієнтовні параметри режимів стикового зварювання дроту**

Марка сталі	Параметри режимів				
	Припуск на зварювання $D_{зв}$ , мм	Припуск на підігрівання $D_{під}$ , мм	Припуск на осаджування $D_{ос}$ , мм	Припуск на осаджування без струму $A_{ос.б.ст}$ , мм	Тиск осаджування $P_{ос}$ , МПа
45	14,0	2,2	11,8	6,8	1,5
55	14,0	2,2	11,8	6,8	1,6
65	14,0	2,0	12,0	6,2	1,8
70	14,2	1,8	12,4	6,0	1,8
80	14,2	1,8	12,6	5,8	2,0
85	14,4	1,6	12,8	5,8	2,0
ШХ15	14,8	2,8	12,0	5,6	4,5
50ХФА	14,6	2,5	12,1	6,0	3,5

Цей спосіб відрізняє те, що деформуванню під час нагрівання та осаджування підлягає весь метал на встановлювальній довжині, який витискується між робочими поверхнями формуючих проміжних пристроїв. На завершальному етапі осаджування метал, що витиснується, підрізається краями формуючих пристроїв і віддаляється. Внаслідок цього підігрівання зони зварювання значно зменшується.

Орієнтовні параметри режимів стикового зварювання труб опором з примусовим формуванням стиків наведені у табл. 5.3.

Таблиця 5.3

**Орієнтовні параметри режимів зварювання труб опором з примусовим формуванням стиків**

Діаметр труби, мм	Напруга холостого ходу $U_{хх}$ , В	Припуск на зварювання $D_{зв}$ , мм	Припуск на підігрівання $D_{під}$ , мм	Припуск на осаджування $D_{ос}$ , мм	Припуск на осаджування без струму $D_{ос.в.ст}$ , мм	Зусилля при підігріванні $P_{під}$ , Н	Зусилля осаджування $P_{ос}$ , кН	Тривалість зварювання $t$ , с
6	1,73	6,0	2,0	4,0	3,5	80	4,0	0,25
8	2,08	6,5	2,0	4,5	3,5	100	6,0	0,28
10	2,08	7,0	2,5	4,5	4,0	120	7,2	0,3
12	2,45	7,5	2,5	5,0	4,0	120	8,5	0,35

Тонкостінні труби діаметром 120 мм та прутки з алюмінієвих сплавів (Д1, Д16, Д18 та В65) також добре з'єднуються стиковим зварюванням опором з примусовим формуванням і без наступної термічної обробки металу стиків (табл. 5.4, 5.5). З'єднання дротів з алюмінію можливе і на звичайному обладнанні. При цьому спочатку зварювання відбувається в традиційних режимах або на обладнанні для стикового зварювання опором. Далі зона знеміцнення розташовується між сталевими затискачами (машини для стикового холодного зварювання або потужної машини електричного контактного зварювання), що мають різальні краї на рухомих та нерухомих затискачах, та піддається деформуванню в осьовому напрямку до повного зближення різальних країв. Ґрат (облой) та стовщення після деформування легко усуваються. Параметри режиму зварювання за такою схемою наведені у табл. 5.5.

Таблиця 5.4

**Орієнтовні параметри режимів стикового зварювання дроту та прутків з алюмінієвих сплавів з примусовим формуванням стиків**

Марка сплаву	Діаметр прутка, мм	У*. В	Щільність струму, А/мм²	Припуск на зварювання Л, мм	Припуск на підігрівання М, мм	Тиск підігрівання ртд., МПа	Тиск осаджування Рос, МПа
АМгб	8	2-2,44	81-96	11-12	2,8-3,2	7-9	210
	13	2,5	63-69	16-16,5	2,5-3	10-14	870-890
Д16	8	2-2,44	80-98	9-10	2-3	8-9	210
	13	2,7	65-70	16-17	3-4	11-14	870-900
Д18	8	2,44	87-102	10-11	2,2-3,5	8-9	210
	13	3,2	80-82,5	16-17	5-6	11-15	860-900

Таблиця 5.5

**Параметри режимів стикового зварювання з наступним холодним деформуванням**

Метал	Діаметр дроту, мм	Машина зварювальна		Режим зварювання			Режим зміцнення		Показники міцності	
		для зварювання	для зміцнення	струм зварювальний, кА	зусилля осаджування, кН	припуск на осаджування під струмом, мм	початкова відстань між губками, мм	зусилля деформування, кН	після зварювання °зв	°поч
АТ	4,5	МС-403	МСХС-5-3	3,6	5	4	9	35	160	1,0
АТ	3,55	»	»	2,9	4	3	7	35	165	1,0
АТп	3,55	»	»	2,9	4	3	7	35	170	0,95
АТп	2,4	»	»	1,9	3,5	2	5	35	170	0,92
ПАМ-8 (заготівка АІ-Сі)	8	МСС-4501	МССМ501	10,2	6,5	8	16	35	180	0,95

Примітка. МСХС-5-3 - машина стикового холодного зварювання;  $o_{„0„}$ ,  $o_{„}$  - міцність металу до та після зварювання.

З'єднання дротів із алюмінієвих та деяких інших сплавів можна виконувати опором з розплавленням металу стику при мінімальному стисненні торців деталей з наступним витисненням рідкого металу під час осаджування та деформуванням знеміцненої зони у гарячому стані. Орієнтовні величини головних параметрів режиму зварювання за цією схемою наведені у табл. 5.6.

Таблиця 5.6

Орієнтовні величини головних параметрів режиму зварювання

Матеріал	Відношення встановлювальної довжини $l$ , мм, до діаметра дроту $d$ , мм	Відношення мінімального струму $I_0$ , А, до діаметра дроту $d$ , мм	Тиск при нагріванні $P$ , МПа
Ст. 12Х18Н10Т	0,5-0,8	100	5-10
Сталь Ст. 3	0,6-0,8	170	5-10
Сплав АМг-5	0,8-1,0	450	3-5
Сплав АБ	0,8-1,0	680	3-5
Мідь М1	1,25-2,5	900	6-8

Зварювальний струм  $I_{ш}$  для підвищення продуктивності збільшують відносно до мінімального значення струму  $I_0$ . Наприклад, для чорних металів це відношення 3-4, для кольорових металів - 1,5-2,0. Максимальне значення струму зварювання залежить від теплофізичних властивостей металу. Тривалість зварювання та швидкість деформування визначаються згідно з величиною зварювального струму.

Припуски на зварювання для алюмінієвого дроту мають бути  $(0,5-0,8)c_1$ , для міді -  $(0,3-0,5)c_1$ . Найбільша встановлювальна довжина обмежується величиною  $(1,8-2,0)c_1$  для алюмінію,  $(1,8-2,3)c_1$  для міді. Зусилля затиснення дроту має в 2-3 рази перевищувати зусилля осаджування.

Після зварювання стик термообробляється пропусканням крізь нього додаткового струму  $I_{т} = (0,6-0,9)I_{зв}$ . У деяких випадках з метою покращення мікроструктури металу до стику прикладають зусилля осаджування в 5-10 разів більші від звичайного.

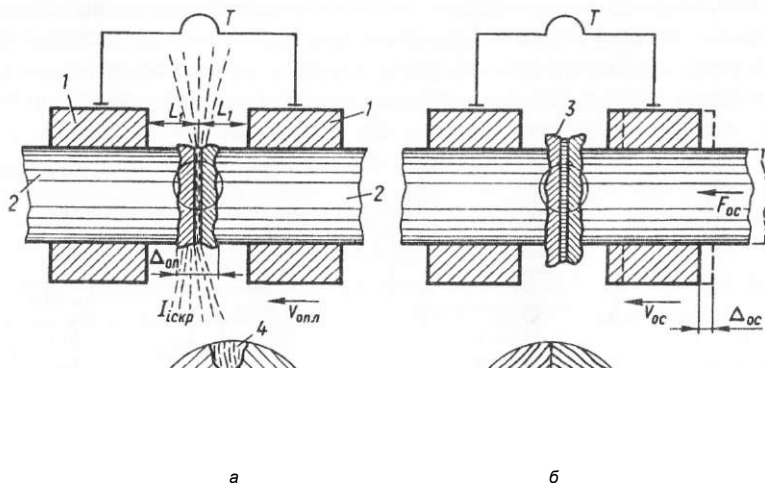
### 5.3. ПРИНЦИПОВА СХЕМА ТА СУТНІСТЬ ПРОЦЕСУ СТИКОВОГО ЗВАРЮВАННЯ ОПЛАВЛЕННЯМ

Зварювання оплавленням — стикове зварювання, що відбувається з розігрівом металу стиків до оплавлення і наступним осаджуванням.

Зварювання відбувається за наступною схемою.

Деталі спочатку затискують у електродах-губках, потім на них подається напруга від зварювального трансформатора і тільки після цього повільно переміщують одну з деталей назустріч іншій з потрібною швидкістю для їх зіткнення (рис. 5.3).





**Рис. 5.3.** Схема стикового зварювання безперервним оплавленням:  
*a* - стик під час оплавлення, *б* - стик після осаджування; 1 - електроди-губки;  
 2 - деталі, що зварюються; 3 - ґрат; 4 - перемичка рідка; Т - трансформатор  
 зварювальний,  $F_{ос}$  - зусилля осаджування;  $v_{к}$  - швидкість осаджування;  
 $v_{опл}$  - швидкість оплавлення;  $l$  - встановлювальна довжина;  $I_{искр}$  - струм іскри;  
 $A_{опл}$ ,  $A_{ос}$  - припуски на оплавлення та осаджування

В момент виникнення первісного контакту в окремих точках торців кризь нього (при незначному зусиллі стиснення) проходить струм високої густини. В результаті цього метал контактів-перемичок миттєво розігрівається до температури кипіння та випарювання і вибухоподібно руйнується. Під час вибуху частина металу перемичок викидається із стику у вигляді іскор та бризок.

Процес виникнення рідких перемичок та їх руйнування проходить безперервно до виникнення на торцевих поверхнях деталей рівномірного шару розплавленого металу.

Метал деталей нагрівається поступово внаслідок передачі тепла від іскрового зазору.

Контактний опір деталей-деталь при зварюванні оплавленням називається опором оплавлення. Величина його залежить від розмірів та кількості рідких перемичок, властивостей оксидних плівок на їх поверхні, величини перерізу деталей, від властивостей металу, що зварюють і т. ін.

На опорі оплавлення генерується до 85-90 % тепла із загального, що виділяється між електродами. На кінцевій стадії оплавлення кількість рідких перемичок зростає і збільшується їх провідність. Власний опір деталей на встановлювальній довжині під час зварювання монотонно зростає. Тому тільки на кінцевій стадії опір металу деталей може помітно впливати на процес тепловиділення.

Після прогріву деталей на потрібну глибину при оплавленні і наявності шару рідкого металу на всій площині торців деталей їх стискають з підвищеною швидкістю осаджування зусиллям осадки. При осаджуванні рідкий метал разом із оксидами і іншими забрудненнями витискуються із стику у грат.

Таким чином металеві зв'язки у з'єднанні починають формуватися у рідкій фазі, а закінчують у твердій.

Внаслідок використання відносно жорстких режимів зварювання якісні з'єднання виникають при відношенні кінцевої площі перерізу стику  $S_K$  до площі деталей до зварювання  $S_{\text{д}}$  :  $S_K / S_{\text{д}} < 2$ , при якому оновлення поверхонь торців наближується майже до 100 %.

З'єднання деталей більших перерізів, коли виявляються недостатніми електрична та механічна потужності обладнання, здійснюється зварюванням оплавленням з попереднім підігріванням.

Кінці деталей при цьому способі спочатку підігрівають аналогічно зварюванню опором - їх періодично стискають невеликим осьовим зусиллям і вмикають струм, що викликає виділення тепла у контакті деталь-деталь, та розмикають і розводять. Після підігрівання стиків до потрібної температури виконується з'єднання безперервним оплавленням за схемою зварювання оплавленням. Закінчується процес осаджуванням. Осадка потрібна для витіснення із стику розплавленого та перегрітого твердого металу, що є забрудненням оксидами, та для виникнення металевих зв'язків між деталями. При осаджуванні деформація металу допомагає реалізуватися процесу рекристалізації.

Для зварювання деталей з великим перерізом науковцями ІЕЗ ім. Є. О. Патона ПАН України розроблено два способи, що роблять більш ефективним підігрів під час оплавлення: зварювання з імпульсним оплавленням і з програмним регуванням напруги зварювання під час оплавлення.

При імпульсному оплавленні на головне поступове переміщення рухомої плити зварювальної машини накладаються додаткові механічні коливання з частотою  $3 \cdot 10^5$  Гц і амплітудою 0,1-0,8 мм. Імпульсне оплавлення локалізує нагрівання, розширює зону високих температур в деталях, запобігає швидкій кристалізації рідкого металу, зменшує потужність, що споживається під час зварювання, припуск та тривалість оплавлення в 3—4 рази та підвищує швидкість оплавлення.

Зварювання з програмуванням напруги (при незмінній швидкості оплавлення) потребує підвищеної початкової напруги для збудження оплавлення. Після виникнення стійкого оплавлення напругу зменшують до мінімально можливих значень, які можуть забезпечити стійке оплавлення.

У кінці оплавлення перед осадкою напругу холостого ходу зварювального трансформатора на деякий час підвищують для збільшення локальної стійкості процесу.

При програмному регулюванні напруги у 3-5 разів знижується потужність зварювання та в 1,5-2 рази - тривалість зварювання.

Головними параметрами режиму зварювання безперервним оплавленням (див. рис. 5.2, б) за винятком фази підігрівання є швидкість оплавлення  $V_{\text{опл}}$  та осаджування  $V_{\text{ос}}$ , напруга холостого ходу трансформатора  $U_{\text{хх}}$ , щільність струму  $i_{\text{зв}}$  або струм зварювання-оплавлення  $I_{\text{зв}}$ , припуски на оплавлення  $\Delta_{\text{опл}}$  та осаджування  $\Delta_{\text{ос}}$ , тривалість (час) оплавлення (оля та осаджування під струмом  $t_{\text{осст}}$ , зусилля або тиск осаджування  $P_{\text{ос}}$ , встановлювальна довжина деталей  $l$ , зусилля затиснення заготовок між електродами. При зварюванні оплавленням з підігрівом додатковими параметрами режиму є струм імпульсу підігрівання  $I_{\text{під}}$ , його тривалість  $t_{\text{під}}$ , тривалість фази підігрівання  $t_{\text{під}}$ , кількість імпульсів підігрівання  $n$  або температура підігрівання  $T_{\text{під}}$ .

Зварювання з програмним керуванням оплавлення характеризує також напруга холостого ходу трансформатора  $U_{\text{хх}}$  та програма його зміни.

При зварюванні імпульсним оплавленням установлюють ще частоту та амплітуду коливань рухомої плити машини.

Металеві стрижні при безвідходному виробництві (рис. 5.4, 5.5, табл. 5.7, 5.8) будівельних та інших конструкцій з'єднують стиковим зварюванням безперервним оплавленням або оплавленням з підігріванням, якщо стійкість оплавлення не може бути забезпечена у зв'язку з відсутністю машини потрібної потужності при зростанні величини перерізу стрижнів.

Деякі рекомендації щодо вибору головних параметрів стикового зварювання оплавленням наведені у табл. 5.9–5.13.



Рис. 5.4. Конструктивні елементи зварних стикових з'єднань без усунення грату та після механічної обробки:  
 $d'_n, a_n$  - діаметри меншого та більшого стрижнів відповідно;  
 $l$  - діаметр грату

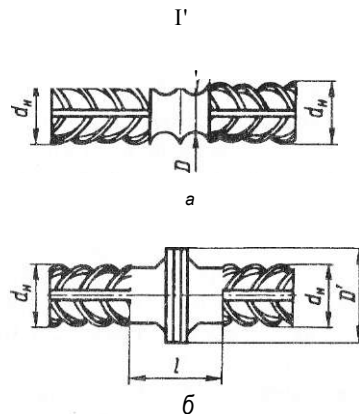


Рис. 5.5. Конструктивні елементи стикових з'єднань з механічною обробкою (а) та без обробки (б) після зварювання:

$D, l$  - діаметр і довжина прогонки до зварювання;  
 $O', l$  - довжина та діаметр стовщення стику після зварювання відповідно;  
 $d'_n, d_n$  - діаметр стрижня

Таблиця 11.10

**Розміри, мм, стиків стикових з'єднань без усунення ґрату  
після зварювання**

Клас арматури	"н	О		Клас арматури		О	$c'_{н} / a_{н}$
A-I, A-II, A-III	10-18	> 1,3 0 <sub>n</sub> ,	0,85-1	Ат-ІУС	10-28	£ 1,2	0,85-1
	20—40	> 1,2 cГ <sub>n</sub>	0,85-1	Ат-У	10-28	> 1,2 c'н	0,85-1
A-IV, A-V, A-XI	10-22	> 1,2 c^	0,85-1	Ат-ІУК,	10-28	2 1,2 0^	0,85-1
Ат-ІІС	10-28	> 1.3	0,85-1	Ат-УСК			

Примітки: 1. Тип з'єднань С1-Л) та С2-Л"н. 2. Використовуються для виготовлення стрижнів мірної довжини та при утилізації відходів.

Таблиця 5.8

**Розміри, мм, стиків стикових з'єднань  
з механічною обробкою та без неї**

Клас арматури		О'	о	l	r
A-II, A-III	10-40	£ 1,2 0 <sub>n</sub>	c'— 0,1	2 0 <sub>n</sub> ± 0,2 0 <sub>n</sub>	(1 - 1,5) 0 <sub>n</sub>
A-ІУ, А-У, А-УІ	10-22	> 1,2 0 <sub>n</sub>	0 - 0,1	2 0 <sub>n</sub> ± 0,2 0 <sub>n</sub>	(1 - 1,5) 0 <sub>n</sub>
Ат-ІІС	10-28	1 2 СL	0 - 0,1	2 0 <sub>n</sub> ± 0,2 0 <sub>n</sub>	(1 - 1,5) 0 <sub>n</sub>
Ат-ІУС	10-28	> 1,2 0 <sub>n</sub>	0 - 0,1	2 0 <sub>n</sub> ± 0,2 0 <sub>n</sub>	(1 - 1,5) 0 <sub>n</sub>
Ат-У	10-28	> 1,2 c'м	0 - 0,1	2 0 <sub>n</sub> ± 0,2 0 <sub>n</sub>	(1 - 1,5) 0 <sub>n</sub>
Ат-ІУК	10-28	a 1,2 0 <sub>n</sub>	0 - 0,1	2 0 <sub>n</sub> ± 0,2 0 <sub>n</sub>	(1 - 1,5) 0 <sub>n</sub>
Ат-УСК	10-28	r i,2cГ <sub>n</sub>	0 - 0,1	2 0 <sub>n</sub> ± 0,2 0 <sub>n</sub>	(1 - 1,5) 0 <sub>n</sub>

Примітки: 1. Арматура класу А-У з діаметром не більше 32 мм. 2. Арматура класу Ат-У тільки з використанням локальної термічної обробки. 3. Арматура класу Ат-ІУК і Ат-УСК тільки для сталі марки 20ХГС2. 4. Тип з'єднань С3-Км та С4-Кп.

Таблиця 5.9

**Орієнтовна щільність струму оплавлення і осаджування  
при стиковому зварюванні деяких металів і сплавів**

Деталі, що зварюються	Матеріал	Щільність струму		Щільність струму при осаджуванні, А / мм <sup>2</sup>
		середня, А / мм <sup>2</sup>	максимальна, А / мм <sup>2</sup>	
Прути діаметром 6-30 мм, штаби й труби завтовшки 2-6 мм	Маловуглецеві сталі	10-15	10-20	40-60
	Хромисті сталі	15-20	20-25	35-55
	Алюмінієві сплави	20-35	25-45	130-170
	Мідні сплави	25-40	30-50	200-300
Штаби, труби, прутки	Маловуглецеві сталі	2-4	6-8	20-25
	Хромисті сталі	6-8	12-15	40-50
	Алюмінієві сплави	5-12	10-20	60-80
	Мідні сплави	15-20	15-25	100-200

**Орієнтовні параметри режиму  
контактного стикового зварювання арматури для залізобетонних  
будівельних конструкцій**

Клас арматури	Геометричні параметри (на один стрижень у долях діаметрів)					Питомий тиск осаджування під час зварювання		Довжина зони нагрівання до червоного розжарювання від центра стиску, мм	Примітка (відносно машини МС-2008 час повного обертання кулачка)
	встановлювальна довжина	припуск на оплавлення при зварюванні безперервним оплавленням	припуск на оплавлення при зварюванні оплавленням з підігріванням	осаджування	припуск на осаджування під струмом	безперервним оплавленням,	оплавлення з підігріванням, МПа		
A-1	1	0,5	0,35	0,15	0,05	50	-	(0,3-0,4)0	15-17
A-I, A-III	1,5	0,5	0,35	0,2	0,15	70	50	(0,8-1,0)0	23-25
A-IIIС	1-1,2	0,5	-	0,25	0,1	100	-	(0,3-0,4)0	15-17
A-IV	1-1,2	0,5	-	0,25	0,1	100	-	(0,3-0,4)0	15-17
A-V	1-1,2	0,5	-	0,25	0,1	100	-	(0,3-0,4)0	15-17
A-VI, Aт-V	1,2	0,5	-	0,25	0,1	100	-	(0,3-0,4)0	15-17
Aт-VUK, Aт-VCK	1,2	0,5	-	0,25	0,1	100	-	(0,3-0,4)0	15-17

Таблиця 5.11

**Тиск осаджування, МПа, при зварюванні оплавленням  
деяких металів і сплавів**

Метал	При зварюванні безперервним оплавленням	При зварюванні оплавленням з підігрівом	Метал	При зварюванні безперервним оплавленням	При зварюванні оплавленням з підігрівом
Сталі:			Чавуни	80-100	40-60
маловуглецеві	60-80	40-60	Алюміній	120-150	-
середньовуглецеві	80-120	40-60	Алюмінієві сплави	130-200	-
високовуглецеві	100-120	40-60	Мідь	250-400	-
низьковуглецеві	100-120	40-60	Латуні	140-180	-
феритні	100-180	60-80	Бронзи	140-180	-
аустенітні	150-220	100-140	Титанові сплави	30-100	30-40

Арматуру різних класів зварюють згідно з ГОСТ 14098-85 (типи з'єднань С1-К<sub>0</sub> і С2-К<sub>н</sub>) за режимами, що встановлюються для арматури вищого класу. При наявності спеціальних пристроїв для попереднього підігрівання стрижнів з більшим діаметром припускається зварювати стрижні з відношенням діаметрів 0,3-0,8.

Таблиця 11.10

**Орієнтовні значення швидкостей оплавлення й осаджування  
для стикового зварювання оплавленням різних металів**

Метал	Швидкість оплавлення, мм / с		Швидкість осаджування, мм / с, не менше
	середня	перед осаджуванням	
Сталі:			
маловуглецеві	0,5—1,5	2-5	15-20
низьколеговані	1,5-2,0	4-5	20-30
аустенітні	2,5-3,5	5-7	30-50
Алюмінієві сплави	3,0-7,0	8-15	100-200

Таблиця 5.13

**Орієнтовні припуски при стиковому зварюванні оплавленням стрижнів  
з маловуглецевих та низьколегованих сталей**

Діаметр стрижня, мм	Зварювання безперервним оплавленням			Зварювання оплавленням з підігріванням	
	припуск на оплавлення	припуск на осаджування	припуск на підігрівання	припуск на оплавлення	припуск на осаджування
	Д <sub>опл</sub> , мм	Д <sub>ос</sub> , мм	Д <sub>під</sub> , мм	Л <sub>опл</sub> , мм	А <sub>ос</sub> , мм
6	5	2	-	-	-
8	5	2,5	-	-	-
10	5	3	2,5	4	3,5
15	7	3	3	4	3,5
20	9	4	4	7	4
25	11	4,5	4	7	4
30	12	4,5	4	8	4
40	17	5	4	11	4
50	19	6	5	12	5
60	-	-	6	13	6
70	-	-	7	14	7
80	-	-	8	15	8
90	-	-	9	15	8
100	-	-	9	18	9

Примітка. Сумарна встановлювальна довжина (L + A) має дорівнювати 1,5 діаметра стрижня для низьколегованих сталей, 2-2,4 діаметра стрижня для маловуглецевих сталей.

Після зварювання стрижні, які експлуатуються при вібраційних навантаженнях, піддаються механічній обробці в зоні зварювання.

Стики термозміцненої арматури із сталей 35ГС, 20ГС, 20ГС2, 20ХГС2 і т. ін. після зварювання підлягають прискореному охолодженню водою із спреєра (6-7 с) з вивільненням із затискачів машини.

Орієнтовні параметри режимів зварювання термозміцнених стрижнів на машині МС-2008 наведені нижче (табл. 5.14).

Таблиця 11.10

**Орієнтовні параметри режимів зварювання термозміцнених стрижнів  
на машині МС-2008**

Діаметр арматури, мм	Встановлювальна довжина 2/і (сумарна), мм	Ступінь зварювального трансформатора	Положення варіатора (кінцева швидкість оплавлення), мм / с	Припуск на осаджування, мм	
				загальний	під струмом
12	15-17,5	3-4	0-1 (6)	6	1,0
14	17,5-22,5	4-6	0-1 (6)	7	1,0
16	20-25	6-8	1-2 (5)	8	1,5
18	22,5-27,5	9-10	1-2 (5)	9	2,0

Таблиця 5.15

**Орієнтовні параметри режимів стикового зварювання  
швидкорізальних сталей з вуглецевими**

Діаметр прутка, мм	Припуск		Зусилля осаджування, кН
	на підігрівання Д „л. мм	на оплавлення Д „мм, мм	
<i>Сталі P9; P12; P18; P9K5</i>			
10-12	1.1	2,3	3,8
12,5-15	1.2	2,4	6,0
16-19	1.3	2,5	9,8
20-24	1.4	2,7	14,7
25-31	1.5	3,0	22,8
32-39	1,7	3,3	35,6
40—49	2,0	3,6	54,2
<i>Сталі P6M3; P6M3K5; P9M4; P12</i>			
10-12		2.4	5,7
12,5-15		2.5	9,0
16-19	1.2	2,7	14,7
20-24	1.3	2,9	22,0
25-31	1.4	3,1	34,2
32-39	1.5	3,5	53,5
40-49	1,7	3,9	81,0
<i>Сталі P9Ф5; P9K10; P10K5Ф5; P14Ф4; P18Ф2</i>			
10-12	1.7	1,7	4,75
12,5-15	1,8	1,8	7,5
16-19	1,9	1,9	11,8
20-24	2,1	2,1	18,4
25-31	2,2	2,2	28,5
32-39	2,4	2,4	44,5
40—49	2,7	2,7	67,5

Примітка. Встановлювальна довжина прутка з швидкорізальної сталі має бути меншою, ніж у прутка з вуглецевої сталі.

При виготовленні інструменту прутки із швидкорізальної та вуглецевої сталей зварюють безперервним оплавленням з попереднім підігріванням при тривалості імпульсу струму підігрівання 0,08-0,2 с і тривалості перерв між ними 0,12-0,3 с (великі значення для прутків з діаметром 60-80 мм). Прутки із сталей Р6МЗК5, Р12 та інших з діаметром меншим, ніж 16 мм звичайно зварюють при малих припусках на оплавлення. Прутки із сталей з більш високою теплостійкістю зварюють при більш тривалих підігріванні та оплавленні (табл. 5.15).

З'єднання металевих стрічок виконується стиковим зварюванням безперервним оплавленням (табл. 5.16).

Таблиця 5.16

Орієнтовні параметри режимів стикового зварювання стрічок

Товщина стрічки, мм	Припуск на оплавлення $A_{опл}$ , мм	Припуск на осаджування $A_{ос}$ , мм	Тривалість осаджування під струмом $A_{осля}$ (В періодах) змін струму	Кінцева відстань між затискувачами $A_k$ , мм	Швидкість оплавлення (кінцева) $v_{опл.к.}$ мм / с
0,3	2	1,5	1-1,5	0,1	6
0,5	2,5	1,8	1,5-2	0,1	6
0,8	5	2,0	2-3	4	5,5
1,0	6	2,5	2-4	4	5,5
1,5	7	2,8	4-6	6	5,0
2,0	9	3,0	6-8	8	5,0

Примітка. Швидкість осаджування  $v_{ос}$  > 80 мм/с. Період змінного струму дорівнює 0,02 с.

При виборі параметрів режиму зварювання стрічок потрібно враховувати, що напруга холостого ходу зварювальної машини тим більша, чим більша площа поперечного перерізу заготовок. Щільність струму знижується з підвищенням товщини стрічки. Якщо ширина стрічки коливається від 200 до 2000 мм, то величини припусків  $A_{опл}$  та  $A_{ос}$  встановлюються однаковими, як для ширини 400 мм. Мінімальний припуск на оплавлення

$$A_{опл} = (0,4 - 2,5) \cdot 5.$$

Інші параметри зв'язані лінійною залежністю з товщиною стрічки 8.

Зварювання тонких стрічок (товщиною до 0,3 мм) потребує підвищеної точності налагодження положення електродів і примусового формування стиків. Надійне закріплення забезпечується використанням верхніх губок зі скосом або губок з різальними краями. Інколи ці стики зварюють на машинах постійного струму. Перед зварюванням кінці стрічки мають бути точно обрізані. Для отримання однакової встановлювальної довжини та паралельності торців смуги встановлюють за допомогою спеціального ножа, який розташовують симетрично до губок.



Таблиця 11.10

## Параметри режимів стикового зварювання стрічок із сталі 12Х18Н10Т

Переріз стрічок,	Встановлювальна довжина $2l$ , мм	Напруга холостого ходу $U_{20}$ , В	Припуск на оплавлення (середній) $A_{опл}$ , мм	Швидкість оплавлення (середня) $v_{опл.сер}$ мм / С	Припуск на осаджування $\Delta_{ос}$ , мм	Припуск на осаджування під струмом $l_{ос.с}$ , мм
(700-900) x 1,5	15	8-10	8	3,0-4,0	2	1
(700-900) x 5	38	10-12	18	2,5-3,5	5	3
(700-900) x 10	45	12-14	20	2,5-3,0	7	4

Примітка. Ґрат з етику усувається після зварювання ґратознімачем, який знаходиться окремо.

При зварюванні стрічок завтовшки 1,5-2 мм для скорочення тривалості оплавлення (на 20-30 %) і осаджування під струмом (до 2-3 періодів) рекомендується підвищувати напругу холостого ходу зварювальної машини в 2,5-3 рази. Параметри

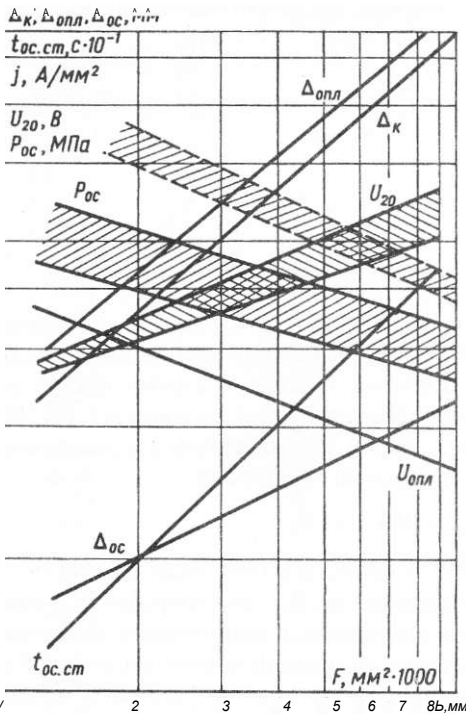


Рис. 5.6. Залежність параметрів режиму стикового зварювання штабів від площі їх перерізу  $P$  та товщини  $\delta$

режимів стикового зварювання стрічок із сталі 12Х18Н10Т наведені в табл. 5.17.

Якщо відрізання або встановлення стрічок в машині недостатньо точні, то збільшуються загальні витрати металу завдяки збільшенню припусків на оплавлення. При оплавленні стрічок різної ширини для усунення підплавлення електродів необхідно встановлювати обмежені величини припусків на оплавлення.

Для визначення основних параметрів режиму зварювання стрічок на автоматизованих машинах рекомендується використовувати спеціальні графічні залежності (рис. 5.6).

Стикове зварювання стрічок <sup>13</sup> сталей, які ґартуються, виконують з термічною обробкою стику,

При термообробці стиків в губках машини нагрівання

виконують відразу після зварювання. Для запобігання вигину стрічок забезпечується зворотний хід рухомого затискача.

Для рівномірного поширення струму підігріву рекомендується використовувати більш велику встановлювальну довжину з краю стрічок і застосування тиску, який повільно збільшується від центру до краю.

Нагрівання при термообробці може поєднуватися з пластичною деформацією металу стику.

Металеві листи, штаби та рейки можна зварювати також імпульсним оплавленням (табл. 5.18) і оплавленням з програмним регулюванням напруж та швидкості оплавлення (табл. 5.19).

Таблиця 5.18

**Орієнтовні параметри режимів стикового зварювання імпульсним оплавленням**

Тип виробу	Тривалість зварювання, с	В	2 2к. мкОм	Максимальна потужність, що споживається		Витрата електроенергії на стиск, кВггод	Припуск на оплавлення, мм	Припуск на осаджування, мм	Частота коливань, Гц	Амплітуда коливань, мм	V а, мм/с
				загальна, кВ-А	питома, кВА						
<b>Лист розмірами, мм:</b>											
5 = 12; В = 300	15	6,3	90	200	0,055	0,5	5	5	25	0,4	1,5
6 = 20; В = 300	35	6,3	90	230	0,04	1,55	7	7	25	0,4	0,9
6 = 20; В = 300	120	3,9	90	78	0,003	1,8	4	4	25	0,3	0,3
5 = 12; В = 100	40	7,8	70	450	0,038	3,3	8	8	25	0,4	1,5
<b>Обичайки діаметром</b>											
2000 мм, б = 20 мм	140	6,8	12	1000	0,01	2,7	12	13	35	0,4	0,4
<b>Штаби, мм х мм:</b>											
60 * 60	17	6,3	90	210	0,058	0,7	4	5	25	0,4	0,9
80 * 80	35	6,0	120	100	0,028	0,8	3	3	12	0,5	0,9
100 » 100	70	8,9	90	320	0,032	3,8	8	8	35	0,3	0,9
150 х 150	280	6,0	60	110	0,005	5,5	8	10	35	0,3	0,4
270 х 270	450	6,8	18	600	0,007	3,2	6	12	35	0,3	0,5
300 х 600	600	6,8	18	650	0,035	7,5	5	8	35	0,3	0,4
<b>Рейки Р50 і Р65 при перерізі, мм<sup>2</sup>:</b>											
6400	60	6,8	90	200	0,035	2,8	7	7	25	0,4	1,2
8400	60	8,9	90	250	0,03	2,9	7	8	25	0,4	1,2
6400	80	5,5	60	180	0,028	3,0	4	8	45	0,3	1,2
6400	120	5,5	90	100	0,016	2,0	10	9	6,8	0,3	0,9

Примітка. ( $U_{2n}$  - напруга холостого ходу зварювального трансформатора;  $I_{2n}$  - повний опір короткого замикання зварювальної машини;  $V_k$  - кінцева швидкість подачі деталі;  $\xi$  - товщина,  $B$  - ширина листа.

## Орієнтовні режими стикового зварювання безперервним оплавленням

Тип виробу (для штаби завширшки 200 -600 мм)	Тривалість зварюван- ня, с	Напруга (початкова) " " • в	Тривалість оплавлен- ня при високій напрузі, с	Напруга (низька) < / „ • в	Час зник- нення напруги, с	Тривалість оплавл- лення при низькій напрузі, с
<b>Профільний прокат</b>						
<b>завтовшки, мм:</b>						
10	60	6,0	6,0	6,0	-	-
12-14	80	7,0	30,0	4,0	20	20
16-22	120	7,0	40,0	4,0	30	40
22-28	140	7,0	40,0	4,0	30	60
30-40	150	7,0	50,0	4,5	40	50
45-50	170	7,0	60,0	5,0	40	60
50-70	240	7,5	80,0	5,5	50	100
<b>Квадрати, мм-</b>						
40 » 40	90	7,0	30	4,5	30	20
60 * 60	120	7,0	40	5,0	30	40
80 x 80	140	7,0	40	5,0	40	50
100 x 100	170	7,0	60	5,5	50	50
200 x 200	300	7,5	100	6,5	50	140
<b>Рейки, кг/ пог. м*.</b>						
38,43	100	7,0	40	3,8	15	35
50	120	7,0	50	4,0	25	35
65	150	7,0	60	4,5	30	50
75	170	7,0	70	4,8	40	50
<b>Прокатні валки</b>						
діаметром 130 мм (сталь 9Х)	200	8,0	60	5,0	-	128
<b>Колінчасті вали</b>						
діаметром 220 мм (сталь 34ХН1МТ)	600	8,0	250	6,5	-	335

\* Кілограм па погонний метр.

Примітки: 1. Сумарна встановлювальна довжина дорівнює 170 мм для всіх виробів 100-120 мм. 2. Вироби товщиною більш 40 мм мають скоси під кутом 5-7 ° з двох боків. Косина 3. Режими зварювання наведені для машин, які мають опір короткого замикання з максимальним поперечним перерізом.

Таблиця 11.10

## і програмним регулюванням напруги та швидкості оплавлення

Напруга (кінцева) И, В	Час підвищення швидкості, с	Тривалість оплавлення на підвищеній швидкості, с	Швидкість оплавлення (кінцева), мм/с	Середня потужність, що споживається, кВА	Витрата електроенергії на один стик, кВтгод	Припуск на осадження, мм	Припуск на оплавлення, мм
6,0	6,0	1,5	1,5	50	0,4	6,0	18
4,8	6,0	1,5	1,5	100	2,15	7,0	25
4,8	6,0	1,5	1,5	115	3,75	8,0	28
5,5	7,0	2,0	1,2	150	6,8	9,0	30
5,5	7,0	2,0	1,2	200	7,0	10,0	32
5,8	8,0	2,0	0,9	270	12,0	1,0	34
6,5	9,0	2,0	0,9	420	25,0	12,0	38
6,0	6,0	1,5	1,5	15	0,35	8,0	28
6,0	8,0	2,0	1,5	35-40	1,15	9,0	30
6,0	8,0	2,0	1,5	60-65	2,20	10,0	32
7,0	9,0	2,0	0,8	75-80	3,3	13,0	35
7,0	9,0	3,0	0,8	280	21,0	15,0	45
4,5	7,0	2,0	0,9	55	1,5	9,0	26
5,0	7,0	2,0	0,9	65	1,8	10,0	30
5,8	7,0	2,0	0,9	70	2,6	12,0	32
5,8	7,0	2,0	0,9	80	2,8	12,0	36
8,0	8,0	2,0	1,2	200	.	13,0	45
8,0	10,0	2,0	0,9	300	.	13,0	45

з товщиною стінки більше 20 мм і рейок. Для зварювання виробів завтовшки 10-18 мм відповідно торців рейок не перевищує 3 мм. При менших товщинах скоси кромок не застосовуються. 22м = 50-60 мкОм 4. Середнє значення потужності і витрати електроенергії наведені для виробів

Машини для зварювання стрічок повинні мати односторонній струмопідвід і плоскі електроди.

При розташуванні зварювального трансформатора знизу машини забезпечується більш рівномірне нагрівання металу стику.

Після зварювання стрічок товщиною 1-6 мм і шириною до 500 мм їх стики з ґратом зачищають дворізовими консольними ґратозрізувачами (з верхнім регульованим різцем), які вмонтовані в машину.

Стики на стрічках з алюмінієвих сплавів обробляються сталевими жароміцними вставками, які містяться в електродах. На легованих сталях ґрат усувається шліфуванням.

Труби залежно від величини діаметрів та товщини стінки зварюються безперервним оплавленням, оплавленням з попереднім підігріванням і оплавленням за визначеною програмою.

Процес зварювання тонкостінних труб починають при невеликій швидкості оплавлення, а закінчують при швидкостях 5-10 мм/с. Необхідно різко підвищувати швидкість оплавлення перед осаджуванням, щоб забезпечити формування рівномірного шару розплаву на торцевих поверхнях деталей (табл. 5.20),

Таблиця 5.20

**Параметри режимів зварювання труб із маловуглецевих сталей безперервним оплавленням**

Розмір труб, мм	Встановлювальна довжина $2l$ , мм	Напруга холостого ходу $U_{XX}$ , В	Припуски, мм		
			на оплавлення	на осаджуванням	на осаджування під струмом
83 × 5	70	6,5-6,8	10-12	4	2
83 × 4	70	6,5	10-12	2	3
76 × 6	70	6,8-7,2	10-12	4	1,5
60 × 6	70	6,5-6,8	10-12	4	2
60 × 5	70	5-5,5	10-12	2	4
60 × 3	70	6-6,5	9-10	2	2,5
38 × 4,5	60	6-6,5	8-10	3	1
32 × 5,5	60	6-6,2	10-12	3	1
32 × 4	60	5-5,4	8-9	2	2
32 × 3	60	5-5,5	8-9	2	2

Примітка. Місцеве зміщення країв не перевищує 25 % товщини стінки.

Товстостінні труби великого діаметра зварюють з підігріванням. Орієнтовні режими стикового зварювання труб великого перерізу зі стінками завтовшки 12-50 мм з маловуглецевої сталі наведені у табл. 5.21.

Труби великого діаметра 1020-1420 мм зварюють з програмуванням вторинної напруги і швидкості оплавлення.

Основні параметри режиму зварювання труб із перерізом до 1200 см можуть бути визначені за спеціальною номограмою (рис. 5.7).

Швидкість переміщення при оплавленні, яке вже встановилося, та тривалість зварювання визначаються також величиною перерізу труби за цією ж

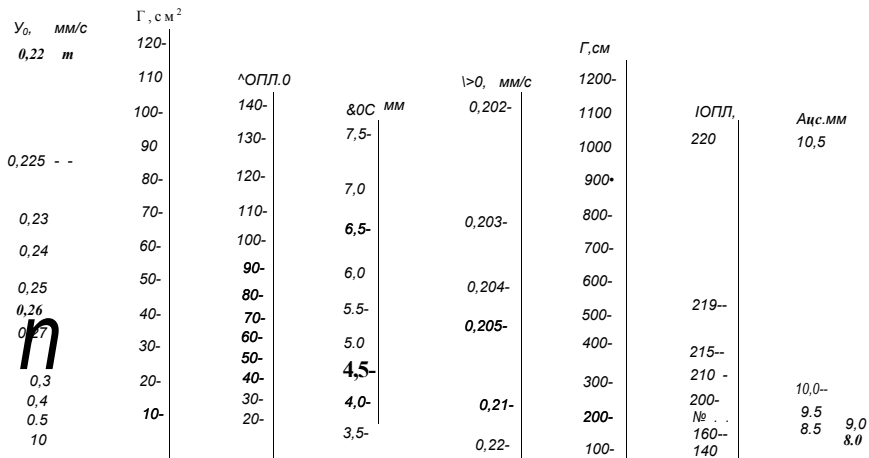


Рис. 5.7. Номограма для вибору режиму стикового зварювання труб

номограмою. Для цього відмітку на шкалі площі перерізу ( $G^T$ ) труби, яку зварюють, зносять на шкали швидкості переміщення і тривалості зварювання, де визначають величини швидкості ( $U_0$ ) і тривалості оплавлення ( $t_{опл}$ ).

Таблиця 5.21

### Орієнтовні параметри режимів стикового зварювання труб великого перерізу із маловуглецевої сталі

Переріз труби, мм	Встановлювальна довжина ст, мм	Напруга холостого ходу В	Загальна тривалість підігрівання, с	Тривалість імпульсу підігрівання, с	Припуск на опалення А опл, мм	Швидкість опалення (середня), мм / с	Припуск на осадження А ос, мм	Припуск на осадження під струмом А ос ст, мм
4000	240	6,5	60	5,0	15	1,8	9	6
10000	340	7.4	240	5,5	20	1,2	12	8
16000	380	8.5	420	6,0	22	0,8	14	10
20000	420	9,3	540	6,0	23	0,6	15	12
32000	440	10,4	720	8,0	26	0,5	16	12

При стиковому зварюванні кільцевих деталей використовується більш потужне зварювальне обладнання у зв'язку з шунтуванням частини струму через тіло виробу і підвищенням опором деформації деталі.

Зменшують струм шунтування одягненням розніжного осердя на кільце, яке зварюють, для підвищення опору ланцюга шунтування. Деформацію полегшують підігріванням кільця перед зварюванням зовні чи в губках зварювальної машини (при розімкнутих торцях).

Орієнтовні параметри режимів зварювання профільних кілець із сталі 12X18N10T наведені у табл. 5.22.

Таблиця 5.22

**Орієнтовні параметри режимів стикового зварювання профільних кілець  
із сталі 12X18H10T**

Переріз, мм	Встановлювальна довжина $2l_1$ , мм	Напруга холостого ходу В	Загальна тривалість підігрівання, с	Тривалість одного імпульсу підігрівання, с	Припуск на оплавлення А осц, мм	Швидкість оплавлення (кінцева), мм/с	Тривалість оплавлення, с	Припуск на осаджування Д ос, мм	Припуск на осаджування під струмом Д ос.ст, мм
875	70	7,5-8,0	30	5	16-18	3,5	35	8	6
1500	90	8,4-9,0	50	5	24-26	3,5	50	11	8
3215	120	9,0-9,5	70	6	34-36	3,5	75	15	11

Примітка. **Технологія** виготовлення кілець вміщує вальцювання заготовок, травлення, підняття кінців, зварювання, усунення ґрату та підсилення, правку та контроль якості.

Режими зварювання рейок і заготовок із різноманітних металів наведені у табл. 5.23, 5.24.

Таблиця 5.23

**Орієнтовні параметри режимів зварювання рейок оплавленням  
з попереднім підігріванням**

Тип рейки	Встановлювальна довжина $2l_1$ , мм	Напруга холостого ходу ( $U_{гн}$ ), В	Тривалість підігрівання, с	Тривалість одного імпульсу підігрівання, с	Припуск на оплавлення А осц > мм	Швидкість оплавлення (середня), мм/с	Припуск на осаджування Д ос, мм	Припуск на осаджування під струмом А ос.ст, мм
P-43	90-100	8,4-9	180	5,0	18	1,0	9	5
P-50	110-120	9,0-9,5	240	5,5	20	1,0	10	6
P-65	140-160	9,5-10	300	6,0	20-23	0,8	12	8

Примітка. Наведені режими для стаціонарних зварювальних машин.

Таблиця 5.24

**Орієнтовні параметри режимів стикового зварювання заготовок  
великого перерізу імпульсним оплавленням**

Параметри	Метал заготовки		
	АМгб	ХН38ВТ	ВЖ101
Переріз, мм <sup>2</sup>	12000	1400	2000
Напруга холостого ходу В:			
максимальна	13,2	5,0	6,8
мінімальна	8,0	4,3	5,0
Припуск на оплавлення Д ос <sup>тм</sup> , мм	45	4	5
Частота коливань, Гц	3,5	4-8	4-8
Амплітуда коливань, мм	0,3	0,8-1	0,8-1
Швидкість коливань, мм/с	13,0	3,8	4,0
Швидкість осаджування, мм/с	45	16	20
Тривалість зварювання, с	120	28	55
Потужність, що споживається, кВ·А	200	200	220

Таблиця 11.10

**Орієнтовні параметри режиму стикового, ударно-дугового  
зварювання дротів**

Метал дротів	Ємність конденсаторів, мкФ	Напруга зарядки конденсаторів, В	Опір розрядної мережі, Ом	Зусилля осаджування, даН	Енергія, що накопичується, Дж
<i>Дроти Ø 0,5 мм</i>					
Срібло + срібло	100	450	0,5	0,17	10
Срібло + мідь	100	550	1,0	0,17	15
Мідь + мідь	100	450	0,5	0,17	10
Мідь + нікель	100	500	0,5	0,35	12,5
Мідь + ковар	120	550	0,5	0,17	18,2
Мідь + сталь низьковуглецева	120	500	1,5	0,35	15
Мідь + молібден	120	1000	1,0	0,17	60
Срібло + нікель	100	500	1,0	0,17	12,5
Срібло + ковар	120	550	2,0	0,17	18,2
Нікель + нікель	180	700	1,0	0,35	44,2
<i>Дроти Ø 1,0 мм</i>					
Срібло + срібло	180	750	0,57	1,05	50,4
Срібло + мідь	180-220	900-860	1,5-0,6	0,17	72
Мідь + мідь	200-280	1100	0,5	2,1	170
Мідь + нікель	200-380	1200	1,0-1,8	1,75	144
Мідь + ковар	250-380	1300-1200	1,0	1,75	210
Мідь + сталь низьковуглецева	200—480	1200-900	1,5	2,1	
Мідь + молібден	480	1350	3,5	2,1	
Срібло + нікель	200-260	1000-900	1,5-0,9	1,05	81
Срібло + ковар	220-300	1100-1000	2,5-1,5	1,05	110
Нікель + молібден	480	1500-1400	1,5-2,5	2,1	392
Молібден + молібден	500	1500	0,5	1,75	563

Стикове контактне зварювання успішно використовується також для з'єднання стиків дротів із перерізом від 0,008 до 3,2 мм<sup>2</sup> та таврових з'єднань тонких дротів із плоскими деталями з однорідних або різнорідних пар металів і сплавів у приладобудуванні, радіотехніці, електроніці і т. ін.

Стикове мікрозварювання відрізняється за видом джерела живлення - конденсаторне (енергія накопичується у конденсаторах) та акумульоване (енергія накопичується у магнітному колі) та за станом металу в зоні зварювання — без розплавлення чи з безперервним оплавленням деталей, в тому числі



дуговим або іскровим розрядами конденсаторів з ударним та безударним осаджуванням.

Головними параметрами режиму стикового мікрозварювання є ємність конденсаторів, напруга зарядки конденсаторів, опір мережі розрядження конденсаторів, коефіцієнт трансформації зварювального трансформатора, зусилля осаджування деталей у кінцевій фазі зварювання, встановлювальна довжина деталей, кількість енергії, що накопичується для зварювання, та швидкість переміщення зварювальної голівки.

Деякі орієнтовні параметри режимів стикового мікрозварювання наведені у табл. 5.25-5.29.

Таблиця 5.26

**Орієнтовні параметри режиму стикового мікрозварювання опором дротів із алюмінію і латуні**

Метал дротів	Діаметр дротів, мм	Загальна встановлювальна довжина $l + l_1$ , мм	Ступінь трансформатора	Зусилля осаджування, даН
Латунь Л63	0,6			6,0
Алюміній А1	0,58			0,6

Таблиця 5.27

**Орієнтовні параметри режиму стикового мікрозварювання дротів із сталі 10X18N10T опором та оплавленням**

Діаметр дротів, мм	Напруга заряду конденсаторів, В	Ємність конденсаторів, мкФ	Зусилля осаджування, даН	Коефіцієнт трансформації	Діаметр частини, що видавлюється із стику під час зварювання
<i>Зварювання опором</i>					
0,52 + 0,52	330	300	1,5	75	1,05-1,2
0,52 + 0,52	400	150	2,3	75	-
<i>Зварювання оплавленням</i>					
0,3 + 0,3	300	150	1,2	-	-
0,4 + 0,4	360	200	1,3	-	-
0,52 + 0,52	570	100	1,5	-	0,55-0,85

Після зварювання усувають грат та посилення, виконують правку та нагрівання деталей з метою покращення структурного стану металу.

Грат усувається при зварюванні прямих труб продуванням їх внутрішньої порожнини газовими сумішами або обмежується спеціальними внутрішніми знімними вставками або вставками, які залишаються після зварювання в трубі у вигляді кілець. У трубах з легованих сталей грат усувають протяжками і дорнами з різальними кромками (рис. 5.8).

Таблиця 10.11

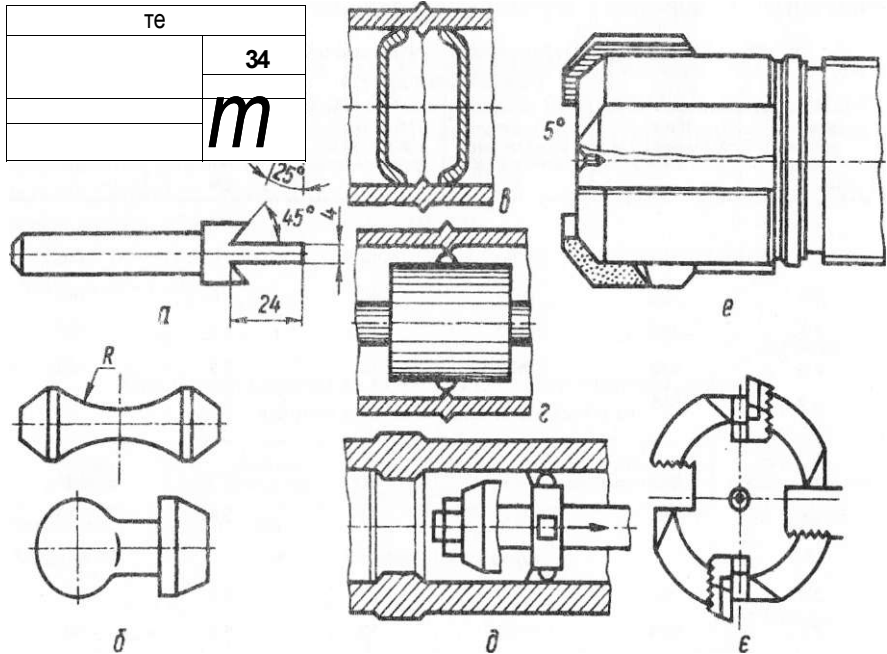
**Орієнтовні параметри режиму стикового, ударно-іскрового  
зварювання дротів**

Діаметр дротів, мм	Ємність конденсаторів, мкФ	Напруга зарядки конденсаторів, В	Відстань між деталями, що зварюють, мм	Встановлювальна довжина, мм	Зусилля осаджування, даН
<i>Мідь М1</i>					
1,6	256	900	14	3,5	140
2,0	380	1000	15	3,0	140
2,8	380	1400	16	3,0	150
3,0	440	1500	16	3,5	160
3,2	550	1500	14	3,5	180
<i>Алюміній А1</i>					
2,8	250	1400	9	3,5	160
3,5	550	1500	14	3,0	170
<i>Алюміній А1 + мідь М1</i>					
2,5	256	1100	14	3,5	150
3,5	550	1500	12	4,0	160
5,0	1000	1500	14	4,0	175
<i>Сплав магнію МА8</i>					
4.1	1000	980	10	4,0	195

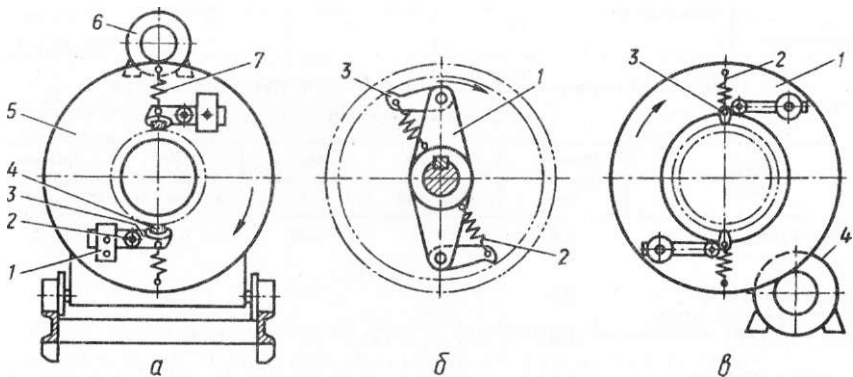
Таблиця 5.29

**Орієнтовні параметри режиму стикового, ударно-дугового  
зварювання дротів**

Метал дротів	Діаметр дротів, мм	Ємність конденсаторів, мкФ	Напруга зарядки, В	Опір розрядної мережі, Ом	Зусилля осаджування, даН
Ніхром + мідь посріблена	0,8 0,8	500	540	3,0	0,5
Ніхром з оксидним покриттям + мідь посріблена	0,6 0,8	500	540	3,0	0,5
Платиніт з оксидним покриттям + мідь М1	0,4 0,59	320	280	2,0	4,8
Платиніт + нікель	0,4 0,64	370	320	2,0	4,0
Хромель + копель	0,7 0,7	350	350	1,5	2.5



**Рис. 5.8.** Дорни (а), снаряд (б) для вилучення ґрату всередині труби; вставка (в, г) для збирання ґрату; головки для зачистки (д, е, е)



**Рис. 5.9.** Пристрої для зняття ґрату:  
 а - схема зачисної машини (1 - противага; 2 - вісь; 3 - важіль; 4 - абразивний інструмент; 5 - ротор; б - електродвигун; 7- пружина); б - схема центробіжного механізму для зняття внутрішнього ґрату (1 - водило; 2- пружина; 3 - бійки); в - схема механізму для зняття зовнішнього ґрату (1 - водило; 2- пружина; 3 - бійки; 4 - електродвигун)

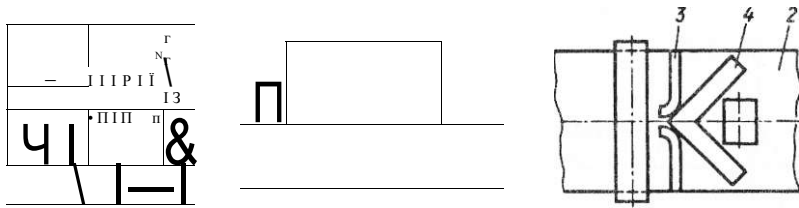


Рис. 5.10. Схема зняття ґрату після зварювання штабів (смуг):  
 а - багаторізецевими головками; б - скісними ножами (1 - головка різцева;  
 2 - смуга (штаб); 3 - ґрат; 4 - ніж)

Протяжку з ножами вставляють у трубу на відстані 150-200 мм за стиком, а дорни — на відстані 100 мм. При зварюванні фланців дорн може знаходитися зовні труби. Для зачистки зігнутих труб застосовуються також пневматичні снаряди.

Інкони зовнішній фат може бути знятим зусиллям осаджування після звільнення рухомого затискача при використанні ножових ґратознімачів. Ножі звичайно закріплюють у вкладинах рухомої колони зварювальної машини.

ґрат та підсилення можуть зрізатися і багаторізецевими головками, спеціальними ножами, бойками або шліфуванням абразивним інструментом (рис. 5.9, 5.10).

Підготовка поверхонь труб для забезпечення надійного контакту труба-електроди башмаки виконується на спеціальних приладах.

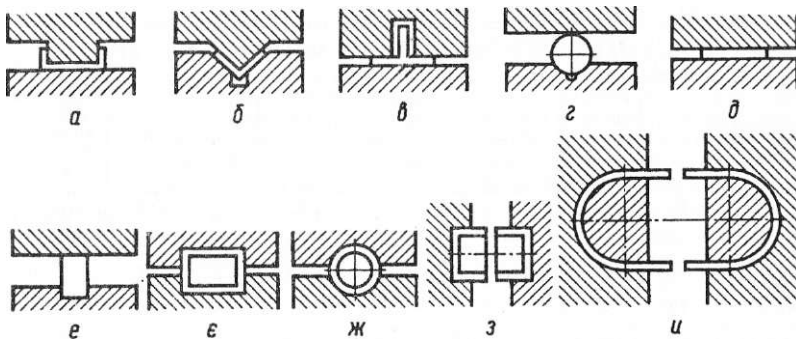
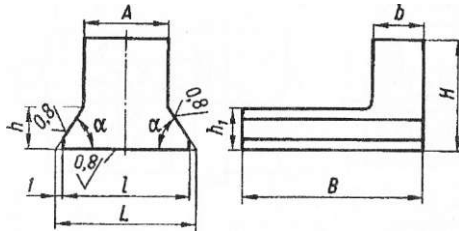


Рис. 5.11. Перерізи електродів машин для стикового зварювання:  
 а - швелерів; б - кутників; в - таврів; з— стрижнів; д- штабів; е, е - брусків;  
 ж - труб; з, и - деталей із складною формою поверхонь



**Рис. 5.12.** Форма електродів (заготовка) для стикового зварювання зі зменшеною робочою поверхнею (розроблені Запорізьким ГІКТ1 Автопромзварювання. Галузева нормаль ОН 37.0786-70)

робочих поверхонь електродів при зварюванні без упорів має бути не меншою 2,5 8 (5 - товщина штабів). Мінімальну величину робочої площини контакту електрод-деталь визначають згідно з допустимими значеннями тиску; для міді - 2 даН / мм<sup>2</sup>, для бронзи - 4 даН / мм<sup>2</sup>. Температура в контакті електрод-деталь не має перевершувати 250-300 °С, а щільність струму - 7-10 А/мм<sup>2</sup>.

Форма робочої поверхні електродів звичайно відповідає формі зовнішньої поверхні деталей, що зварюють (рис. 5.11).

Розміри та форма заготовок під електроди стикових машин, що пропонує Запорізький ПКТІ Автопромзварювання, наведені у табл. 5.30 та на рис. 5.12.

Таблиця 5.30

**Розміри, мм, електродів (заготовка) для стикового зварювання зі зменшеною робочою поверхнею (ОН 37. 0786-70)**

Позначення електродів	Є	l	A	B	ь	н	й	л,	Граничне відхилення а, і 6	Маса, кг
0820-9091	55	53	45	70	20	30	12	28	70°	0,700
0820-9092	55	53	45	70	20	40	12	28	70°	0,780
0820-9093	75	73	50	60	20	50	16	28	70°	0,900
0820-9094	75	73	50	70	20	50	16	28	70°	1,035
0820-9095	125	123	80	60	25	110	28	40	60°	2,055
0820-9096	125	123	80	75	20	110	28	40	60°	3,440
0820-9097	125	123	80	75	25	110	28	40	60°	3,690
0820-9098	125	123	80	75	32	110	28	40	60°	3,180
0820-9099	125	123	80	75	50	110	28	40	60°	4,590

## 6. ДЕФЕКТИ З'ЄДНАНЬ ПРИ СТИКОВОМУ ЗВАРЮВАННІ

При стиковому зварюванні опором найчастіше не вдається добитися повного усунення окислів із стиків. Тому міцнісні характеристики зварних з'єднань є нижчими порівняно з основним металом.

Оптимальні умови стикового зварювання оплавленням забезпечують в стикі показники міцності і пластичності, близькі до основного металу.

Виникнення будь-яких дефектів в стиках зв'язані з відхиленням в умовах їх формування.

Основними дефектами є непровари, пухкості, викривлення волокон, розшарування, а також небажані зміни структури (табл. 6.1).

*Таблиця 6. /*

**Найбільш розповсюджені види дефектів, причини їх виникнення  
і способи визначення при стиковому зварюванні**

Вид дефекту	Зовнішні ознаки і способи визначення дефектів	Причини виникнення дефектів
Непровари, матові плями, надриви	Недостатня пластична деформація. Немає загальних зерен на частині стикі. Немає зовнішніх ознак. Зовнішній огляд, злом	Окислення металу в зв'язку з відхиленням в швидкостях оплавлення і осаджуванням, в струмовому режимі при оплавленні; вимикання струму до початку осаджування; малий припуск на оплавлення; мала тривалість осаджування під струмом
Перегрів, перепалення, підплавлення країв зерен	Надзвичайно велика зона термічного впливу. Поперечні тріщини у металі, що витиснуто. Тріщини, завелике зерно, раковини. Зовнішній огляд; металографічні дослідження; злом	Великі припуски на оплавлення. Недостатня швидкість оплавлення. Малий припуск на осаджування. Надмірне нагрівання при зменшенні швидкості осаджування; збільшено тривалість осаджування під струмом
Підгар поверхонь деталі	Окислення або підплавлення поверхонь деталей у контакті з губками. Раковини і тріщини в місцях підгару. Зовнішній огляд	Недостатня величина робочої поверхні електродів. Надмірний знос губок та порушення їх форми або розмірів деталі. Недостатнє зусилля затиску деталей у губках. Низька тепло- і електропровідність металу губок. Бруд на деталях або електродах
Тріщини	Тріщини. Огляд у лупу: з травленням чи без травлення	Велика тривалість осаджування під струмом. Відбувається пружне деформування деталей затискачів та механізмів осаджування і відхід плити назад з затисненими деталями

*Продовження табл. б. 1*

Вид дефекту	Зовнішні ознаки і способи визначення дефектів	Причини виникнення дефектів
Розшарування	Надмірне скривлення. Злом, металографічні дослідження	Ліквіація і розшарування металу деталей
Зміщення торців	Відхилення від встановлених допусків. Зовнішній огляд. Металографічні дослідження	Викривлення кінців деталей - недостатня жорсткість затискачів і плит машини, "люфти" в напрямних. Перекіс, хибне скріплення електродів, знос електродів. Мале зусилля затискування деталей. Деформація деталей під час затискування. Завищення встановленої довжини деталей
Відхилення у розмірах	Підвищення допусків на довжину і діаметр деталей	Відхилення: тривалості підігрівання, величини припусків на осаджування, напруги холостого ходу машини

## 7. КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ КОНТАКТНОГО ЗВАРЮВАННЯ

Якість з'єднань, що виконуються точковим, рельєфним, шовним та стиковим зварюванням, залежить, головним чином, від стабільності таких факторів, як коливання напруги мережі живлення, параметрів режиму зварювання, надійності роботи обладнання, знос робочих поверхонь та відсутність співвісності електродів, шунтування струму, коливання товщини деталей, зміщення кромки стиків, чистота поверхонь електродів і деталей у місці зварювання, завищені розміри зазорів між деталями і т. ін. У зв'язку з тим, що формування з'єднання відбувається у недосяжній для нагляду зварювальника зоні, якість з'єднань оцінюється часто за сукупністю діючих факторів. До них відносять силу зварювального струму у вторинному контурі машини, електричний опір, зони зварювання між електродами, падіння напруги між електродами і т. ін.

Наприклад, зварювальний струм (його амплітудне або діюче значення) вимірюється магнітно-електричними або катодними осцилографами з датчиком Холла типу ПХ602, спеціальними приладами типу АСУ-ІМ, ІТ-02, ІТ-03, які укомплектовані тороїдальними датчиками. Для безперервного слідкування за зварювальним струмом використовують прилади типу КАСТ-2М, КАСТ-ІМ, ІСТ-1 (для машин шовного зварювання), СТ-67 та ін. Тривалість стуму визначають приладами типу ІВ-01, СИ-2 та ін.

Зусилля на електродах може вимірюватися динамометрами ПД-50, ПД-100, ПД-500 та ін. Для контролю і документальної фіксації технологічних параметрів стикового зварювання використовують багатоканальні самописні прилади типу Н327, Н338.

Активний опір деталей, а також вторинного контуру зварювальних машин визначають мікроомметрами типу Ф-415 або М-246 і РСХ-1.

Робочу поверхню електродів для точкового, рельєфного і шовного зварювання контролюють спеціальними шаблонами, у стикових машинах - калібрами.

У процесі зварювання робітник-зварник контролює якість виробів візуально.

Цим методом виявляють виплески, пропали, зовнішні тріщини, розриви та роздавлені краї, частково оплавлені поверхні, кількість та місце розташування точок і швів, розміри зони термічного впливу; вихід литого металу на поверхню деталі, перехід металу електродів на поверхні деталей і навпаки;



завеликі зазори між деталями, нерівномірність потовщення та ґрату навколо стиків і т. ін.

Контроль якості зварних з'єднань виконують також (в автоматизованому та роботизованому виробництвах) за так званими узагальненими параметрами. Для точкового, рельєфного і шовного зварювання такими параметрами є теплове розширення металу в зоні зварювання, що спричинює переміщення рухомої частини машини (дилатометричний ефект), теплове та акустичне випромінювання із зони зварювання або змінення інтенсивності ультразвукових коливань, які пронизують метал деталей від одного електрода до іншого.

При стиковому зварюванні як узагальнюючі параметри використовують частоту пульсацій струму у первинній мережі живлення зварювального трансформатора під час руйнування рідких перемичок у процесі оплавлення, температуру деталей у місці зварювання пірометрами типу "ОПИР-С" чи інтенсивність світлового або теплового випромінювання від металу зварюваних деталей і т. ін. Особливо ефективно реалізуються ці види контролю в автоматичних системах керування на базі мікроЕОМ при наявності оберненого зв'язку, коли є можливість коректувати в процесі зварювання параметри режиму за результатами їх оперативного вимірювання спеціальними пристроями. До таких пристроїв чи апаратів, наприклад, відносять пристрої на базі мікропроцесорів - регулятори типу РКМ та РВС (завод "Злектрик", м. С.-Петербург), які під час зварювання в автоматичному режимі забезпечують потрібну величину коефіцієнта потужності, навантаження та компенсацію впливу потужності навантаження на струм зварювання, задають величину зварювального струму в процентах від повнофазного тощо.

З метою стабілізації головних параметрів режиму зварювання розроблені мікропроцесорні контролери типу ККС-01, котрі в процесі зварювання здійснюють: керування тиристорними контакторами зміною величини кута вмикання тиристорів - завдяки вимірюванню діючого значення зварювального струму у кожному його періоді, автоматичне налагодження значення коефіцієнта потужності та омичного опору зварювального контуру машини, оперативний контроль стану обладнання та компенсацію зносу електродів послідовним підвищенням зварювального струму через певну кількість точок.

Для підвищення якості продукції, модернізації, налагодження і незалежного вимірювання головних параметрів режиму (струм зварювання, зусилля стиснення деталей, тривалості операцій і т. ін.) розроблені електронні реєстратори технологічних процесів типу Р-3704 та багатофункціональні вимірювачі параметрів машин контактного зварювання типу МИКС (розробка м. С.-Петербург, фірма "Компанія по автоматизации сварки").

Ці апарати мають можливість виконувати функції не тільки засобів контролю під час доробки технології зварювання, а також для 100 %-го оперативного контролю зварювання. Готові вироби контролюються з руйнуван-

ням і без руйнування зварних з'єднань. При цьому рівень якості або працездатність оцінюється якісно або кількісно.

При неруйнівному контролі застосовують фізичні методи: радіаційний, ультразвуковий і електромагнітний. Зовнішній огляд, контроль на герметичність і опір з'єднань певним навантаженням відносять також до неруйнівного контролю.

Радіаційний контроль (ГОСТ 7512-82, ГОСТ 23055-81) базується на зміні інтенсивності проходження іонізуючого випромінювання крізь середовище з різною щільністю. Ним ефективно виявляються тріщини, раковини, накопичення оксидів, пори, виплески та інші подібні дефекти.

Непровари у зварних з'єднаннях, в яких відсутні несучільності, цим способом виявляються тільки при наявності на поверхні деталей рентгеноконтрастних матеріалів.

Фіксація дефектів при радіографічному контролі виконується за допомогою спеціальної плівки або фотопаперу. Підвищується продуктивність контролю використанням рентгеновідиконів разом з дистанційним телевізійним екраном. Швидкість контролю при цьому збільшується у 10 разів порівняно з радіографією. Ще більш перспективним є радіометричний скануючий контроль і ксерорадіографія. Поряд із рентгенівським контролем для виявлення дефектів зварних з'єднань використовується і гамма-скопія. Схеми просвічування встановлюють залежно від конструкції вузла, товщини та фізичних властивостей металу деталей.

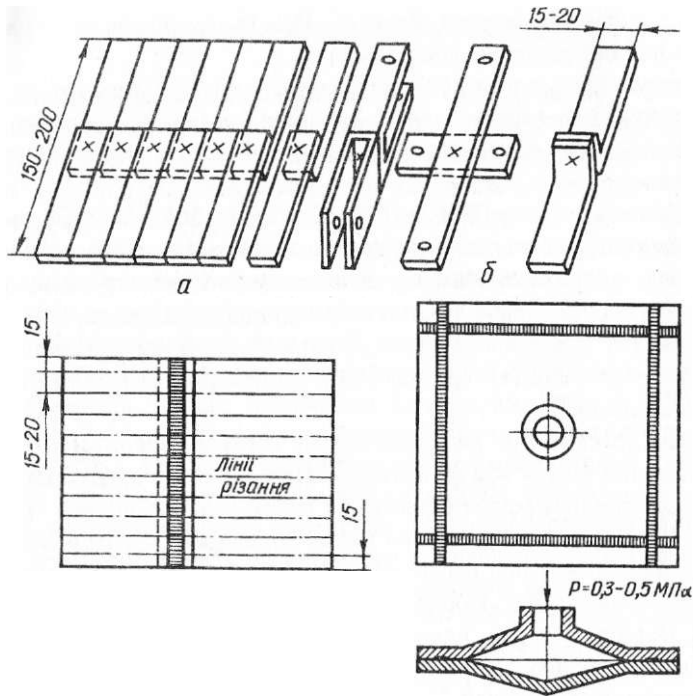
Обладнанням для цього способу є кабельна апаратура типу РУП-150/300-10, моноблочні переносні апарати типу РУП-200-5-2, малогабаритні імпульсні апарати типу "МИРА" і "НОРА", гамма-дефектоскопи типу "ГАММАРИД", "Стапель" або "Тракт", а також радіаційні інтроскопи типу "ГІТУ" та "Дефектоскоп".

Ультразвуковий контроль (УЗК) (ГОСТ 14782-86) ґрунтується на властивості ультразвукових коливань розповсюджуватися у матеріалах у вигляді напрямлених хвиль, які відбиваються від ділянок різної густоти.

Сучасні ультразвукові дефектоскопи працюють при частоті розповсюдження пружних хвиль від 0,2 до 2,5 МГц і можуть знаходити дефекти розмірами до 10 мкм.

Спосіб дає можливість визначити присутність у зварних з'єднаннях раковин, тріщин, пор, виплесків і скупчень неметалевих (оксидних) включень. Непровари (при відсутності загальних зерен) і тонкі поверхневі оксиди УЗК виявити важко.

Перспективним є контроль зварних точок та швів ультразвуком, коли п'єзоелектричні випромінювачі і приймачі встановлюють у водоохолоджувальних каналах верхнього та нижнього електродів точкової машини.



**Рис. 7.1.** Зразки для механічних випробувань:  
 а - на зріз; б - схема вирізання зразків;  
 в - на відрив, г — для пневматичних  
 випробувань після шовного зварювання

Для УЗК використовуються дефектоскопи типу ДУК-66П, УД-10УА та інші; для контролю рейок-типу УД-11УР.

Електромагнітним методом, який ґрунтується на змінюванні локальної електропровідності в зоні зварювання, контролюються точкові з'єднання. При відсутності литого ядра електропровідність металу найбільша; з підвищенням розмірів ядра до номінального значення електропровідність знижується на 12-15 %.

Вихороструминний метод використовує особливості розповсюдження вихорів змінних полів, які фіксуються за допомогою суспензій, магнітної плівки за товщиною і на поверхні деталей.

Для визначення діаметра зварних точок використовуються дефектоскопи типу ДСТ-5РПИ; тріщини завширшки до 0,001 мм і завглибшки до 0,1 мм в зварних стиках виявляються дефектоскопами типу ПМД-70 та МД-50П; зварні

**Рис. 7.2. Технологічні проби:**

*a, б*- руйнування окремих точок; *в* - відрив; *г*- скручування; *д* - руйнування швів;  
1 - відстань між центрами сусідніх точок; *l* - вилка, 2 - зубило; 3 - ключ спеціальний;  
4 - губки лещат; 5 - шов

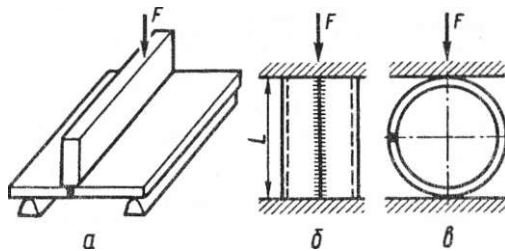
стики трубопроводів контролюють магнітографічними дефектоскопами типу МД-9, МГКта ін.

Контроль з руйнуванням (ГОСТ 6996-66, ГОСТ 3242-79) виконується за технологічними зразками (зразками-свідками), а також на окремих реальних зварних конструкціях.

Заготовки різьяться на стандартні зразки (рис. 7.1) із матеріалу однакової товщини і хімічного складу, що й сам виріб. Потім їх зварюють в робочих режимах.

При якісних випробуваннях пластини затискуються в лещатах і руйнуються зубилом або у спеціальному пристрої зі скручуванням однієї з заготовок (рис. 7.2, 7.3).

Показником якості при цьому є руйнування з вири-



**Рис. 7.3.** Схеми випробувань технологічних проб після зварювання:

*a* - вигин статичний вздовж та поперек швів;  
*б, в* - випробування зразків зварних труб;  
*P* - зусилля випробувань; *L* - довжина  
чи діаметр зразків

вом точки і виникненням отвору в одній із пластин (при її товщині до 2 мм) або з виникненням вириву завглибшки не менше 30 % від товщини деталі (якщо її товщина білі чіа, ніж 2 мм).

Випробування скручуванням зразків з тонкого металу виявляють діаметр точки, дефекти у вигляді виплесків, раковин та тріщин. Зварні з'єднання можуть підлягати видавлюванню або випробуванням наповненням порожнини стиснутим повітрям із занурюванням виробів у воду, вакуумуванням або гідравлічними методами (див. рис. 7.1).

Кількісні показники міцності точкових, рельєфних, шовних з'єднань визначаються випробуваннями спеціальних зразків на розрив, зрізання, при циклічних знакозмінних навантаженнях тощо.

Величину кута та зусилля зрізання точкових з'єднань визначають на хрестоподібних зразках за допомогою спеціальних стендів.

Герметичність — щільність з'єднань - перевіряють також гасом. Для цього на один бік шва наносять крейдовий розчин. Після просушування на протилежний бік виробу наносять гас. Якщо шов негерметичний, на його крейдовому боці з'являються жирні плями.

Наявність внутрішніх дефектів в стику вивчають за зломами візуально, крізь лупу, або за допомогою металографічних мікроскопів. Отримані зломи порівнюють з еталонами. Макро- та мікроструктурні дослідження контрольних зразків виконують для визначення розмірів литої зони, глибини проплавлення та вм'ятин від електродів, а також для виявлення структури металу точок та зони термічного впливу.

## 8. МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ЕЛЕКТРОДІВ

У зв'язку із специфічними умовами експлуатації електродів (високі температурні та силові навантаження, що мають циклічний характер в контактах електрод-деталь, динамічне прикладання зусилля до електродів, хімічна взаємодія металу електродів з металом виробу і т. д.), матеріали для їх виготовлення повинні мати достатні тепло- та електропровідність, жароміцність, гарячу твердість, а також незначну схильність до хімічної взаємодії (масопереносу).

Цим вимогам більшою мірою відповідають сплави на основі міді, характеристики яких наведені нижче.

Умовно електродні сплави (табл. 8.1) підрозділяються на такі групи: що мають середні значення твердості та електропровідності (Бр.Х, Бр.ХКд) - використовуються при зварюванні маловуглецевих та конструкційних сталей; що мають більш високі значення твердості і жароміцності (Бр.ХЦр, МД-2) — для зварювання нержавіючих сталей та жароміцних сплавів; з підвищеною електропровідністю (Бр.Кд (МК)) - використовуються для зварювання легких сплавів із високими показниками тепло- і електропровідності.

Таблиця 8.1

### Призначення та властивості електродних сплавів

Метали і сплави, які зварюють	Електродний сплав, марка та хімічний склад, %	Електропровідність, %, до провідності міді	Температура початку рекристалізації T, °C	Твердість HB і вид обробки
Магнієві, мідні та тугоплавкі сплави	Холоднотягнена мідь, 100 Си	98	200	80, наклеп
Те саме + алюмінієві сплави	Кадмієва бронза Бр.Кді (МК), 1,0 Сй, залишок Си	85-90	300	110-115, наклеп
Алюмінієві, магнієві та тугоплавкі сплави	Сплав міді зі сріблом Бр.Ср, 0,1 Ад, залишок Си	97-90	360	95-100, наклеп
Те саме + маловуглецеві, середньовуглецеві й низьколеговані сталі	Хромокадмієва бронза Бр.ХКд (МЦ-5Б), 0,35 Сг, 0,25 Ссл, залишок Си	83-85	370	120-135, термомеха-
Маловуглецеві, середньовуглецеві, корозійностійкі, жароміцні сталі типу 18-10 та титанові сплави	Хромова бронза Бр.Х, 0,7 Сг, залишок Си	80-82	400	120-140, термомеха-

## Продовження табл. 14.2

Метали і сплави, які зварюють	Електродний сплав, марка та хімічний склад, %	Електропровідність, %, до провідності міді	Температура початку рекристалізації Т, °С	Твердість НВ і вид обробки
Маловуглецеві, середньовуглецеві, корозійностійкі, жароміцні сталі типу 18-10 та титанові сплави	Хромоцирконієва бронза Бр.ХЦр-0,6-0,05, 0,6 Сг, 0,1 2г, залишок Си	78-80	500	140-160, те саме
Леговані, жароміцні сталі, сплави підвищеної жароміцності, титанові	Нікелеберилієва бронза Бр.НБТ, 1,5 Мі, 0,3 Ве, 0,07 Ті, залишок Си	50-55	510	170-240, те саме
Те саме	Нікелекремнієва бронза МЦ-2, 1,6 Іч, 0,5 Зі, 0,25 Мд, залишок Си	45-50	520	150-180, те саме
Маловуглецеві, середньовуглецеві сталі і сплави, титанові та мідні сплави	Елконайт-(ВМ), 55-80Al, залишок Си	20-45	1000	400-500, те саме

Придатність електродних сплавів для зварювання тих чи інших металів оцінюють за показником їх зносостійкості. Цей показник визначають за кількістю точок, що були зварені до 20 %-го підвищення діаметра робочої поверхні електрода (табл. 8.2), за кількістю задовільно зварених точок до перезаточування електродів, за величиною падіння значення гарячої або холодної твердості, за втратами маси, довжини або об'єму електрода після виконання певної кількості точок, за зміною міцності точок, за кількістю точок, що зварюють до чергового зачищення поверхні електрода, або за кількістю зварних точок на 1 мм зносу робочої частини електрода і т. ін.

Таблиця 8.2

**Довговічність  
деяких електродних матеріалів**

Метал деталей, що зварюють	Матеріал електродів	Довговічність	
		А	Б
Сталь 08кп	Бр.НБТ	1000-2000	3000-5000
Сталь 12Х18Н10Т	Бр.НБТ	2000-3000	5000-7000
Сталь оцинкована	Бр.НБТ	300-500	1000-2000
Сплав АМгб	Бр.Кді	50-70	1000-2000
Сплав МА2-1	Бр.Кді	10-30	1000-2000

Примітка. А - кількість зварних точок до критичного забруднення поверхні електрода; Б - кількість зварних точок до 20 %-го підвищення діаметра робочої поверхні електрода. Листи, що зварувались, мали товщину 1,5 + 1,5 мм.

## **9. КЛАСИФІКАЦІЯ, ВИМОГИ ТА ГАЛУЗІ РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО КОНТАКТНОГО ЗВАРЮВАННЯ**

На підприємствах України експлуатується широка номенклатура обладнання для електричного контактного зварювання. Це обладнання можна класифікувати:

- ® за типом з'єднання під час зварювання (машини точкові, рельєфні, шовні та стикові);
- конструктивними особливостями - стаціонарні та підвісні радіального та пресового типу, з окремими або вмонтованими трансформаторами;
- джерелом живлення - змінного струму (однофазні), низькочастотні та постійного струму (трифазні) і конденсаторні;
- типом зусилля стиснення деталей - з постійним чи змінним зусиллям;
- технічними вимогами, що нормуються - групи А (підвищена стабільність параметрів), групи Б (нормальна стабільність параметрів);
- призначенням - універсальні та спеціалізовані;
- » ступенем автоматизації - автоматичні, напівавтоматичні, та неавтоматичні;
- конструкцією приводу подавання та стиснення деталей - пружинного, важільного, пневматичного, гідравлічного, електромеханічного та комбінованого типів;
- » конструкцією затискуючих пристроїв стикових машин - ексцентрикового, гвинтового, важільного, пневматичного, гідравлічного, електро-механічного та комбінованого типів.

Машини універсального призначення відповідають вимогам ГОСТ 297-80 та ІСО669-81 (аналогічних власних стандартів Україна поки не має). Такі машини використовують для зварювання різноманітних металів та деталей різної форми у широкому діапазоні товщин; вони мають більш глибоке регулювання зусилля стиснення, зварювального струму та стабілізацію параметрів режиму.

Спеціальні машини призначаються для зварювання конкретних груп деталей та вузлів. Тому конструкції таких машин залежать від характеристик деталей та виду зварювання.

Універсальні машини точкового, рельєфного та шовного зварювання характеризують наступні параметри: діапазони вторинних струмів та зусиль



стискання, номінальне значення тривалого вторинного струму, величини вильотів і розхилів електродів та хоботів і найбільша тривалість протікання зварювального струму.

У машинах зі змінним зусиллям стискання регламентується найбільше зусилля; вертикальне та обопільне зміщення електродів - у точкових та шовних машинах. У рельєфних машинах регламентується допуск паралельності контактних поверхонь електродних плит. Для шовних машин вказують діапазон регулювання лінійної швидкості обертання роликів-електродів.

У стикових машинах ставляться конкретні вимоги до величин (номінальних, найменших та найбільших) зусилля стиснення, осаджування і відстані між губками.

Для машин змінного, постійного струму та низькочастотних обумовлюється найбільша потужність короткого замикання та потужність для конденсаторних машин — тривала потужність за цикл роботи.

Машини виготовляються на напругу промислової мережі 380 В та частоту 50 Гц. За індивідуальним замовленням машини виготовляють на номінальну напругу 220 В (50 Гц) при найбільшій потужності короткого замикання до 60 кВ А.

Крім того, до контактних машин ставляться і такі вимоги, як максимальна швидкість спрацьовування та мала інерційність приводів, інтенсивне охолодження елементів, що підігріваються; безпека роботи; маневреність елементів вторинного контуру для зварювання виробів різної форми без складного переналагодження; надійний захист контактних поверхонь деталей, що труться, від налипання бризок металу, води та пилу.

Особливістю роботи машини контактного зварювання є переривчастий режим їх роботи, під час якого постійно чергуються вмикання та вимикання зварювального струму. Такий режим роботи називають повторно-короткочасним і характеризують відносною (у процентах) тривалістю вмикання (ТВ).

Система позначення універсальних машин згідно з ГОСТ 297-80 дає змогу визначити їх тип та значення головних технологічних параметрів. Перша буква означає призначення обладнання: М - машина, П - прес; друга буква - вид зварювання: Т - точкове, Р - рельєфне, Ш - шовне та С - стикове; третя буква - джерело живлення: В - з випрямленням струму у вторинному контурі, Н - низькочастотні і К - конденсаторні.

Наприклад, МТ, МР, МШ і МС - машини точкового, рельєфного, шовного та стикового зварювання.

У машинах змінного струму третя буква означає або конструктивні особливості (П - підвісні, Р - радіального типу, М - багатоточкові), або уточнює

спосіб зварювання (С - для стикового зварювання опором, О - для зварювання оплавленням). Наприклад, МТП і МТР - машини точкового зварювання змінним струмом, відповідно підвісні та радіального типу, МСО - машина стикового зварювання оплавленням. Іноді вводять четверту букву, щоб визначити додаткові конструктивні особливості. Наприклад, МТВР - машина точкового зварювання з випрямленням струму у вторинному контурі, яка має радіальний хід верхнього електрода; МТВП - машина точкового зварювання з випрямленням струму, підвісна.

Повне позначення однієї з машин МТВР-4001У4, А, 380 В, 50 Гц за ГОСТ 297-80 розшифруємо так: перші дві-три цифри визначають найбільший струм короткого замикання в кілоамперах (40 кА), інші дві - номер моделі (01). Далі йде кліматичне виконання та категорія розташування (У4 згідно з ГОСТ 15150-69 і ГОСТ 15543-70). Група машин залежно від технічних вимог А - з підвищеною стабільністю параметрів, напруга мережі живлення (380 В), частота мережі (50 Гц) та технічні вимоги до машини згідно з ГОСТ 297-80. У стикових машинах для зварювання з оплавленням перші дві цифри позначення характеризують зусилля осаджування у кілоньютонах.

Наприклад, МСО-3ОІ - машина з зусиллям осаджування 30 кН (3 т).

Деякі машини для точкового та рельєфного зварювання (виробник з-д "Злектрик", м. С.-Петербург) залежно від комплектування позначаються МТ-3001, МТ-3001-1, МР-4020 або МР-4020-1. Машини МТ-3001 і МР-4020 укомплектовані регуляторами циклу зварювання на базі мікроЕОМ типу РКМ, машини МТ-3001-1 і МР-4020-1 - відповідно регуляторами типу РВИ на інтегральних схемах.

Машини, що розроблені в ІСЗ ім. Є. О. Патона, визначаються літерою "К" з номером проекту, наприклад, К-355, К-617 та ін.

На машини, що вироблялись раніше згідно з ГОСТ 297-73, позначення були іншими. Букви характеризують особливості конструкції механізмів стиснення та подавання або електричної частини. Наприклад, МТП - машина точкова з пневматичним механізмом стиснення; МСГ та МСМ - машини стикового зварювання з гідравлічним та моторним механізмом подавання. Цифри означають номінальну потужність у кіловольтамперах або номінальну величину зварювального струму у кілоамперах. Наприклад, МТПТ-600 - машина точкового зварювання з пневматичним механізмом стиснення, трифазна, потужністю 600 кВА або МТ-1223 - машина точкова з номінальним зварювальним струмом (на передостанньому ступені) 12 кА.

Раціональні галузі використання машин контактного зварювання наведені у табл. 9.1.

## Галузі використання машин контактного зварювання

Машини зварювальні	Галузі використання
Одноточкові з підведенням струму з двох боків деталей	Зварювання різноманітного прокату з чорних та кольорових металів завтовшки 6-10 мм, а також каркасів діаметром стрижнів до 20-24 мм
Двоточкові з підведенням струму з двох боків деталей	Зварювання крупногабаритних вузлів з підвищеною товщиною заготовок (до 5 мм), а також листових конструкцій завтовшки 3 мм
Багатоточкові з підведенням струму з одного боку деталі	Зварювання хрестоподібних конструкцій із арматурних стрижнів і дротів
Рельєфного зварювання	Зварювання деталей із вуглецевих сталей, титанових сплавів, легованих сталей і сплавів (завтовшки 0,2-3,0 мм), а також деталей з різницею в товщині >1:3
Шовного зварювання	Зварювання сталей та кольорових металів і сплавів завтовшки до 3,0 мм
Стикового зварювання опором	Зварювання деталей із низьковуглецевих сталей, з перерізом до 200-300 мм <sup>2</sup> , міді та алюмінію з перерізом до 100 мм <sup>2</sup> , труб діаметром до 40 мм (в газовому середовищі), дроту діаметром до 6-8 мм
Стикового зварювання з безперервним оплавленням	Зварювання стрижнів, рейок, товстостінних труб з площею поперечного перерізу до 3000 мм <sup>2</sup> , профільного та листового прокату з площею перерізу до 6000 мм <sup>2</sup>
Стикового зварювання з безперервним оплавленням та з попереднім підігріванням	Зварювання профільного прокату, рейок, труб з площею поперечного перерізу 500-10 000 мм <sup>2</sup>
Стикового зварювання з безперервним оплавленням з програмним регулюванням напруги зварювання та швидкості подавання рухомого затискача	Зварювання заготовок з площею поперечного перерізу 5000-40 000 мм <sup>2</sup>
Стикового зварювання імпульсним оплавленням	Зварювання сталевих деталей з площею перерізу до 200 000 мм <sup>2</sup> і більше

## 10. МАШИНИ ДЛЯ СТИКОВОГО ЗВАРЮВАННЯ

### 10.1. МАШИНИ ДЛЯ СТИКОВОГО ЗВАРЮВАННЯ ОПОРОМ

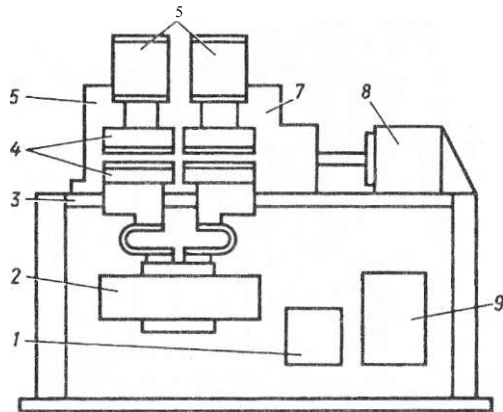
Машины для цього виду зварювання подібні за призначенням та влаштуванням (рис. 10.1). Вони відрізняються потужністю, конструктивним виконанням окремих вузлів, габаритними розмірами та масою (табл. 10.1, 10.2, рис. 10.2-10.4).

Машины стикового зварювання опором однофазні мають обмежену потужність, працюють звичайно в автоматичному режимі і використовуються для з'єднання стиків дроту з різними діаметрами із сталей та кольорових металів. З метою поліпшення властивостей металу зварних з'єднань в машинах передбачається можливість здійснення термічної обробки стиків (відпалу) у губках машини.

У всіх машинах є корпус-станина, що складається із переднього та заднього стояка, верхньої плити та опорних планок. Силова частина приводів зусилля та переміщення деталей розділяється із напрямними. Роль напрямних можуть виконувати станини, на яких розміщуються рухомі та нерухомі затискачі.

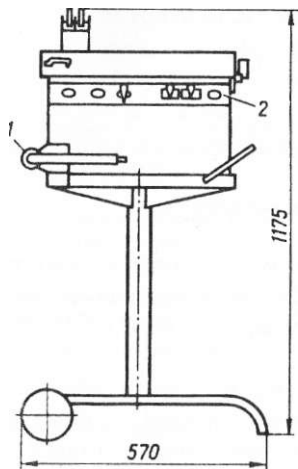
Напрявні (на роликах або кульках) стикових машин забезпечують повільне переміщення заготовок, що зварюють, та жорсткість кріплення рухомого затискача. Це досягається спеціальними пристроями для регулювання, які компенсують зазори, що виникають в результаті зношування поверхонь від тертя.

Комплектуються сучасні машини зварювальними трансформаторами типів К-4.02, К-5.02, регуляторами циклу зварювання типу РКМ-1501.



**Рис. 10.1.** Схема машини для стикового зварювання:

- 1 - перемикач ступенів; 2 - трансформатор зварювальний; 3 - корпус-станина; 4 - губки (нижні - електродні, верхні - затискні); 5, 7- плити - нерухома та рухома; 6- механізм затискування; 8 - привід оплавлення та осаджування; 9 - панель керування



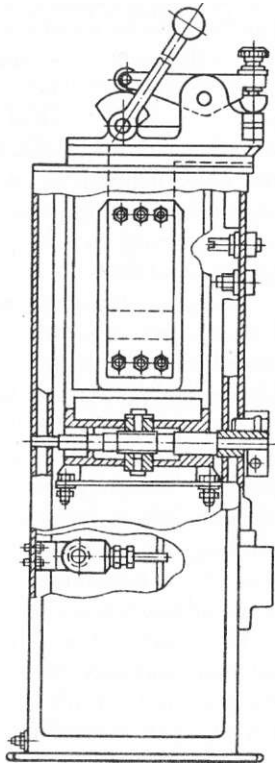
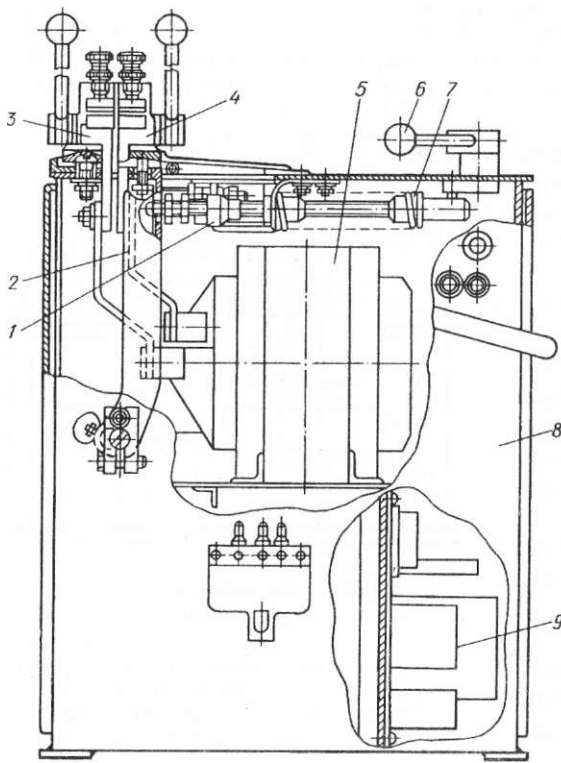
Ж

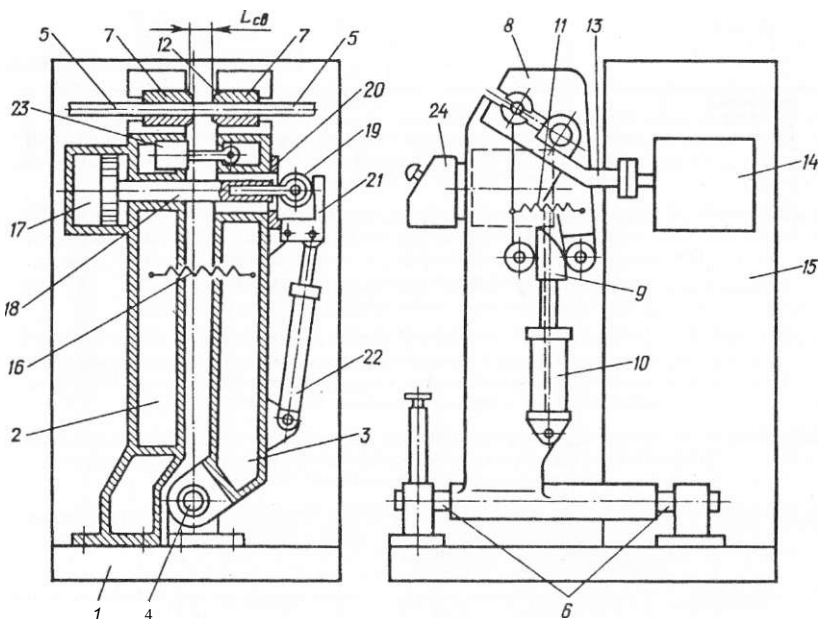
&

**Рис. 10.2.** Машина для стикового зварювання типу MCC-901:  
 1 - пристрій відрізний;  
 2 - панель керування;  
 3 - головка зварювальна;  
 4 - каркас; 5 - стояк

m

**Рис. 10.3.** Машина для стикового зварювання типу MC-301:  
 1 - гвинт регулювання відстані між затискачами; 2 - важіль, що коливається; 3 - затискач рухомий; 4 - затискач нерухомий; 5 - трансформатор зварювальний; 6 - важіль осаджування; 7 - пружина зусилля осаджування; 8 - корпус; 9 - блок керування





**Рис. 10.4.** Схема машин для стикового зварювання опором із формуванням стику типу К-793:

- 1 - рама; 2 - етояк нерухомий; 3 - стояк рухомий; 4 - вісь; і - деталі зварювані;  
 і 6 - цапфи ексцентричні; 7 - губки контактні; 8 - важіль; 9 - клин двоскісний;  
 10 - циліндр пневматичний; 11 - пружина; 12 - пристрій формування; 13 - шина;  
 14 - трансформатор зварювальний; 15 - шафа; 16 - пружина; 17 - пневматичний циліндр осаджування; 18 - шток; 19 - камінь; 20, 21 - напрямні; 22 - тяга; 23 - командоапарат; 24 - пульт керування

Електрична силова частина машини включає в себе пускач, контактор (звичайно електромагнітний), перемикач ступенів потужності, трансформатор зварювальний і вторинний контур.

Для зниження та стабілізації зусиль зварювання в машинах зменшують маси рухомих деталей, а також використовують струмопідводи (що перехрещуються), котрі створюють із одного контуру два з електромагнітними силами, що діють зустрічно.

У деяких машинах підігрів деталей відбувається при малих тисках, осаджування - при підвищених, вмикання і вимикання струму - кнопками, кінцевими або безконтактними вимикачами.

Процес зварювання регулюють за укороченням деталей або за температурою нагрівання (пірометричними пристроями).

Деякі машини комплектуються ножами для обрізування торців дротів перед зварюванням.

Призначення машин стикового

Тип машини	Призначення
МС-301У4	Стикове зварювання дроту із низьковуглецевих сталей, кольорових металів і сплавів. Діапазон перерізів дротів, що зварюють: із низьковуглецевої сталі 7-80 мм <sup>2</sup> , із міді 7-80 мм <sup>2</sup> , із алюмінію 12,5-80 мм <sup>2</sup>
МС-403У4	Стикове зварювання дроту із низьковуглецевих сталей та кольорових металів і сплавів. Діаметри дротів, що зварюють, у першому діапазоні регульованих зусиль: із сталі 0,5-3,5 мм, із міді 0,4-3,0 мм, із алюмінію 0,5-3,5 мм; у другому діапазоні регульованих зусиль: із сталі 1,7-6 мм, із міді 1,6-4,5 мм, із алюмінію 1,7-4,5 мм
МСС-901УХЛ4	Стикове зварювання дротів (в умовах волоочильного виробництва із бухт та катушок), а також короткомірних заготовок із низьковуглецевих і легованих сталей, міді, алюмінію та їх сплавів. Діаметр дротів: із сталей 0,5-7,0 мм, міді 0,4-5,0 мм, алюмінію 0,5-6,0 мм
МСС-1401ХЛ4 (К-802)	Стикове зварювання з примусовим формуванням з'єднань дротів з діаметром 3-10 мм з високоміцних вуглецевих та легованих сталей з послідовною термічною обробкою зони зварювання
МСС-1601УХЛ4	Стикове зварювання дротів та катанки із низьковуглецевих та легованих сталей, міді і алюмінію. Діаметр дротів, що зварюють: із сталі 3-10 мм, алюмінію 3-9 мм, міді 3-9 мм
МСС-1901УХЛ4	Стикове зварювання дротів із низьковуглецевих сталей, кольорових металів та сплавів. Переріз дротів, що зварюють: із низьковуглецевих сталей 7-80 мм <sup>2</sup> , міді 7-500 мм <sup>2</sup> , алюмінію 12,5-65 мм <sup>2</sup>

Технічні характеристики стикових машин

Характеристика	МС-301У4	МС-403У4	МСС-901 УХЛ4	МСС-1401 ) УХЛ4 (К-802)	мсс-1601 УХЛ4
Потужність при ТВ = 50 %, кВ • А	5,1	7.5	7.0	12,2	.
Струм,кА:					
зварювальний найбільший	3,2	4,0	9,0	13,5	16,0
номінальний вторинний тривалий	1,1	0,44	0,45	1,4	1,4
Зусилля даН:					
затиснення	300	450-630	100	2500	250
осаджування	63	50-160	60-160	1000	2-40
Відстань між струмопідвідними губками, мм	40	.	0,5-20	20	.
Найбільша величина осаджування, мм	18	12	14	.	.
Продуктивність, зварювань / гад	200	240	300	120	200
Габарити, мм	680 * 660 * «1100	560 x 520 x x1300	570 x 490 x »1175	1300«1070X x 570	665 x 615 x x 1275
Маса, кг	170	80	70	480	192

Таблиця 11.10

## зварювання опором

Тип машини	Призначення
МСС-1902УХЛ4	Стикове зварювання дротів: із чорних та кольорових металів з діаметром 3- 2 мм (у волочильному виробництві), сталі 3-10 мм, алюмінію 4-12 мм, міді 3-10 мм
МСС-2501УХЛ4	Стикове зварювання дротів та катанки із низьковуглецевих, вуглецевих та легованих сталей перлітного та аустенітного класів, міді й алюмінію. Діаметри дротів, що зварюють: із сталей 5-12 мм, алюмінію 5-12 мм, міді 5-10 мм
МСС-2502УХЛ4	Стикове зварювання дротів та катанки із низьковуглецевих, вуглецевих та легованих сталей перлітного та аустенітного класів, міді і алюмінію. Діаметри дротів, що зварюють: із сталі 5-12 мм, алюмінію 5-14 мм, міді 5-12 мм
МСС-2503УХЛ4	Стикове зварювання мідної та алюмінієвої катанки зі змінним зусиллям осаджування та автоматичним підрізанням ґрату. Діаметри катанки із міді 7-12 мм, алюмінію 7-14 мм
К-786	Автоматичне стикове зварювання із формуванням з'єднань та зміцнюючою термічною обробкою з'єднання високоміцного дроту із вуглецевих та легованих сталей з діаметром 0,8-3 мм
К-793	Стикове зварювання з формуванням з'єднань виробів із маловуглецевих та нержавіючої сталі аустенітного класу, а також міді та алюмінію в однорідному або різнорідному їх сполученні. Максимальні перерізи деталей низьковуглецевих сталей до 80 мм <sup>2</sup> , алюмінію до 80 мм <sup>2</sup> , міді до 60 мм <sup>2</sup>
К-826	Стикове зварювання із формуванням з'єднань та зміцнюючою обробкою дротів з діаметром від 3-12 мм. Регулювання температури нагріву під час термообробки 550-1100 °С

Таблиця 10.2

## зварювання опором

МСС-1901 УХЛ4	МСС-1902 УХЛ4	МСС-2501 УХЛ4	МСС-2502 УХЛ4	МСС-2503 УХЛ4	К-786	К-793	К-826
12,2	4,8	-	-	-	1,9 при ТВ = 5 %	12,2 при ТВ = 12,5 %	25
19,0	19,0	25	25	25	12,2	14	22
1,4	1,4	2,8	4,5	1,8	-	-	2,8
300	400	400	400	400	150-4500	2500	1800
63	3-100	40-630	40-630	1-400	50-2500	5-2810	5-5200
7-40	2-40	-	-	28	20	20	-
	15	-	-	-	15		
200	200	200	400	60	60	60	60
955*1150* *1180	530 * 840 * *1370	655 * 615 * *1275	735 * 615 * *1170	1000 * 800 * * 1400	530 * 612 * *1100	780 * 680 * *1120	1000 * 850* *1500
190	175	239	260	350	95	400	550



## 10.2. МАШИНИ ДЛЯ СТИКОВОГО ЗВАРЮВАННЯ БЕЗПЕРЕВНИМ ОПЛАВЛЕННЯМ

Машини призначаються для зварюванням оплавленням або оплавленням із попереднім підігріванням і виготовляються найчастіше стаціонарними. Ці машини потребують напруги мережі живлення змінного струму 380 В > з частотою 50 Гц.

Технічні характеристики та можливості машин загального призначення наведені у табл. 10.3, 10.4. Тут і далі габарити та маса обладнання наведені без урахування шаф і пультів керування, насосних станцій тощо.

*Таблиця 10.3*

### Призначення машин стикового зварювання оплавленням загального використання

Тип машин	Призначення
МСО-0801 У4	Стикове зварювання оплавленням маловуглецевих, легованих сталей і кольорових металів. Переріз деталей, що зварюють: із низьковуглецевих сталей 35-160 мм <sup>2</sup> , із легованих сталей 35-100 мм <sup>2</sup> , із кольорових металів 30-50 мм <sup>2</sup>
МСО-0804УХЛ4	Стикове зварювання оплавленням кольорових металів, низьковуглецевих та легованих сталей різної конфігурації та мідно-алюмінієвих патрубків з поперечним перерізом до 70 мм"
МСО-201УХЛ4	Стикове зварювання безперервним оплавленням та оплавленням із попереднім підігріванням деталей компактного перерізу: із низьковуглецевої сталі з перерізом 120-1400 мм <sup>2</sup> , а також заготовок інструмента та будівельних конструкцій із низьколегованої сталі 120-1400 мм <sup>2</sup> , із легованої сталі 120-500 мм <sup>2</sup> , із арматури 120-800 мм <sup>2</sup>
МСО-202УХЛ4	Стикове зварювання безперервним оплавленням і оплавленням із попереднім підігріванням деталей із низьковуглецевої сталі, а також для стикового зварювання опором сталі та міді. Діапазон перерізів деталей, що зварюють: із низьковуглецевої сталі 120-400 мм <sup>2</sup> , із міді до 80 мм <sup>2</sup>
МС-1602У4	Стикове зварювання безперервним оплавленням і оплавленням із попереднім підігріванням деталей із низьковуглецевої сталі із перерізом до 1000 мм <sup>2</sup>
МСО-602У4	Стикове зварювання безперервним оплавленням і оплавленням із попереднім підігріванням деталей із перерізом: із низьковуглецевої сталі 160-2000 мм <sup>2</sup> із легованої сталі 200-800 мм <sup>2</sup> , із кольорових металів 100-400 мм <sup>2</sup>
МС-2008УХЛ4	Стикове зварювання безперервним оплавленням і оплавленням із попереднім підігріванням виробів компактного перерізу із вуглецевих сталей, які містять в собі вуглецю до 0,25 %. Переріз деталей, що зварюють безперервним оплавленням, - 1000 мм , із попереднім підігріванням - до 2000 мм <sup>2</sup>
К-617 типу МСО-1605УХЛ4	Стикове зварювання з імпульсним оплавленням виробів із маловуглецевих, аустенітних та жароміцних сталей замкненої форми або прямолинійної. Переріз низьковуглецевих сталей до 5000 мм <sup>2</sup> , аустенітних - до 2000 мм <sup>2</sup> , жароміцних - до 1200 мм <sup>2</sup> Найменший внутрішній діаметр кільцевих заготовок, що зварюють, до 300 мм

На рис. 10.5, 10.6 наведені машини МС-2008 і К-617 для стикового зварювання оплавленням.

Усі машини складаються із каркаса, силової частини та електричної схеми. Всередині каркаса знаходиться трансформатор, перемикач ступенів, коніактор, вимикач автоматичний, елементи пневматичної схеми, системи охолодження та елементи приводів оплавлення та осаджування. Пульт керування закріплюється на корпусі. Шафу керування з електрообладнанням іноді виготовляють окремо. Машини цієї групи обладнані ексцентриковими, гвинтовими, важільними, пневматичними, гідравлічними, електричними і електромеханічними механізмами затиснення деталей. Програма переміщення рухомого затискача задається важільними, пружинними, електромеханічними, кулачковими, гідравлічними, пневмогідравлічними та електричними механізмами.

Якщо машину використовують також для зварювання опором, то переміщення рухомого затискача звичайно виконується пружинним приводом.

Вмикається струм зварювання кнопками, шляховими вимикачами, вмикається - шляховими вимикачами.

До комплекту машин залучені трансформатори броньового типу та електромагнітні контактори. Усі машини мають вузол корегування положення електродів-губок.

Обладнання для стикового мікрозварювання - призначається для з'єднання тонких дротів, деталей приладів різноманітного призначення (радіо- та електроапаратури, годинників, фотоапаратів), для зварювання провідників, контактів реле, виводів з клемми контакторів, таврових конструкцій і т. ін.

До складу цього обладнання крім елементів, що присутні в звичайних машинах стикового зварювання, входять головки зварювальні, випрямлячі змінного струму, стабілізатори напруги живлення, батареї конденсаторні, апаратура керування циклом зварювання і переміщення та приводи складально-зварювальних столів, пристроїв і кондукторів, пристрої рихтування дротів.

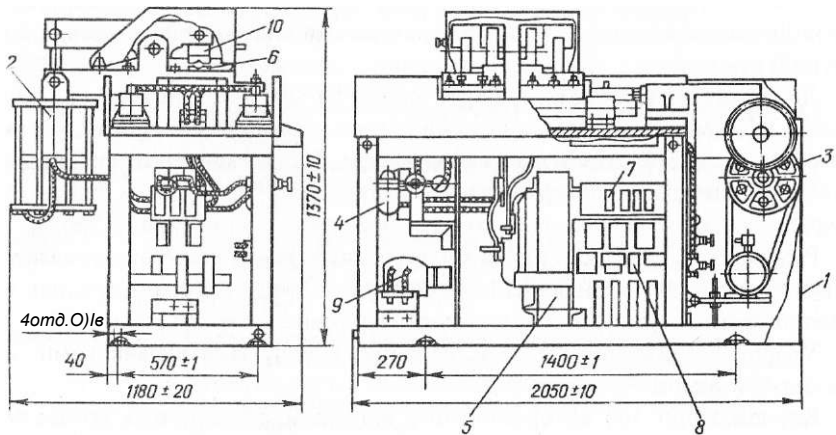
Рухомі частини машин мікростикового зварювання часто виготовляють із легких сплавів для зменшення їх маси і зусиль інерції. Крім цього, для зменшення зусиль тертя у них застосовують напрямні із тертям кочення.

Ударне осаджування деталей звичайно виконується кулачковими, пружинними й іншими механізмами.

Конденсатори, що використовують в імпульсних машинах контактного зварювання, повинні відповідати робочій напрузі до 1000-10000 В. Найбільш підходять для цього паперові конденсатори типу ИМ-0, 5-250, металопаперові та електролітичні - типу МБГП-1000-10, КЗ-2Н (450В, 80 мкФ); К-50-ИИ (400В, 350 мкФ).

### Технічні характеристики машин стикового зварювання

Характеристика	МСО-0801У4	МСО-0804УХЛ4	МСО-2В1УХЛ4
<b>Потужність, кВ-А:</b>			
найбільша при короткому замиканні	170	140	310
номінальна	50	32	43
<b>Струм, кА:</b>			
вторинний найбільший при короткому замиканні	30	-	45
номінальний тривалий вторинний	3,6	3,2	8,0
<b>Зусилля, даН:</b>			
затиснення	1800	1800	4000
осаджування	800	200-1000	500-2500
Швидкість оплавлення, мм / с	0,2-20	0,2-20	0,5-5,0
Продуктивність, зварювань/год	200	200	160
Витрати охолоджувальної води, л / год	60	60	300
Витрати повітря, м <sup>3</sup> / год	4,0	8,0	
Габарити, мм	1100 x 1460*	1500* 1102 *	1600 * 1800 *
	*630	*1460	хі600
Маса, кг	850	850	720



**Рис. 10.5.** Машина стикового зварювання МС-2008:

- 1 - корпус; 2 - пристрій затиснення; 3 - привід механічний; 4 - пристрій пневматичний;  
 5 - трансформатор зварювальний; 6 - електрод-губка струмопідвода; 7 - перемикач ступенів;  
 8 - панель керування; 9 - система охолодження; 10- губки затисні

Таблиця 11.10

оплавленням загального призначення

МСО-202УХЛ4	МС-1602У4	МСО-С02У4	МС-2008УХЛ4	К-617 (типу МСО-1605УХЛ4)
78	350	350	465	1070
24,5	96,5	250	150	150
21,4	16 (зварю- вальний)	45	52	90
2,8	7,0	12,5	9,0	18
4000	7500	12500	10000	32000
2000	5000	6300	6300	16000
	0,2-2	0,2-20		0,2-10
150	60	250	80	150
40	200	500	600	1980
2070 * 1120 x 1175	1700 « 2740 « x1980	2060 x 1325 x x1370	2050 x 1180 x x1370	1850 x 1600 x x1450
340	700	2350	2270	3660

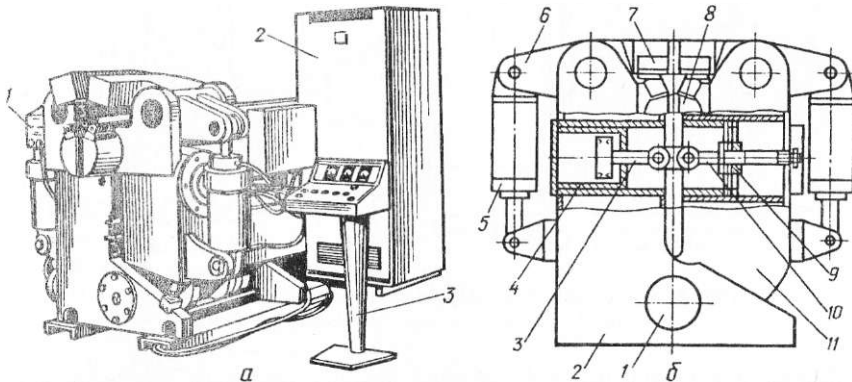
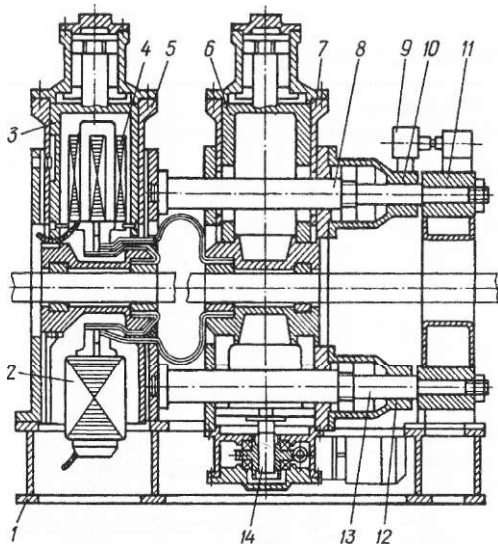
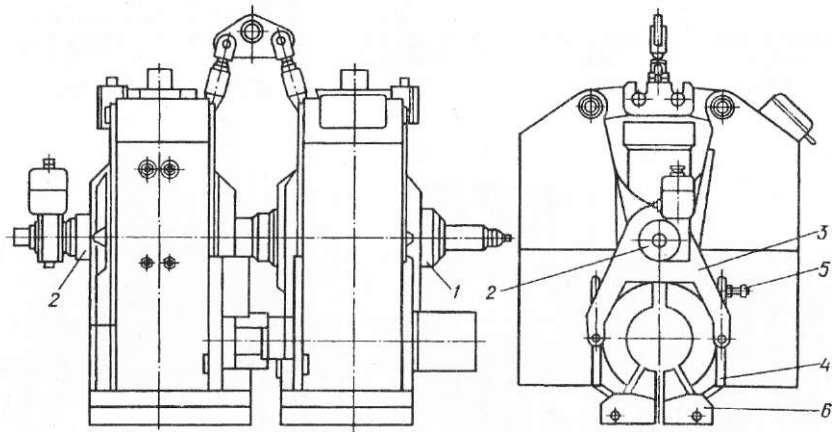


Рис. 10.6. Машина К-167:

- a* - загальний вигляд (1 - пристрій зварювальний; 2 - шафа апаратури; 3 - пульт керування);  
*б* - кінематична схема (1 - вісь; 2, 11 - колони рухома і нерухома; 3, 10 - шток;  
 4 - циліндр приводу і осаджування; і - гідроциліндр приводу затиснення; 6, 7 - губки затисні;  
 8 - виступи упорні; 9 - гідроциліндр допоміжний (коливаний))



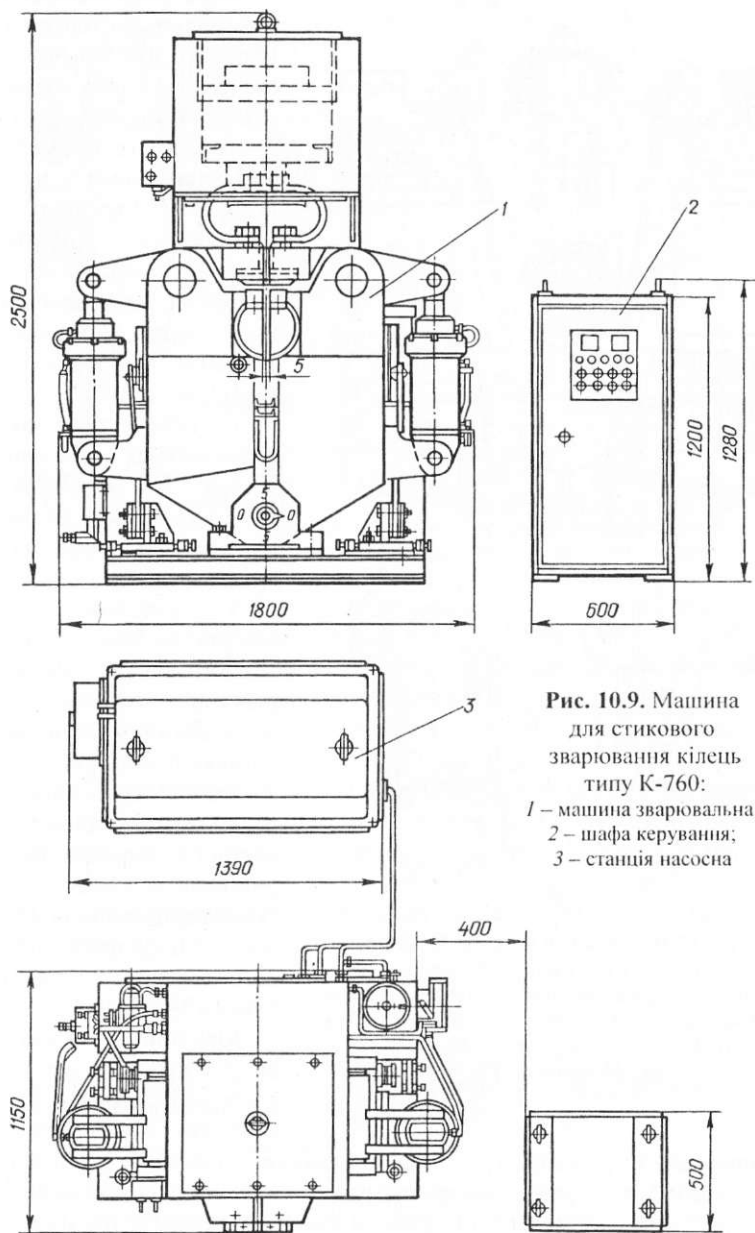
**Рис. 10.7.** Переріз зварювальної машини К-190 ПК для з'єднання рейок:  
 1 - станина;  
 2 4 - трансформатор зварювальний;  
 3, 6 - прес гідравлічний;  
 5 - колона нерухома;  
 7 - колона рухома;  
 8, 13 - шток; 9 - прилад слідкуючий гідравлічний;  
 10, 12 - циліндр гідравлічний;  
 11 - стояк;  
 14 - привід механічний



**Рис. 10.8.** Машина К-584М для стикового зварювання труб:  
 1 - вісь; 2 - гільза; 3 - хомут; 4 - важіль; 5, 6 - упор

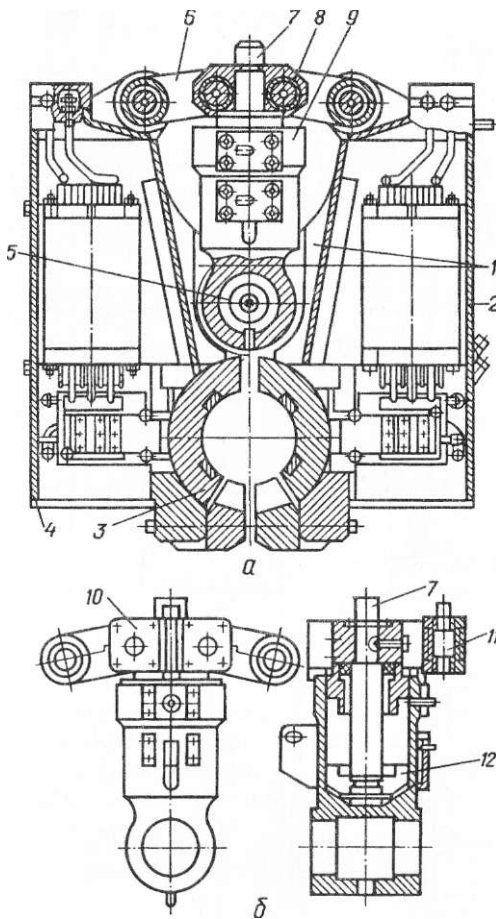
Машини спеціального призначення використовуються для зварювання арматурних стрижнів, ланцюгів, кілець, штабів, стрічок, рейок, труб тощо (рис. 10.7-10.12).

До комплексу постачання цих машин входять: пульти керування, шафи силові та керування, станції живлення та гідроприводів. Живлення машин відбувається від мережі змінного струму з напругою 380 В, у польових умовах - від автономних дизельних електростанцій на напругу 400 В типів ЗСДА, АС та ЗД.



**Рис. 10.9.** Машина для стикового зварювання кілець типу К-760:

- 1 – машина зварювальна;
- 2 – шафа керування;
- 3 – станція насосна



**Рис. 10 10.** Затискач машини К-584М  
 лівий кліщовий (а), циліндр затиснення (б):  
 1 - вушко; 2 - щока коробчата; 3 - губка затискна;  
 4 - щока коробчата; 5 - вісь; 6 - сережка; 7 - шток;  
 8 - траверса; 9 - гідроциліндр; 10- редуктор  
 черв'ячний; 11-черв'як; 12-поршень

Конструктивно механізми оплавлення виконуються в машинах спеціального призначення гідравлічними із слідкучими золотниковими системами та пневмогідроаккумуляторними, кулачковими та електродвигунними з двигунами постійного струму. У машинах із імпульсним оплавленням є пульсатори. Механізми затиснення звичайно гідравлічні (рис. 10.10).

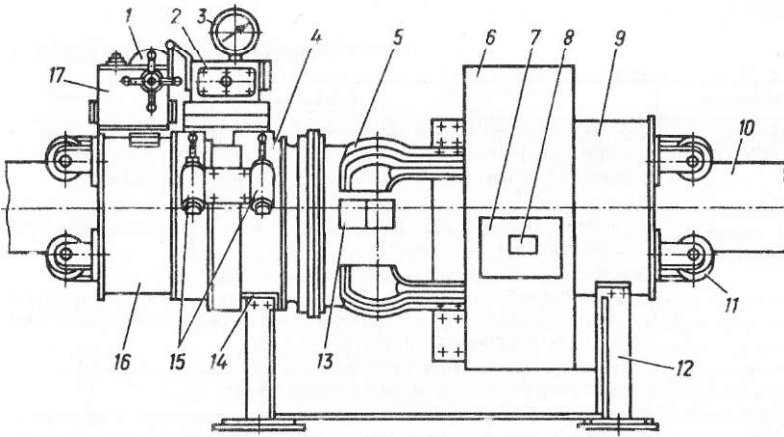
Потрібний тиск масла у гідросистемах контактних машин із гідроприводами досягається за допомогою шестеренчастих або поршневих гідронасосів.

У гідравлічних системах використовують гідроциліндри, запобіжні, зворотні та редукційні клапани, гідророзподільвачі, дроселі, золотники та фільтри.

Як робочу рідину гідростаткування машин контактного зварювання використовують масло марок "Индустриальное И-20А" або "Индустриальное ПІ-30А" (влітку) і "Индустриальное 12А" (узимку).

Машини комплектуються одним або декількома трансформаторами броньового чи кільцевого типів

(у машинах для зварювання труб), з перемикачами ступенів у первинній обмотці, а також бездуговими електромагнітними або тиристорними контакторами. Передбачається можливість роботи машин у режимах налагоджування, напівавтоматичному та автоматичному.



**Рис 10.11.** Зварювальна головка типу СГ-!:

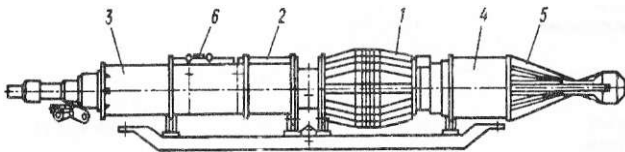
- I - кулачок; 2 - золотник системи слідування; 3 - манометр; 4 - циліндр осаджування;  
 5 - шини; 6 - трансформатор; 7- панель перемикання напруги; 5-таблиця зварювальної напруги; 9- корпус правий; 10- труби, що зварюються;  
 II - ролик; 12- підставка; 13 - кожух; 14- ізолятор; 15 - золотник затискування;  
 16- корпус лівий; 17- редуктор слідууючої системи

У деяких випадках передбачається можливість виконання термічної обробки стиків у губках зварювальної машини. Більшість машин мають пристрої для зняття грату у губках або на окремих пристроях.

До спеціального обладнання відносяться також машини та установки для зварювання труб.

Залежно від конструктивного виконання вони можуть бути зовнішніми (рис. 10.8, 10.11) для зварювання труб діаметром до 530 мм та внутрішньотрубними (рис. 10.12) для зварювання труб діаметром 1020-2020 мм, стаціонарними та пересувними.

Технічні характеристики та можливості машин спеціального призначення наведені у табл. 10.5-10.11.



**Рис. 10.12.** Зовнішній вигляд машини (внутрішньотрубної) К-700-

- 1 - головка зварювальна; 2 - насосна станція гідравлічна;  
 3 - блок центрування та переміщення машини; 4 - блок гідравлічний;  
 5 - штанга кабельна; 6 - ґратознімач



## Призначення спеціальних машин

Тип машин	Призначення
К-724А типу МССМ604 УХЛ4	Зварювання безперервним або імпульсним оплавленням висококомічної арматури залізобетону класів А-II, А-III, А IV (ГОСТ 5781-82) з діаметром стрижнів 12-40 мм і площею поперечного перерізу 115-1260 мм <sup>2</sup>
К-774А	Для стикового зварювання таврових з'єднань закладних деталей (штирів та пластин). Діаметр арматури 10-20 мм, товщина пластини від 6 до 30 мм, ширина пластини 100-300мм
К-787	Для збирання та автоматичного зварювання оплавленням закладних деталей збірного залізобетону. Діаметр арматури 22-36 мм, число стрижнів, що зварюють одночасно, - 2; довжина стрижнів 180-800 мм, ширина пластини 150-500 мм, товщина пластини 9-27 мм
К-804	Зварювання оплавленням елементів віконних та ліхтарних прольотів (тонкостінних балок) при товщині деталей 1,8 мм
К-607 типу МССМ001	Зварювання безперервним імпульсним оплавленням кілець із алюмінієвих, магнієвих, титанових сплавів діаметром 500-2000 мм, а також короткомірних прямих виробів з перерізом до 4000 мм <sup>2</sup>
МСО-320У4	Зварювання полос із вуглецевих, низьколегованих та легуваних сталей (використовуються у лініях безперервної дії). Переріз полос із вуглецевих і низьколегованих сталей (1-6) * (50-500) мм, із легуваних (в тому числі нержавіючих) (1-4) * (50-500) мм
МСО-302УХЛ4	Зварювання стрічок безперервним оплавленням із низьковуглецевої сталі та алюмінію. Перерізи стрічок із низьковуглецевої сталі (0,5-1,4) * (30-120) мм, із алюмінію ( 0,9-1,0) * (30-120) мм

## Технічні характеристики машин для стикового зварювання

Характеристика	К-724А типу МССО-1604	К-787		
Номінальна потужність, кВА, при ТВ = 50 %		160	2 x 140	750
Струм, кА:				
найбільший вторинний	40			12,7
тривалий вторинний	9,0	4,0		
Зусилля, даН:				
номінальне осаджування	16 000	10 000	300	6 000
затиснення деталей		30 000 (стрижнів) 500 (пластини)	300 (стрижнів) 300 (пластини)	> 12 000
Відстань між стру- мопідвідними вкладками, мм:				
при зведеному положенні колони	10			
при розведеному положенні колони	110		110 (хід столу)	
Продуктивність, зварювань/год		80	60	140
Габарити, мм	2 260 » 1030 *	1 580 x 1 600 x	2 700 x 1 500 x	7 800 x 2 150 >
Маса, кг	«2 200	x1 330	x2 795	x1 200
	4 750	1 490	7 300	15 700

Таблиця 10.11

## Дія стикового зварювання оплавленням

	Призначення
К-190ПК типу МСО-6001УХЛ4	Зварювання стиків рейок безперервним оплавленням за допомогою гідрослідкуючої системи і автоматичним регулюванням процесу в стаціонарних умовах. Площа поперечного перерізу рейок 6000 - 13 000 мм <sup>2</sup> із зняттям ґрату безпосередньо після зварювання
К-355А-1 типу МССМ50У1	Зварювання рейок у польових умовах методом безперервного оплавлення за допомогою гідрослідкуючої системи з автоматичним регулюванням процесу зварювання. Переріз рейок 6400 - 10 000 мм <sup>2</sup> із зняттям ґрату безпосередньо після зварювання
МСО-160УХЛ4	Зварювання оплавленням з підігріванням одностикових ланок ланцюгів з калібром 14-22 мм із наступним зняттям ґрату. Крок ланцюга 50-86 мм
АСГЦ-150-ЗУХЛ4	Зварювання оплавленням з переривчастим підігріванням великоланкових високоміцних ланцюгів з перерізом 380 мм <sup>2</sup> (калібри 14-22) єдиним стиком із вуглецевих, низьколегованих сталей із зняттям ґрату. Переріз ланцюгів із вуглецевих сталей (калібри 14-22) - 155-380 мм <sup>2</sup> . Номінальний переріз - 255 мм <sup>2</sup>
К-760	Зварювання безперервним та імпульсним оплавленням кілець із сталі та алюмінієвих сплавів, а також прямолінійних виробів (з використанням відповідних губок та вкладишів). Мінімальний внутрішній діаметр кільця, котре можливо зварювати у вертикальному положенні, дорівнює 350 мм. Переріз деталей: із низьковуглецевих сталей 3000 мм <sup>2</sup> , із аустенітних сталей до 1000 мм <sup>2</sup> , із жароміцних сталей до 800 мм <sup>2</sup> , із алюмінієвих сплавів - 1000 мм <sup>2</sup> . У горизонтальному положенні зварюються фланці, в яких висота профілю значно перевищує товщину

Таблиця 10.6

## оплавленням спеціального призначення

К-190ПК типу МСО-6001	К-355-А-1 типу МСО-04501У	МСО-1601	АСГЦ-150-3	К-760	МСО-302	К-607
150	170	2 x 91,3	150 (найбільша)	220 при ТВ=40 %	зо	350
115	63	—	—	-	35	-
16	22	2 x 9	11,2	14,0	0,9	18
60 000	45 000	16 000	11 800	12 500	31 400	100 000
100 000	125 000	3 000	2 940	25 000	41 900	200 000
200	99					
285	169	-	-			
10	13	500	160	50	50	10-12
3 200 x 820 x x2 640	1 990 x 1 060 x x1 300	-	2135x3000x x2 570	1 800x1 150 x x2 500	1 530x1 450 x x1 290	2900x2250 x x3 380
8 450	2 600	12 900	4 850	4 950	2 100	14 000

## Призначення машин для стикового

Тип машини	Призначення
K-771	Зварювання безперервним оплавленням стиків труб із вуглецевих та низьколегованих сталей- Діаметр труб 57, 76, 89, 108, і 114 мм, товщина стінок труб 3, 4, 5, 8, і 10 мм. Максимальний переріз виробу що зварюють, 3600 мм <sup>2</sup> Можна зварювати окремі відрізки труб у трубні секції на стаціонарних польових базах, а також труб у безперервну нитку трубопроводів у польових умовах
MCO-604 УХЛ4	Зварювання у стаціонарних умовах безперервним оплавленням та оплавленням із підігрівом котельних труб із сталей гіерлітного класу діаметром 25, 28, 32, 38. та 42 мм, із мінімальним радіусом шва за віссю труби 55 мм для труб діаметром 25-38 мм та радіусом 70 мм, труб діаметром 42 мм Можливе зварювання будь-яких заготовок стрижневого типу перерізом до 1500 мм <sup>2</sup> із низьковуглецевих сталей. Переріз труб із аустенітних сталей - 600 мм <sup>2</sup> , із перлітних - 850 мм <sup>2</sup>
K-584 Мтипу MCO-5001-1	Зварювання у польових умовах безперервним та імпульсним оплавленням труб із вуглецевих та легованих сталей із межею міцності до 686 МПа і межею текучості до 490 МПа площею поперечного перерізу до 1400 мм <sup>2</sup> , із зняттям зовнішнього ґрату безпосередньо після зварювання Діаметр зварюваних труб 114, 155, 160, 168, 180, 214, 220, 250, 273 мм. Товщина стінок труб 4,5-36 мм
K-805	Зварювання труб діаметром 473, 429 і 530 мм та стінок завтовшки 7-14 мм при максимальному перерізі труби 25 000 мм <sup>2</sup> . Зварювати можна як у стаціонарних умовах (у дво- або тритрубні секції), так і в умовах трас (у безперервну нитку)
K-800 ("Север-3")	Зварювання оплавленням з програмним керуванням напруги стиків труб діаметром 1020 і 1220 мм з товщиною стінок 10-16 мм. Максимальний переріз виробу 63 000 мм <sup>2</sup> . Довжина труб або секцій 8-36 м. Можливе зварювання гнутих труб. Установа "Север-3" пересувна
K-700-1 ("Север-1")	Зварювання оплавленням з програмним керуванням напруги труб діаметром 1420 мм та максимальною площею перерізу 92 300 мм <sup>2</sup> Установа пересувна
K-775	Зварювання трубопроводу діаметром 920-1020 мм та товщиною стінки 12-26 мм. Максимальний переріз 82 900 мм <sup>2</sup>

## Технічні характеристики установок та машин

Характеристика		MCO-604	K-584M типу MCO-5001-1	K-805
Номінальна потужність, кВ А, при ТВ = 50%	100	35	200	400
Струм,кА:				
найбільший вторинний	25	45	67	
тривалий вторинний		9,0	18 + 18	14
Зусилля, мН:				
затиснення	0,42	0,125	1,25	2,94
осаджування	0,18	0,063	0,5	0,98
Швидкість, мм/с:				
осаджування	25	80	30	60
оплавлення	0,1-1,2	0,3-1,0	0,22-1,0	0,18-2,0
Продуктивність, зварювань/год	12	100	10	8
Габарити, мм	1 600 x 1 000 X X 800	2 500 x 1 580 X x 1 180	1 810 x 1 050 x x1 170	2 200 x 2 200 x x2 500
Маса, кг	650	3 800	2 900	10 000

## шаріваїїя труб

## Призначення

К-778	Зварювання оплавленням (спосіб ковзного контакту) стиків труб (з програмним керуванням напруги) діаметром 114, 159, 168 та 219 мм та товщиною стінки 4, 6, 10 та 12 мм (калібри 14-22). Максимальний переріз труби 8000 мм"
К-812	Зварювання безперервним оплавленням сталевих труб діаметром 57 мм га товщиною стінок від 3 до 6 мм, площею перерізу до 1000 мм <sup>А</sup> із зняттям ґрату після зварювання. Машина К-812 - підвісна, призначається для комплектування комплексів зварювання у польових умовах, К-812-1 - для зварювання у стаціонарних умовах із жорстким закріпленням
К-812-2	Зварювання безперервним оплавленням сталевих прутків діаметром 16-25 мм у безперервну штангову колону у польових та стаціонарних умовах із зняттям ґрату після зварювання та послідовною термомеханічною обробкою
К-813 типу МСО-1606-У1	Зварювання безперервним оплавленням труб у польових умовах із вуглецевих та легованих сталей діаметром 57-14 мм із зняттям зовнішнього ґрату після зварювання
ТКУС-1А	Зварювання труб із зовнішнім діаметром 114-377 мм у напівстаціонарних умовах. Комплектується зварювальними головками типу СГ-1 для труб діаметром 114-219 мм та СГ-2 для труб діаметром 273-377 мм
ТКУС-2	Зварювання труб із зовнішнім діаметром 426-529 мм (зварювальною головою типу СГ-3) та 720-820 мм (зварювальною головою типу СГ-4)
Г1ЛТ-321	Зварювання труб із зовнішнім діаметром 114-325 мм у напівстаціонарних умовах. Комплектується зварювальною машиною типу К-584 М
ПЛТ-531	Зварювання труб із зовнішнім діаметром 377-530 мм у напівстаціонарних умовах. Комплектується машиною типу К-805
КС-5	Зварювання труб діаметром 57 мм і стінок завтовшки 4-6 мм. Довжина зварювальних труб або секцій 8-11 м. Установка пересувна
ТКУП-321	Зварювання труб із зовнішнім діаметром 114-325 мм та стінок завтовшки від 7 до 20 мм. Довжина труб або секцій 8 м. Установка пересувна

Таблиця 10.8

## для стикового зварювання труб

	К-700-1		К-813 типу МСО-1606-У1	К-812, К-812-1, К-812-2 типу МСО-711У1, типу МСО-711-1У2, типу МСО-711-2У-2
790	820	200	110	
	-	-	52	50
28			9,0	4,0
6-8	15,5	-	1,6	0,7
2,2	4,0	0,032	0,5	2,0
40	20-30	До 25	40	100
0,1-1,5	0,1-1,5	0,1-2,0	0,4-2,0	0,2-10,3
6	6	10-15	40	50
20 425-довжина	11 600-довжина	2 135 * 1 520 *	1 622 x 880 »	1 100 x 1 000 * 1 000
920, 102-діаметр	1 400-діаметр	* 1 250	* 920	
20 000	28 000	3 300	1 350	900

Таблиця 11.10

**Технічні характеристики пересувних установок  
типу КС-5 та ТКУП-321**

Характеристика	Тип установки КС-5, ТКУП-321
Потужність електростанції, кВт	200
Номінальна напруга на генераторі, В	400
Номінальна потужність зварювального трансформатора, кВ А	180
Номінальна вторинна напруга, В	7,3
Середнє значення первинного струму у процесі оплавлення, А	450
Робочий тиск масла в гідросистемі, МПа	12,25
Зусилля, мН:	
затиснення	1,22
осаджування	0,22

При м ітка. Комплектуються установки зварювальною машиною типу К-584М.

Таблиця 10.10

**Технічні характеристики  
напівстаціонарних установок та ліній  
для стикового зварювання труб**

Характеристика	Тип обладнання			
	ТКУС-1А	ПЛТ-321	ПЛТ-531	
Тип зварювальної машини	СГ-1	СГ-2	К-584М	К-805
Зовнішній діаметр труб, що зварюють, мм	114-219	273-377	114-325	377-530
Споживана потужність, кВ А	125	250	250	400
Максимальний тиск у гідросистемі зварювальної машини, МПа	4,9	5,9	12,25	16
Вторинна напруга зварювального трансформатора, В	4; 5; 6	5; 6; 7	7,0	6,8
Швидкість, мм / с:				
оплавлення	0,2-1,0	0,2-1,0	0,1-1,5	0,1-1,5
осаджування	25	25	25-30	30-35
Зусилля, мН:				
затиснення труб	8	20	1,225	2,94
осаджування	0,27	0,63	0,519	0,98
Маса, кг	1950 (головки)	5550 (головки)	30 000	40 000

Таблиця 10.11

## Технічні характеристики пересувних електростанцій

Характеристика	Тип пересувної електростанції			
	ЗСДА-30	ЗСДА-100	ЗСДА-200	АС-630С
Струм, А:				
номінальний	55	180	360	-
максимальний	90	290	580	2 400
Пікова потужність, кВт	35	110	220	1 050
Двигун	ЯАЗ-204Г	1Д6	1Д12	-
Генератор	АД-30	ГСФ-100	ГСФ-200	-
Габарити, мм	3 500 « 2 500 х х 2 700	6 940 х 2 580 х х 3 200	9 545 х 2950 х х 3 100	-
Маса, кг	5 000	9 500	12 600	25 000

Продовження табл. 10.11

Характеристика	Тип пересувної електростанції			
	ЗСД-500	ЗД-500	ЗСДА-1000	ЗД-10000
Струм, А:				
номінальний	900	-	1 800	-
максимальний	1 450	1 450	2 500	2 500
Пікова потужність, кВт	550	550	1 100	1 100
Двигун	М61У / 58	-	124Н21 / 21	8ЧН21 / 21
Генератор	СГДМ-11-46-4	-	МСК-1 250-1 500	СГ-1 250-1 500
Габарити, мм	9 000 х 3 000 х х 3 680	-	12 900 х 3 025 х х 3 770	-
Маса, кг	15 700	24 500	30 000	30 000

Примітка. Визначення найменувань згідно з технічною документацією виробника (російського).

## **11. ОДНОФАЗНІ МАШИНИ ЗМІННОГО СТРУМУ ДЛЯ ТОЧКОВОГО, РЕЛЬЄФНОГО ТА ШОВНОГО ЗВАРЮВАННЯ**

Однофазні машини змінного струму типу МТ, МТП найбільш пристосовані для зварювання різних сталей і титанових сплавів.

У зв'язку з великими швидкостями наростання струму зварювання високоміцних та жароміцних сплавів (особливо, завтовшки менше 0,8 мм) на таких машинах супроводжується виплесками і нестабільними розмірами точок. Зварювання легких сплавів занадто енергоємне та відзначається інтенсивним забрудненням поверхонь деталей та електродів у зв'язку з переходом металу електродів на поверхню виробу і навпаки. Для точкового зварювання арматурних конструкцій із дроту і прутків використовують однофазні багатоточкові машини типу МТМ.

Машини постійного струму МРВ, МТВ, МТВР, МШВ та низькочастотні типу МТН, МРН мають великі можливості - прийнятну форму імпульсу струму і відносно малу енергоємність. Їх рекомендують для зварювання відповідальних виробів із будь-яких конструкційних металів.

### **11.1. ОДНОФАЗНІ МАШИНИ ДЛЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО КОНТАКТНОГО ЗВАРЮВАННЯ**

Універсальні стаціонарні однофазні машини для точкового зварювання (рис. 11.1, табл. 11.1, 11.2) складаються з корпусу, в середині якого знаходиться зварювальний трансформатор, колодки вторинного витка якого з'єднані з консолями-хоботами, електродотримачами і електродами гнучкими та жорсткими шинами. Верхній електрод переміщується вгору і вниз (робочий і додатковий хід) разом із верхнім повзуном механізму стику. Найбільше розповсюдження в цих машинах набули пневматичні приводи зусилля (пневмоиоршневі й пневмодіафрагмові). У пневматичних системах обладнання для контактного зварювання використовуються електропневматичні клапани та пневморозподілювачі, які змінюють напрямки потоків стиснутого повітря у пневмоприводах, типів КПЗМ (змінного струму), КЗП, П-ЗПР, П-РЗ, В та П-Р4Ф (постійного струму на 12, 24, 36...В), перемикачі та пневморозподілювачі ручні кранові типів ПГІМ, П-РВП, В-7 І та ін.

## Призначення однофазних машин контактного зварювання

Тип машини	Призначення (зварюють)
MT-810	Низьковуглецеві сталі завтовшки від 0,25 + 0,25 до 3,0 + 3,0 мм
MTP-1201	Листові низьковуглецеві сталі завтовшки від 0,2 + 0,2 до 3,0 + 3,0 мм
MT-1222	Низьковуглецеві сталі. У жорсткому режимі - завтовшки від 0,5 + 0,5 до 1,6 + 1,6 мм. У м'якому - завтовшки від 0,5 + 0,5 до 5,0 + 5,0 мм. Нержавіючі сталі завтовшки 1,0 + 1,0 мм, алюмінієві сплави завтовшки 0,6 + 0,6 мм
MTP-1701	Низьковуглецеві сталі завтовшки від 0,5 + 0,5 мм до 5,0 + 5,0 мм
MT-1818	Низьковуглецеві сталі завтовшки від 0,5 + 0,5 до 3,0 + 3,0 мм; леговані сталі типу 12X18H9T - від 0,5 + 0,5 мм до 1,5 + 1,5 мм, титанові сплави - від 0,5 + 0,5 до 2,0 + 2,0 мм, хрестоподібні з'єднання із стрижнів арматури класу А-I з діаметром від 4,0 + 4,0 до 16,0 + 16,0 мм, класів А-II і А-III - від 6,0 + 6,0 до 12,0 + 12,0 мм
MT-1927	Низьковуглецеві сталі завтовшки від 0,5 + 0,5 мм до 4,0 + 4,0 мм; нержавіючі сталі і титанові сплави - від 0,5 + 0,5 мм до 4,0 + 4,0 мм, хрестоподібні з'єднання із стрижнів арматури класу А-I з діаметром від 4,0 + 4,0 до 16,0 + 16,0 мм, класів А-I і А-III - від 6,0 + 6,0 до 10,0 + 10,0 мм
MT-2023	Низьковуглецеві сталі завтовшки від 0,5 + 0,5 до 3,0 + 3,0 мм, леговані і низьковуглецеві сплави та сталі завтовшки до 1,0 + 1,0 мм
MT-2024 і MT-2024-1	Низьковуглецеві сталі завтовшки від 0,8 + 0,8 до 2,5 + 2,5 мм, (у м'якому режимі від 0,8 + 0,8 до 5,0 + 5,0 мм); леговані сталі типу 12X18H9T і ЗОХГСА; титанові сплави типу OT4 завтовшки від 0,5 + 0,5 до 3,0 + 3,0 мм
MT-2103 MT-2103-1	Низьковуглецеві і леговані сталі завтовшки від 1,0 + 1,0 до 4,0 + 4,0 мм, хрестоподібні з'єднання із стрижнів арматури класу А-I з діаметром від 4,0 + 4,0 до 22,0 + 22,0 мм; класу А-III з діаметром від 8 + 8 до 16,0 + 16,0 мм
MTP-2401	Листові низьковуглецеві сталі завтовшки від 0,5 + 0,5 до 6,0 + 6,0 мм
MT-2827	Низьковуглецеві сталі завтовшки від 1,0 + 1,0 до 6,0 + 6,0 мм; нержавіючі сталі типу 12X18H9T і титанові сплави типу OT4 - від 1,0 + 1,0 до 2,5 + 2,5 мм; хрестоподібні з'єднання із стрижнів арматури класу А-I з діаметром від 6,0 + 6,0 до 22,0 + 22,0 мм, класу А-II і А-III - від 6,0 + 6,0 мм до 18,0 + 18,0 мм
MT-3001 і MT-3001-1	Низьковуглецеві сталі завтовшки від 0,8 + 0,8 до 7,0 + 7,0 мм; нержавіючі сталі типу 12X18H9T і титанові сплави типу OT4 - від 1,0 + 1,0 до 3,0 + 3,0 мм; алюмінієві сплави - від 0,5 + 0,5 до 1,0 + 1,0 мм, хрестоподібні з'єднання із стрижнів арматури класу А-I з діаметром від 6,0 + 6,0 до 25,0 + 25,0 мм; класу А-II і А-III - від 6,0 + 6,0 до 18,0 + 18,0 мм
MT-4019	Низьковуглецеві сталі завтовшки від 0,5 + 0,5 до 1,5 + 1,5 мм; нові алюмінієві сплави - від 0,3 + 0,3 до 1,5 + 1,5 мм
MT-4021	Алюмінієві сплави завтовшки від 0,3 + 0,3 до 1,7 + 1,7 мм; титанові сплави, нержавіючі, жароміцні сталі; сталі, які загартовуються, завтовшки від 0,5 + 0,5 до 5,0 + 5,0 мм; низьковуглецеві сталі - до 8,0 + 8,0 мм
MT-4224 MT-4224-1	Низьковуглецеві сталі (у жорсткому режимі) завтовшки від 1,0 + 1,0 до 6,0 + 6,0 мм; (у м'якому режимі) від 1,0 + 1,0 до 10,0 + 10,0 мм; нержавіючі сталі марки 12X18H9T і титанові сплави типу OT4 - від 2,0 + 2,0 до 4,0 + 4,0 мм; алюмінієві сплави марки АМг - від 1,0 + 1,0 до 2,0 + 2,0 мм; хрестоподібні з'єднання із стрижнів арматури класу А-I: у жорсткому режимі з діаметром від 8,0 + 8,0 до 32,0 + 32,0 мм, у м'якому режимі від 8,0 + 8,0 до 36,0 + 36,0 мм
MT-4218	Низьковуглецеві сталі завтовшки від 2,0 + 2,0 до 10,0 + 10,0 мм; нержавіючі сталі типу 12X18H9T і титанові сплави типу OT4 - від 2,0 + 2,0 до 4,0 + 4,0 мм; хрестоподібні з'єднання із стрижнів арматури класу А-I від 8,0 + 8,0 до 40,0 + 40,0 мм, класів А-II і А-III - від 8,0 + 8,0 до 32,0 + 32,0 мм



### Технічні характеристики однофазних

Характеристика	МТ-810	МТР-1201	МТ-1222	МТР-1701	МТ-1927	МТ-1818	МТ-2023
<b>Потужність, кВ А:</b>							
номінальна	20	15	60 (при ТВ = 32 %)	35	88	110	100
<b>Струм,кА:</b>							
найбільший вторинний	-	12	21,4	17	19,3	18,0	20
номінальний зварювальний	8,0	-	12,5	—	16,0	16,0	13,8
номінальний тривалий	3,6	2,9	7,1	3,2	9,0	9,0	6,3
<b>Зусилля стиснення даН:</b>							
номінальне	300	200	630	500	630	630	1568
найменше	-	50	50	100	142	125	170
найбільше	-	250	220	800	682	725	1735
<b>Виліт, мм:</b>							
межі регулювання	200-315	200-600	450-500	180—400	-	-	-
номінальний	300	250	500	400	500	500	500
<b>Розхил, мм:</b>							
межі регулювання	150-270	130-325	-	150-325	270-370	220-320	150-300
номінальний	150	150	150	150	215	220	-
<b>Хід верхнього електрода, мм:</b>							
робочий	20	20	20	20	5-50	5-30	5-30
<b>Продуктивність, зварювань/хв, при мінімальній товщині зварювальних деталей</b>							
	300	170	375	160	120	250	156
<b>Витрати охолоджувальної води, л/год</b>							
	250	600	960	300	700	700	800
<b>Витрати стиснутого повітря, м<sup>3</sup>/хід</b>							
	0,7	0,16	0,02	0,03	0,8	0,17	1,5
<b>Габарити, мм</b>							
	1084 x *410 « *1400	950 x x450 x x1200	1370 x x470 x x1900	1210 x x450 x x1255	1430 x x450 x x1820	1470 x x450 x x2000	1620 x x520 x x2560
<b>Маса, кг</b>							
	325	160	455	325	730	660	1120

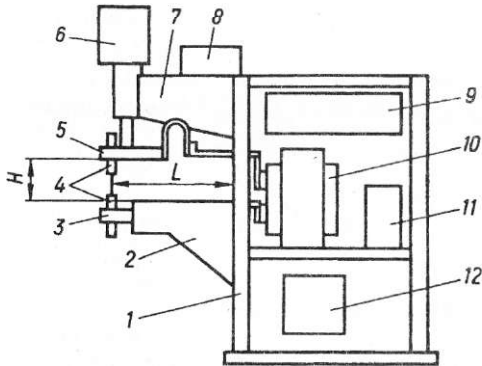
Примітка. Напряга мережі живлення - 380 В з частотою 50 Гц, для машини МТ-810 - 220 В і 380 В.

Таблиця 11.10

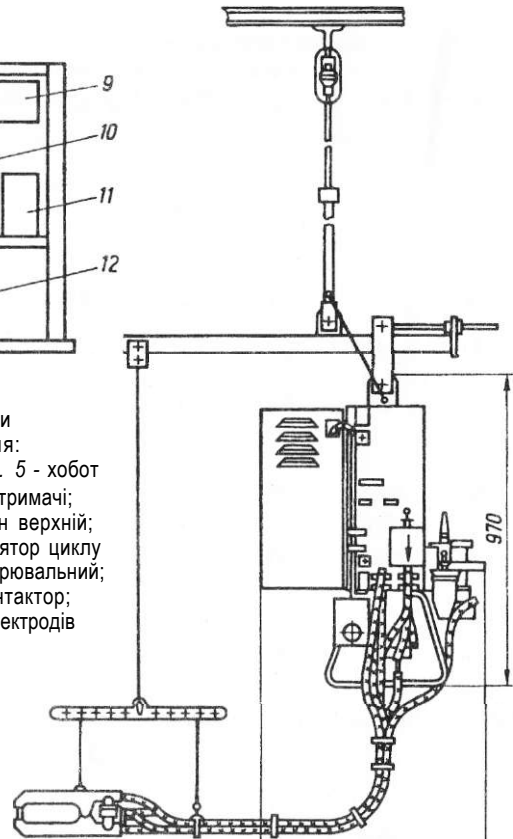
## машин для точкового зварювання

МТ-2024 (МТ-2024-1)	МТ-2103 (МТ-2103-1)	МТ-2827	МТ-3001 (МТ-3001-1)	МТ-4019	МТ-4021 УХЛ4	МТ-4224 (МТ-4224-1) УХЛ4	МТ-4218 УХЛ4	МТР-2401 УХЛ4
74	193	167	160	-	150	255	255	82
20	25	27,8	30	40	40	42	42	24
-	20	25	-	32	10	18	18	5,0
8	9	14	14	10	18	-	-	-
1600	2000	1250	1250	1600	1600	2500	2500	630
100	180	100	60	160	100	200	320	130
1900	2300	1442	1500	1700	1900	3028	3028	950
500-530	-	-	-	-	500-550	-	-	350-1200
500	1200	500	500	500	500	500	500	500
150-300	200-300	200-540	240-540	150-300	150-300	180-280	180-280	180-450
300	300	240	240	220	220	180	180	180
5-30	5-30	5-30	5-30	30	5-30	5-30	5-30	20
167	120	120	176	136	176	96	70	160
800	800	700	700	800	800	1100	1100	310
1,15	1,15	1,0	1,3	1,15	1,15	3,5	3,5	6,7
1600 x x560 x x2420	2330 x x560 x x2380	1720 x x 495 x x 2300	1580 x x 520 x x 2210	1620 x x550 x «2560	1600 x x560 x x2450	1700 x x650 x x2500	1650 x x590 x x2740	1315 x x450 x x1255
950	1520	1100	1000	1300	1100	1300	1450	410

Кліматичне виконання й категорія виконання - УХЛ4.



**Рис. 11.1.** Схема машини для точкового зварювання:  
 1 - корпус; 2 - кронштейн нижній; 3, 5 - хобот нижній та верхній; 4 - електродотримачі; 6 - привід стиснення; 7 - кронштейн верхній; 8 - блок пневмоапаратури; 9 - регулятор циклу зварювання; 10 - трансформатор зварювальний; 11 - перемикач ступенів; 12 - контактор; Н - розхил консолей; і - вилит електродів



**Рис. 11.2.** Машина підвісна типу МТП-1111 УХЛ4

650

Для аварійного випуску стиснутого повітря із пневмосистеми використовують пневморозподільвачі аварійні типу П-РА, а для підвищення швидкості вихлопу стиснутого повітря шляхом зменшення опору вихлопної лінії - пневмоклапани типів КПВМ чи П-КБВ.

Регулювання витрат стиснутого повітря в одному напрямку та забезпечення незалежного проходу повітря у зворотному напрямку відбувається за допомогою пневматичних дроселів типу ГД. Для дроселювання повітря на виході в атмосферу, а також для регулювання швидкості переміщення виконавчих органів пневмосхем застосовують пневмодроселі типів КДГ1, В та П-ДВ. З метою гальмування руху виконавчих органів пневмоприводів (шляхом натиснення спеціального упора на ролик) пневмосхеми комплектують дроселями типу П-ДТ.

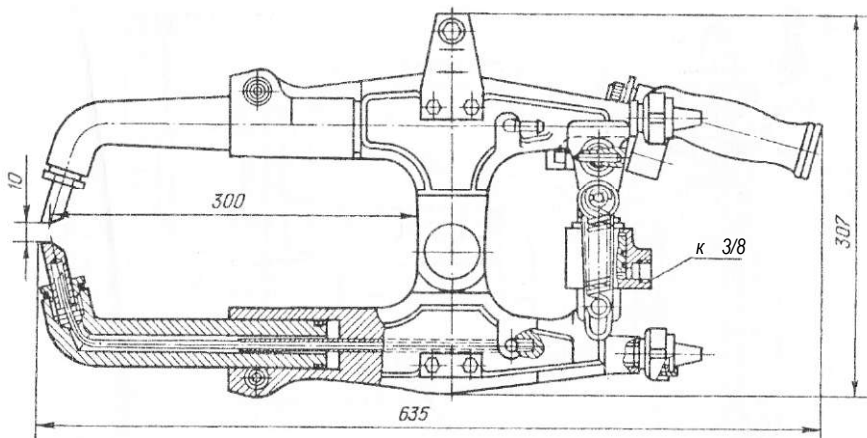


Рис. 11.3. Кліщі гину КТГ8-1

Зниження тиску повітря та підтримка його на потрібному постійному рівні виконується редуруючими пневмоклапанами типів ВР, ГД, РВ, БВ та 122-16.

Зменшення шуму під час вихлопу повітря в атмосферу із пневмосистеми домагаються за допомогою пневмоглушників типів П-Г1, ГП, ПГМ і ПГК.

Сучасне обладнання для електричного контактного зварювання може бути укомплектовано окремими пневматичними блоками типу ПБУ, що призначаються для регулювання, контролю, керування подаванням стиснутого повітря та для регулювання швидкості переміщення пневмодвигунів, до складу яких входять пневмоклапан, редуційний клапан, манометр, пневморозподільувач, дросель та глушник.

Підготовка стиснутого повітря перед подаванням до пневмосистеми (очищення від твердих часток води та масла) здійснюється фільтрами-вологорозподільниками типу БВ та 22-10.

Для змазування поверхонь пневмоприводів шляхом впорскування у потік стиснутого повітря розпиленого масла призначаються спеціальні маслорозпилювачі типів ЛП, В44 та 2 40.

У складі обладнання сучасного виготовлення використовують і окремі пневматичні блоки підготовки стиснутого повітря типів П-Б16 та П-Б6, які мають фільтр, трилінійний двопозиційний вентиль, маслорозпилювач, манометр та випускний клапан.

Верхній повзун контактних машин переміщується у напрямних тертя ковзання чи тертя кочення. Необхідна стабільність зусилля й рухомості електродів забезпечується пружним елементом між штоком і напрямною - так званим компенсатором (найчастіше, пружинним). Комплектуються такі машини трансформаторами типів К, ТВК, ТК, регуляторами циклів зварювання типів РКС, РВИ та РКМ, контакторами типу КТ.

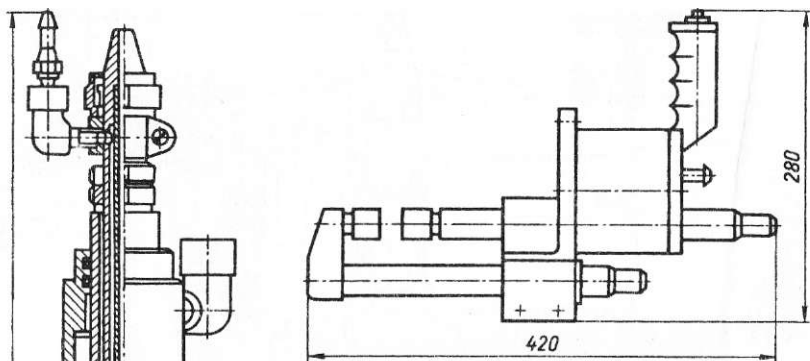


Рис. 11.4. Кліщі типу КТГ8-7

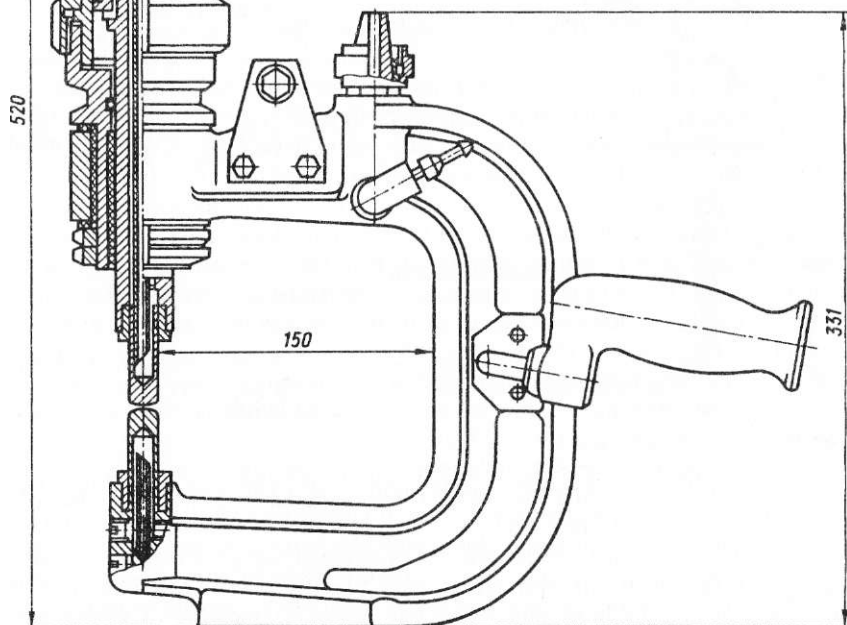


Рис. 11.5. Кліщі типу КТГ12-3-1

Підвісні однофазні машини для точкового зварювання, звичайно, виготовляються з роздільно виконаним трансформатором, який з'єднується із зварювальними кліщами чи пістолетами гнучким кабелем (рис. 11.2-11.6,

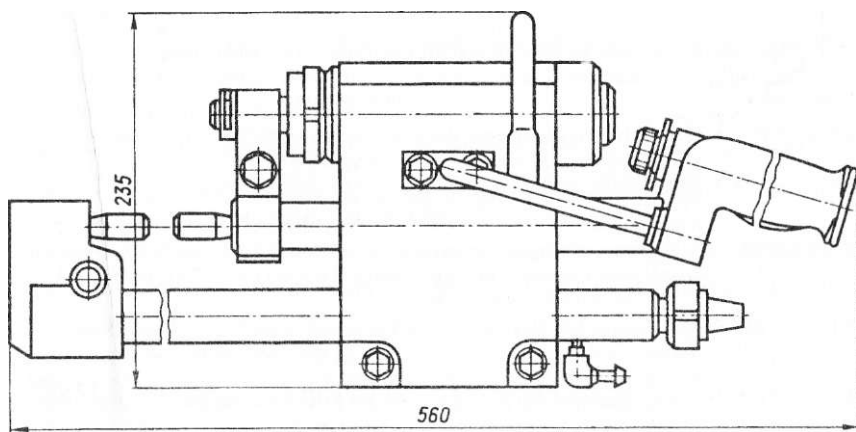


Рис. 11.6. Кліщі типу КТГ8-3

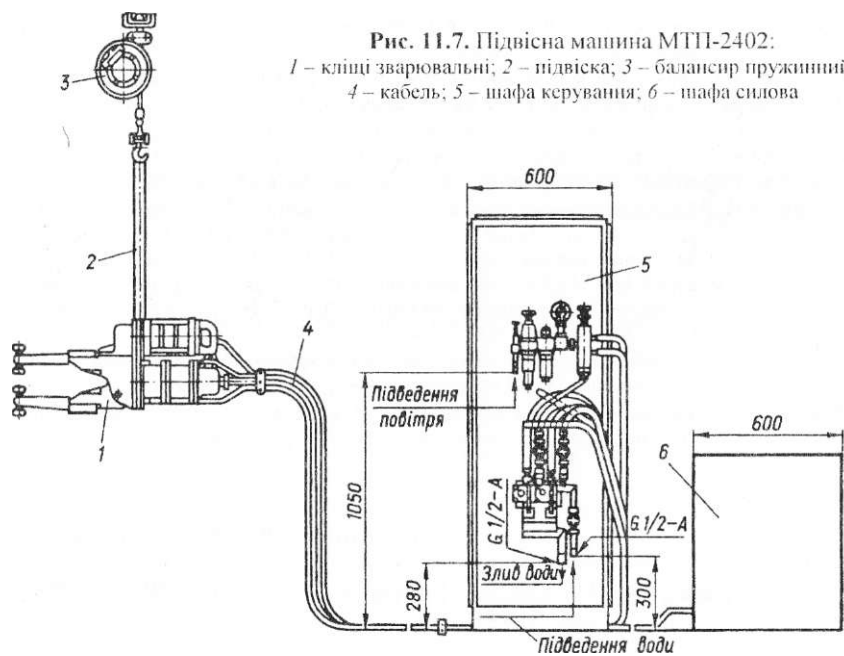


Рис. 11.7. Підвісна машина МТП-2402:

1 – кліщі зварювальні; 2 – підвіска; 3 – балансір пружинний;  
4 – кабель; 5 – шафа керування; 6 – шафа силова

табл. 11.3-11.5). Віддають перевагу біфілярним кабелям, які характеризуються малою індуктивністю, зрівноваженістю електродинамічних сил і меншими поштовхами при вмиканні струму.

## Призначення однофазних підвісних машин точкового зварювання

Тип машини	Призначення
КСБ-02 УХЛ4	Використовуються в ремонтних майстернях та побуту для зварювання деталей із низьковуглецевих сталей завтовшки від 0,6 + 0,5 до 1,5 + 1,5 мм
МТП-803У4	Зварювання низьковуглецевих сталей завтовшки від 0,5 + 0,5 до 3,0 + 3,0 мм, арматури з діаметром стрижнів від 5,0 + 3,0 до 20 + 8 мм
МТП-809 УХЛ4	Зварювання арматури з діаметром мінімальним 3,0 + 5,0 мм та максимальним для низьковуглецевої + низьколегованої арматури класів А-I + А-I. 8-I + В-I - 10 + 10 мм, А-I + А-III - 8 + 10 мм
МТП 1110УХЛ4	Зварювання листових конструкцій із низьковуглецевої сталі; у жорсткому режимі завтовшки від 0,5 + 0,5 до 1,2 + 1,2 мм, у м'якому режимі завтовшки від 2,0 + 2,0 мм; зварювання прутків у навхрест із арматури класу А-I у жорсткому режимі діаметром від 5,0 + 5,0 до 6,0 + 6,0 мм, у м'якому режимі з діаметром до 16,0 + 16,0 мм, арматури класів А-II і А-III з діаметром від 6,0 + 6,0 до 8,0 + 8,0 мм
МТП-1111 УХЛ4	Зварювання листових конструкцій із низьковуглецевих сталей: у жорстких режимах завтовшки від 0,5 + 0,5 до 1,2 + 1,2 мм, у м'яких режимах завтовшки від 0,5 + 0,5 до 2,0 + 2,0 мм; зварювання прутків навхрест із арматури класу А-I: у жорсткому режимі діаметром від 0,5 + 0,5 до 6,0 + 6,0 мм, у м'якому режимі - діаметром від 0,5 + 0,5 до 16,0 + 16,0 мм. з арматури класів А-II і А-Ш діаметром від 6,0 + 6,0 до 8,0 + 8,0 мм
К-264 (МТП-1210 УХЛ4)	Одностороннє зварювання в різних просторових положеннях низьковуглецевих сталей завтовшки до 1,2 мм з виробами завтовшки не менше 3,5 мм, а також для зварювання листів завтовшки до 1,2 + 1,2 мм на мідній підкладці
МТП-1401 УХЛ4	Зварювання листів із низьковуглецевої сталі завтовшки від 0,5 + 0,5 до 3,0 + 3,0 мм, арматури навхрест з діаметром від 5,0 + 5,0 до 20,0 + 8,0 мм
МТП-1409 УХЛ4	Зварювання низьковуглецевих сталей кліщами КТГ-12-3 завтовшки від 0,5 + 0,5 до 4,0 + 4,0 мм; кліщами КТГ-12-3-2 - від 0,5 + 0,5 до 2,5 + 2,5 мм, діаметром зварювання навхрест прутків із сталі класів А-I, А-II, А-III; кліщами КТГ-12-3-1 - від 4,0 + 4,0 до 12 + 12 мм, кліщами КТГ-12-3-2 - від 4,0 + 4,0 до 16 + 16 мм
К-243ВУ4	Мінімальний розмір зварюваної комірки 250 x 250 мм для кліщів КТГ-12-3-1 і 300 x 300 мм, для кліщів КТГ 12-3-2
МТП-2402 і МТП-2402-1	Зварювання арматури періодичного та гладкого профілю з діаметром (номінальним) 14 + 14 мм, максимальним 14 + 40 мм
	Зварювання сіток із стрижнів арматури з діаметром 16 + 40 мм періодичного і гладкого профілю, а також просторових арматурних каркасів

## Технічні характеристики однофазних

Характеристика	КСБ-02 УХЛ4 (побутові переносні)	МТП-803У4	МТП- 809 УХЛ4	МТП- 1110 УХЛ4	МТП- 1111 УХЛ4
Потужність, кВт А:					
найбільша при короткому замиканні		52	55	145	145
номінальна	8,6	30		90	90

Зварювальні трансформатори броньовою типу часто вміщують і самі кліщі, що помітно зменшує опір вторинного контуру машини. Комплектуються підвісні машини пневматичними гідравлічними та пневмогідравлічними приводами стиснення деталей

Зварювальні кліщі можуть магі радіальний чи прямолінійний хід електродів.

Цикл зварювання найчастіше керується регуляторами типів РВИ та РКС. Контактори в машинах тиристорні типу КТ.

Основний блок машин, який вміщує трансформатор, кожух, апаратуру керування і електричний прилад, підвішується до підтримуючого приладу (тельфер чи кран-балки) через телескопічну штангу, за допомогою якої встановлюється висота підвісу.

Зварювальні кліщі спеціальним тросом кріпляться до того ж підтримуючого приладу.

Машини нового типу МТП-2402 і МТП-2402-1 з кліщами К0125 та К0126 (рис. 11.7), що розроблені в ІЕ-3 ім. С. О. Пагона ПАН України, для зварювання арматури в будь-якому положенні керуються регуляторами на базі однокристальних ЕЮМ.

Кліщі мають розхил - 65 мм та випіт електродів - 370 мм. Деталі під час зварювання стискуються зусиллям до 8 кН, робочий хід електродів при цьому дорівнює 98 мм.

У кліщах К0126 на відміну від К0125 вбудовані трансформатор зварювальний на частоту 500-700 Гц, а у вторинний контур -- двоперіодний випрямляч.

Напруга (високочастотна) подається на первинні обмотки трансформатора від інверторного джерела живлення, що розташоване у силовій шафі, а випрямлячем є два діоди Д253-4000-1, які кріпляться на колодках вторинного витка трансформатора.

Таблиця 11.4

**підвісних точкових машин**

К-264 типу МТП-1210 УХЛ4	МТП-1401 УХЛ4	МТП-1409 УХЛ4	К243ВУ4	МТП-2402 УХЛ4	МТП-2402-1 УХЛ4
50	55	170	165	-	-
25	15	—	90	110	120



Характеристика	КСБ-02 УХЛ4 (побутові переносні)	МТП-803У4	МТП- 809 УХЛ4	МТП- 1110 УХЛ4	МТП- 1111 УХЛ4
<b>Струм вторинний, кА:</b>					
номінальний зварювальний	-	8,0	8,0	8,0	8,0
максимальний короткого замикання	6,0	-	14,0	11,0	11,0
номінальний тривалий вторинний	0,69	2,8	2,8	3,6	3,6
Зусилля зварювання, даН	115	250	40-320	50-430	106-320
Продуктивність, зварювань/хв	30	180	30	10	160
Витрати охолоджувальної води, л/год	-	180	210	530	530
Витрати повітря, м <sup>3</sup> /100 ходів	-	0,3	0,4	0,4	0,9
<b>Габарити, мм:</b>					
машини (кліців)	222 x 335 x x185	710 x 210 x x260	950 x 200 x x250	720 x 650 x x970	720 x 680 x x880
шафи керування (блока)	360 x 345 x x270	930 x 513 x x835	920 x 503 x x825	-	-
<b>Маса, кг:</b>					
машини (кліців)	(10,8)	290 з шафою керування	(52)	300	340
шафи керування	8,2	290 з шафою керування	208		

### Технічні характеристики кліців

Характеристика	КСБ-02	МТП-803У4	МТП-809 УХЛ4	МТП-1110 УХЛ4	
				КТП-8-1	КТП-8-2
Номінальний виліт, мм	115	100 для листів, 80 для арматури	310	205	50
Номінальний розхил, мм	-	-	10-26	130	-
Зусилля стиснення, даН	115	250	40-320	50-260	87-347
Характер руху електродів	-	Прямолінійний	Прямолінійний	Радіальний	Радіальний
Тип приводу електродів	Ручний	Пневматичний	Пневматичний	Пневматичний	Пневматичний
Хід електродів, мм	10	18	-	12	15
<b>Габарити, мм:</b>					
кліців	220 x 335 x x 135	710 < 210 x 260	950 x 200 x x250	510 x 350 x x302	595 x 380 x 208
балансира пружинного	-	262 x 220 x x 310	284 x 210 x x 300	-	-
Маса, кг	10,8	-	34	12	16

Примітка. У кліцях машин МТТ1-803, МТП-809, МТГ1-1210. МТП-1401, К-264 вбудовано однієї

К-264 типу МТП-1210 УХЛ4	МТП-1401 УХЛ4	МТП-1409 УХЛ4	К243ВУ4	МТП-2402 УХЛ4	МТП-2402-1 УХЛ4
—   12,5 \		12,5 14,0	16 -		24 24
	2,8	5,6	4,5	4,2	4,2
—	50-320	120-600	800	800	800
40	180	10-120	60	120	120
210	215	980	360	300	300
-	0,9	0,2	13 м³/год	13 м³/год	13 м³/год
620 x 292 x >140 (пістолет)	100 x 260 x x260	750 x 1160 x x1650	905 x 355 x x370 (кліщі)	930 x 435 x x420	880 x 435 x x420
710 x 685 x x485	270 x 503 x x850	-	1240 x 610 x x1085	1055 x 580 x x1500	1055 x 580 x x 1500
16 (пістолет)	265	440	500	90	75
197	180			130	230

Таблиця 11.5

**однофазних підвісних точкових машин**

МТП-1110 УХЛ4		МТП-1111 УХЛ4			
КТП-8-6	КТП-8-7	КТГ-8-1	КТГ-8-2	КТГ-8-3	КТГ-8-4
30	37	208	104	39	37
35	20	130	-	-	-
80-430	77-345	50-270	83-270	106-6345	106-6345
Прямолінійний	Прямолінійний	Радіальний	Радіальний	Прямолінійний	Прямолінійний
Пневматичний	Пневматичний	Гідравлічний	Гідравлічний	Гідравлічний	Гідравлічний
45	30	12	15	15	15
600 x 300 x x 320	420 x 150 x x 280	510 x 350 x x 320	560 x 380 x x 235	560 x 380 x x 235	640 x 380 x x 265
11,5	6	16	16	15	15

трансформатор, другий - проміжний - знаходиться у шафі керування.

## 11.2. БАГАТОТОЧКОВІ МАШИНИ

Багатоелектродні точкові машини використовуються для виготовлення зварних конструкцій із дроту та прутків (гладких чи періодичного профілю) із з'єднаннями навхрест (рис. 11.8, табл. 11.6, 11.7). Використовуються такі машини як окремо, так і у складі автоматичних установок і ліній.

Таблиця 11.6

### Призначення багатоелектродних машин контактного зварювання

Тип машини	Призначення
МТМ-166 УХЛ4	Зварювання сіток для залізобетонних конструкцій з автоматичною подачею поперечних і поздовжніх стрижнів з бухт з правлінням та різанням поперечних стрижнів. Діаметр зварювальних дротів: поздовжніх 3-8 мм, поперечних 3-6 мм. Ширина сітки, що зварюється, 1000-2650 мм. Відстань між осями поперечних дротів 100-400 мм, 50-300 мм, поздовжніх дротів 100 мм та більше, кратна 50 мм
МТМ-207 УХЛ4	Зварювання площинних арматурних сіток з дротів арматурної сталі класів В-I, А-I, А-II, А-III з діаметрами поперечних дротів 4-12 мм, поздовжніх 5-25 мм. Ширина сітки, що зварюється, 300-800 мм. Відстань між поперечними дротами 50-400 мм, поздовжніми 100-750, кількість поздовжніх стрижнів - 8
МТМ-32 УХЛ4	Зварювання площинних важких арматурних каркасів класів А-I-А-III, Ат-IC, Ат-IУ з діаметрами поздовжніх стрижнів 12-32 мм, поперечних 8-12 мм. Кількість поздовжніх стрижнів - 16. Ширина сіток, що зварюються, 1050-3050 мм. Крок стрижнів поздовжніх 100-200 мм, поперечних 100, 200, 300, 600 мм. Кількість поздовжніх стрижнів - 16
МТМ-160 УХЛ4	Зварювання сіток економічного армування (з підкороченими стрижнями) та звичайних площинних арматурних сіток шириною до 3800 мм для залізобетонних конструкцій із гладких стрижнів або дротів з арматурної сталі А-I-А-III, Вр-I. Діаметр поздовжніх дротів 3-12 мм, поперечних 3-10 мм. Кількість поздовжніх стрижнів - 36
МТМК-3х 100-4 УХЛ4	Зварювання арматурних каркасів з прямолінійних дротів низьковуглецевої сталі круглого перетину (класів А-I-А-III, Ат-АС, Ат-II/C). Діаметр поздовжніх стрижнів 5-25 мм, поперечних 4-12 мм. Ширина каркасів 166-775 мм
МТМ-103 УХЛ4	Зварювання сіток шириною до 3000 мм з арматури діаметром поздовжніх стрижнів 6-40 мм, поперечних 8-25 мм. Крок поздовжніх стрижнів 100-200 мм, поперечних 500-600 мм. Сполучення діаметрів арматури (поперечна + поздовжня): максимальне 6 + 40 мм, мінімальне 8 + 6 мм

Тип машини

Призначення

МТМ-35 УХЛ4

Зварювання площинних сіток з сталевих арматурних стрижнів класів А-I і А-II діаметром від 6-12 до 14<sup>4</sup>40 мм відповідно. Ширина каркасів 140-1200 мм. діаметр поздовжніх стрижнів 12<sup>4</sup>10 мм. поперечних 6-14 мм. Кількість поздовжніх стрижнів до 8. Крок стрижнів поздовжній 100-1100 мм, поперечний 100-600 мм

КТР-1001 УХЛ4

Зварювання вузьких арматурних каркасів залізобетонних виробів для житлового, громадського та промислового будівництва. Клас арматури А-III, В-I, Вр-I (поздовжній) і В-I (поперечний). Діаметр арматури поздовжньої 4-8 мм, поперечної 4-6 мм. Ширина каркасів 80-450 мм. довжина каркасів 1000-7200 мм. Кількість поздовжніх стрижнів у каркасі 2, 3 і 4, крок поперечних стрижнів 100-500 мм

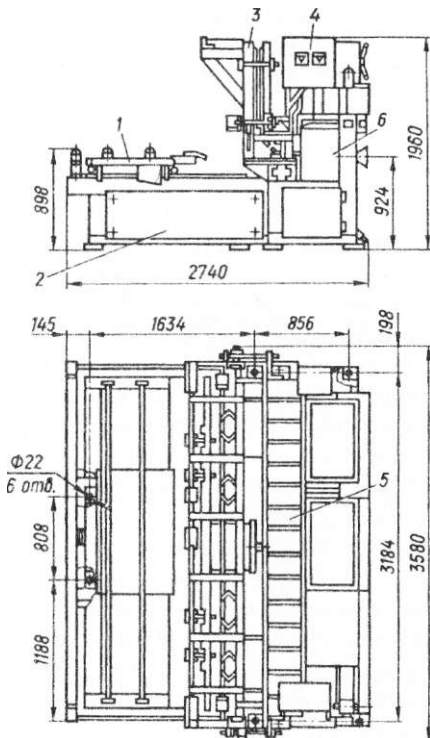


Рис. 11.8. Зовнішній вигляд машини для багатоточкового зварювання арматурних сіток МТМ-32УХЛ4:

- 1 - каретка;
- 2 - станина;
- і - бункер для стрижнів;
- 4 - апаратура управління;
- 5 - головка зварювальна;
- 6 - трансформатор зварювальний

### Технічні характеристики багатоелектродних

Характеристика	МТМ-166 УХЛ4	МТМ-207 УХЛ4	МТМ-32 УХЛ4
<b>Потужність кВ-А:</b>			
<b>найбільша</b>	При роботі в 3 черги 300	150	300, 300, 200 кожної із трьох фаз
<b>номінальна</b>		Найбільша	200 (1 тр) (найбільша)
<b>Струм, кА:</b>			
<b>найбільший вторинний</b>	15,0		
<b>номінальний зварювальний</b>	10	15	20
<b>номінальний тривалий вторинний</b>	3,2	5,0	
<b>Кількість зварювальних трансформаторів, шт.</b>	13	4	5
<b>Продуктивність, погонних м/хв.</b>	9		300 м/год
<b>Кількість перемінних кроків у сітці, що автоматично виконує машина</b>	2		
<b>Зусилля стиснення, даН:</b>			
<b>дротів</b>	200	700	600
<b>переміщення каретки</b>	2000	800	
<b>Витрати стиснутого повітря, м³/год</b>	3,5	0,1 м³/10 ходів	5,4
<b>Витрати води, л/год</b>	1600	1500	2000
<b>Габарити машини, мм</b>	4762 x 2960 > 1540	2300 x 1700 x 1700	2740 x 3580 x 1960
<b>Маса, кг:</b>			
<b>машини</b>	5600	3300	600
<b>шафи керування</b>	160	220	

### 11. 3. МАШИНИ ДЛЯ РЕЛЬЄФНОГО ЗВАРЮВАННЯ

Машини для рельєфного зварювання за конструкцією аналогічні точковим. Вони мають можливість виконувати поряд з рельєфним і точкове зварювання. Для рельєфного зварювання машини мають масивні контактні плити (рис. 11.9) для закріплення спеціального устаткування. Для виконання точкового зварювання використовуються електродотримачі, які є у комплекті кожної машини, і які кріпляться до лицьових торців плит. Корпус і кронштейни рельєфних машин більш жорсткі, ніж у точкових машинах.

Пневматичні механізми стиснення виконуються посиленого типу з поліпшеними динамічними характеристиками; поперечне зміщення повзуна у напрямних машин звичайно мінімальне. Іноді такі машини (приспособовані для одночасного зварювання багатьох точок) комплектуються двома зварювальними, вимкнутими паралельно, трансформаторами, які розташовують по обидві сторони корпусу. Комплектуються машини трансформаторами типів ТВК, ТКП, регуляторами циклу зварювання типів РКС, РВИ, РКМ і тиристорними контакторами типу КТ; характеристики таких машин наведені у табл. 11.8, II 9.

Таблиця 11.10

## машин контактного зварювання

МТМ-160 УХЛ4	МТМ-3х 100-4 УХЛ4	МТМ-103 УХЛ4	МТМ-35 УХЛ4	КТР-1001 УХЛ4
475	3 x 100	1400 (тривала)	1000 (у трьох фазах)	200
30	30	35	45	
12,5		10		10
3,6	5,6		14	
	3		4	
160 м/год	4.5		3,5	
2	2			
500	1250	1000	1000	200
5000		20	600	
200		20	2 м <sup>3</sup> /10 ходів	
	1200	2920	3000	
8970 x 3432x1714	3400 • 1420 > 1970	3525 x 6325 x 2535	2460x2310x1730	20660 x 6760 x 2000
2800	2800	17500	5000	5800
100	100		145	

Таблиця 11.8

## Призначення машин для рельсфного зварювання

Тип машин	Призначення
МР-3818 УХЛ4	Зварювання деталей з низьковуглецевої сталі. Найбільша кількість одниттєво зварюваних рельсфів: 5 - при товщині 0,5 + 0,5 мм; 3 - при товщині 1 + 1 мм; 2 - при товщині 2 + 2 мм; 1 - при товщині 4 + 4 мм. Точкове зварювання
МР-4020 УХЛ4 (МР-4020-1 УХЛ4)	Зварювання деталей з низьковуглецевої сталі. Найбільша кількість одниттєво зварюваних рельсфів: 7 - при товщині деталей 0,5 + 0,5 мм; 4 - при товщині деталей 1 + 1 мм; 3 - при товщині деталей 2 + 2 мм; 1 - при товщині деталей 4 + 4 мм
МР-6303 УХЛ4	Зварювання великої кількості рельсфів на деталях з низьковуглецевої та легованої сталей і для рельсфного Т-подібного зварювання деталей великого перетину. Максимальна кількість одниттєво зварюваних рельсфів: 8 - при товщині деталей 1 + 1 мм; 5 - при товщині 2 + 2 мм; 4 - при товщині 4 + 4 мм; точкове зварювання деталей з низьковуглецевої сталі, з легких та кольорових сплавів, титану та інших металів і сплавів
МР-6918 УХЛ4	Зварювання деталей з низьковуглецевої сталі. Найбільша кількість одниттєво зварюваних рельсфів: 8 - при товщині деталей 0,5 + 0,5 мм; 5 - при товщині 1 + 1 мм; 3 - при товщині 2-2 мм; 2 - при товщині 4 + 4 мм
МР-6924 УХЛ4 (МР-6924-1 УХЛ4)	Зварювання деталей з низьковуглецевої сталі. Найбільша кількість зварюваних точок - 10 при товщині зварюваних деталей 0,5 + 0,5 мм. При товщині деталей 1 + 1 мм кількість одниттєво зварюваних рельсфів - 6, при товщині 2 + 2 мм - 4, при товщині 4 + 4 мм - 2

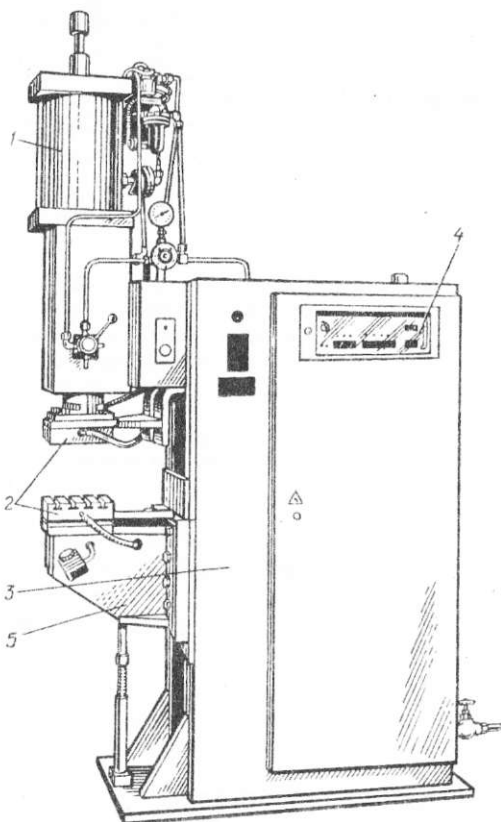


Рис. 11.9. Машина рельсового зварювання типу МР-6916:  
 1 – привід стиснення; 2 – плити електродні; 3 – корпус;  
 4 – регулятор циклу зварювання;  
 5 – кронштейн нижній

Таблиця 11.9

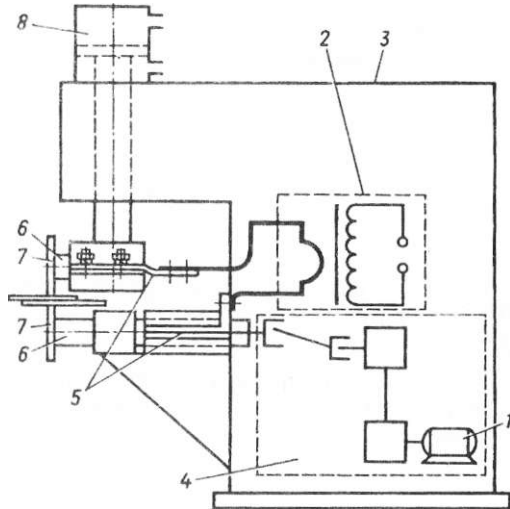
Технічні характеристики машин для рельсовою зварювання

Характеристика	МР-3818 УХЛ4	МР-6924 УХЛ4 (МР-6924-1 УХЛ4)	МР-4020 УХЛ4 (МР-4020-1 УХЛ4)	МР-6303 УХЛ4	МР-6918 УХЛ4
<b>Потужність кВ А:</b>					
найбільша	160	-	253	600	400
номінальна	-	-	99,5	-	-
<b>Струм,кА</b>					
найбільший вторинний	37,7	69	40	115	68,8
номінальний зварювальний	25	-	-	63	40
номінальний тривалий вторинний	11	18	11	28	18
Зусилля зварювання, даН	170-1870	200-3028	130-1870	360-3760	314-3000
Номінальний виліт, до центру плити, мм	300	300	300	300	300

Характеристика	МР-3818 УХЛ4	МР-6924 УХЛ4 (МР-6924-1 УХЛ4)	МР-4020 УХЛ4 (МР-4020-1 УХЛ4)	МР-6303 УХЛ4	МР-6918 УХЛ4
Розхил, мм	130-330	115-330	130-330	50—450	115-330
Хід верхньої плити, мм:					
робочий/повний	5-30/120	5-30/120	5-30/100	50/150	5-30/120
Продуктивність, зварювань/хв	110	10 x 30	210	60	180
Витрати стиснутого повітря, м <sup>3</sup> /100 ходів	2,3	3,5	2,0	1,4	3,5
Витрати охолоджувальної води, л/год	800	1200	800	2500	1200
Габарити, мм	1550 x 495 x x 2560	1700 x 650 x x 2500	1410 x 560 x x 2380	1550 x 1030 x x 3700	1650 x 560 x x 2740
Маса, кг	1200	1300	1100	3150	1450

#### 11.4. МАШИНИ ШОВНОГО ЗВАРЮВАННЯ

У машинах шовного зварювання всередині корпусу (рис. 11.10) влаштовані трансформатор зварювальний (типу ГК) і механізм обертання роликів з електроприводом. Привід може здійснюватись на один або на два привідних ролика в особливо відповідальних випадках. Найбільш розповсюджені електродвигунні приводи постійного або змінного струму. РЕГУЛЮВАННЯ кутової швидкості при використанні електродвигунів може здійснюватись механічними безступеневими варіаторами швидкостей, магнітними і ковзними муфтами. Перевне обертання роликів здійснюється механічними системами з використанням "мальтійського хреста", пневматичними приводами з храповим або зубчастим зчепленням або з кроковим приводом із електромагнітною муфтою. У ряді випадків обертання роликів здійснюється шарошками, які одночасно проводять зачистку робочої поверхні роликів.



**Рис. 11.10.** Схема машини шовного зварювання:

- 1 - двигун; 2 - трансформатор зварювальний; 3 - корпус-станіна;
- 4 - привід обертання роликів;
- 5 - струмомісвідводи; 6 - консолі;
- 7 - електроди-ролики;
- 8 - привід стиснення деталей



Тип машини	Призначення
МШ-802 УХЛ4	Зварювання внапустку сітки (довжина зварного шва 151 мм). Зварюваний матеріал - сітка № 1,4-0,36 (ГОСТ 12184-66)
МШ-1001 УХЛ4	Зварювання деталей із низьковуглецевих та легованих сталей без покриття з максимальною товщиною до 1,2 + 1,2 мм
МШ-1601 УХЛ4	Те саме для товщин до 1,5 + 1,5 мм
МШ-2203 УХЛ4	Зварювання герметичним і міцним швами деталей з низьковуглецевих і легованих сталей без покриття. Товщина деталей від 0,5 + 0,5 мм до 2 + 2 мм
МШ-2001 У4	Те саме. Товщина деталей з низьковуглецевих сталей від 0,5 + 0,5 мм до 1,8 + 1,8 мм, з нержавіючих сталей від 0,3 + 0,3 мм до 1,5 + 1,5 мм
МШ-3201 У4	Те саме. Товщина деталей з низьковуглецевої сталі від 0,8 + 0,8 мм до 3 + 3 мм, з нержавіючої сталі від 0,8 + 0,8 мм до 2,5 + 2,5 мм

**Технічні характеристики**

Характеристика	МШ-802 УХЛ4	МШ-1001 У4	МШ-1601 УХЛ4	МШ-2001 У4
Потужність, кВт	16,8	27	75	127
Струм, кА:				
номінальний зварювальний	8,0	10	16	20
номінальний тривалий вторинний	3,6	-	-	14
Зусилля стиснення, даН	225	250	800	784
Номінальний виліт, мм	-	250	500	800
Швидкість зварювання, м/хв	6,3	1-5,0	0,8-4,5	0,4-4,8
Витрати охолоджувальної води, л/хв	6,3	9,9	12	18
Витрати стиснутого повітря, м <sup>3</sup> /100 ходів	0,13	0,5	0,65	1,5 м <sup>3</sup> /год
Габарити, мм	1600 x 630 x x 1080	1556 x 520 x x 1404	1455 x 510 x x 1770	2395 x 720 x x 2295
Маса, кг	530	526	620	1350

У шовних машинах верхній ролик переміщується разом з повзуном від пневматичного приводу механізму стиснення. Струмоведучі та силові елементи зварювального контуру шовних машин мають ковзний електричний контакт. Іноді контакт навантажують і стискаючим зусиллям (машини малої і середньої потужності). У машинах великої потужності контакт звичайно є розвантаженим.

Таблиця 11.10

**шовного зварювання**

Тип машини	Призначення
МШ-3204 У4	Зварювання міцнощільними швами за відбортовкою масляних баків та інших аналогічних виробів з низьковуглецевих сталей без покриття завтовшки від 0,8 + 0,8 до 3 + 3 мм, освинцьованих і оцинкованих сталей - до 2 + 2 мм
МШ-3207 УХЛ4	Зварювання герметичних і міцних швів паливних баків та інших аналогічних виробів Товщина зварюваних низьковуглецевих сталей від 0,5 + 0,5 до 3 + 3 мм, з нержавіючої сталі - від 0,3 + 0,3 до 2,5 + 2,5 мм. Зварювання поперечних швів
МШ-3208 УХЛ4	Те саме. Зварювання поздовжніх швів
МШН-6 УХЛ4	Багатоелектродне шовне приварювання заготовок контактних планок розміром 63 x 148 мм до безмежного сіткового полотна з кроком 500-900 мм з одночасним проварюванням сітчастого полотна між планками. Матеріали, що зварюються: сітка № 1,6-0,36 (ГОСТ 12184-66), планка-сталь - 5-П-М-08 кп (ГОСТ 16523-70) завтовшки 1 мм.

Таблиця 11.11

**ШОВНИХ МАШИН**

МШ-2203 УХЛ4	МШ-3201 У4	МШ-3204 У4	МШ-3207 УХЛ4	МШ-3208 УХЛ4	МШН-6 УХЛ4
65	30	250	270	270	43
22	32	32	32	32	10
1,1	2,2	2,2	2,2	2,2	-
165-635	1225	1250	10,0-12,50	140-12,50	225
400	800	400	800	800	-
0,4-6,0	0,4-4,8	0,5-4,5	0,4-6	0,4-6	6
11	37	37	37	37	25
2,0	2,3	2,3	2,0	2,0	-
1300 x 500 x x 1875	2395 x 720 x x 2360	2430 x 2400 x x 720	2130 x 650 x x 2030	2095 x 1025 x x 2030	1700 x 1300 x x 3990
760	1700	1550	1550	1550	2500

У багатьох сучасних машинах (табл. 11.10, 11.11) передбачено нескладне переналадження верхньої і нижньої головок для зварювання поперечних і поздовжніх швів обичайок. Машини комплектуються діючими переривниками і блоками керування типів ПК, ПСЛ, БР, ШУ, РКМ, РВИ, тиристорними контакторами.

## 12. КОНТАКТНІ МАШИНИ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

У машинах постійного струму (рис 12.1, табл. 12.1-12.3) випрямлення струму здійснюється безпосередньо у вторинному контурі машини потужними кремнієвими діодами. Живлення таких машин відбувається від трифазної мережі через тиристори (керуючі вентилі), які вмикаються по чергово та подають півперіоди лінійних напруг мережі на відповідні обмотки трифазного трансформатора. Машини постійного струму мають меншу масу, ніж конденсаторні і низькочастотні, але при зварюванні одним імпульсом струму мають відносно велику встановлену потужність внаслідок втрат у силовому випрямлячі, а також потребують великої витрати охолоджувальної води. Випрямлення струму здійснюється за трифазними одноперіодними або шестифазними двопівперіодними схемами.

Таблиця 12.1

### Призначення точкових, рельєфних і шовних машин з випрямленням струму у вторинному контурі (постійного струму)

Тип машини	Призначення
МТВ-3501 УХЛ4	Зварювання деталей з легованих сталей і сплавів завтовшки від 0,5 + 0,5 до 2,5 + 2,5 мм, з алюмінієвих сплавів завтовшки від 0,5 + 0,5 до 2,0 + 2,0 мм
МТВ-4002-1 УХЛ4	Зварювання деталей з низьковуглецевої сталі завтовшки 0,5 + 0,5 мм, жароміцних і титанових сплавів, низьколегованих і корозійностійких сталей завтовшки від 0,5 + 0,5 до 3 + 3 мм, з алюмінієвих сплавів завтовшки від 0,3 + 0,3 до 1,5 + 1,5 мм
МТВР-4801 УХЛ4	Зварювання деталей з низьковуглецевих сталей завтовшки від 0,3 + 0,3 до 3 + 3 мм, з корозійностійких сталей завтовшки від 0,3 + 0,3 до 2,5 + 2,5 мм, алюмінієвих сплавів завтовшки від 0,3 + 0,3 до 3 + 3 мм
МТВ-4802 УХЛ4	Зварювання крупногабаритних деталей відповідального призначення з алюмінієвих сплавів завтовшки від 0,3 + 0,3 до 1,5 + 1,5 мм, з жароміцних сталей і титанових сплавів завтовшки від 0,3 + 0,3 до 3 + 3 мм, з нержавіючих сталей завтовшки від 0,3 + 0,3 до 4 + 4 мм, з низьковуглецевих сталей завтовшки від 0,5 + 0,5 до 5 + 5 мм, з латуні та бронзи - від 0,5 + 0,5 до 2,5 + 2,5 мм. Мінімальний діаметр обичайки, що зварюється, 300 мм на довжині 1000 мм

Рис. 12.1. Шовна машина з випрямленим струмом  
у вторинному контурі:

1 - привід стиснення; 2 - корпус; 3 - випрямляч; 4 - шафа керування;  
5 - контур вторинний; 6 - напрямна; 7.....електроди-ролик; 8 - привід роликів

*Продовження табл. 12.1*

Тип машини	Призначення
МТВР-6001 УХЛ4	Зварювання деталей з високоміцних алюмінієвих сплавів завтовшки від 0,3 + 0,3 до 1,5 + 1,5 мм, з м'яких алюмінієвих сплавів завтовшки від 0,3 + 0,3 до 1,5+1,5 мм, з низькоуглецевих сталей завтовшки від 0,4 + 0,4 до 4 + 4 мм, з нержавіючих, низьколегованих сталей і титану завтовшки від 0,3 + 0,3 до 3 + 3 мм Найменший внутрішній діаметр обичайки, що зварюється, 250 мм при її довжині 500 мм і 500 мм - при 1000 мм

Тип машини	Призначення
МТВ-8002-1 УХЛ4	Зварювання крупногабаритних виробів з алюмінієвих сплавів завтовшки від 0,5 + 0,5 до 4,5 + 4,5 мм, з нержавіючих, жароміцних і титанових сплавів завтовшки від 0,8 + 0,8 до 6 + 6 мм. Найменший внутрішній діаметр обичайки, що зварюється, 650 мм при її довжині 650 мм і 1100 мм - при 1500 мм
МТВ-16002 У4	Зварювання крупногабаритних виробів з м'яких алюмінієвих сплавів завтовшки до 3 + 3 мм, нержавіючих, жароміцних сталей, сплавів, титанових сплавів завтовшки від 3 + 3 до 8 + 8 мм. Найменший внутрішній діаметр обичайки, що зварюється, 900 мм при її довжині 650 мм і 1300 мм при її довжині 1500 мм
МРВ-19001 УХЛ4	Зварювання деталей із різних сталей і сплавів: для одночасного зварювання великої кількості рельєфів на листових деталях; для кільцевого рельєфного зварювання деталей типу зірок, блоків, шестерень і зубчастих колес. Максимальна кількість одночасно зварюваних рельєфів на деталях з низьковуглецевої сталі: 10 - при товщині деталей 2 + 2 мм, 8 - при товщині 3 + 3 мм, 5 - при товщині 5 + 5 мм
МШВ-6303 УХЛ4	Зварювання конструкцій за відбортовкою. Товщина зварних деталей з низьколегованих сталей від 1,2 + 1,2 до 3,0+ 3,0 мм. Можливе зварювання деталей з металевими антикорозійними покриттями
МШВ-7501 УХЛ4	Безперервне і крокове зварювання герметичних і міцних швів (поздовжніх і поперечних), виробів з легких сплавів, латуні, титанових сплавів, нержавіючих і жароміцних сталей завтовшки від 0,5 + 0,5 м до 3 + 3 мм. Мінімальний внутрішній діаметр зварної обичайки на довжині до 1000 мм при поперечному зварюванні - 360 мм, при поздовжньому - 320 мм
МШВ-8001 УХЛ4	Шовно-крокове зварювання герметичних міцних швів на деталях із титанових і жароміцних сплавів, нержавіючих сталей, низьковуглецевих сталей, а також кольорових металів. Товщина зварних деталей із алюмінію та інших сплавів від 0,5 + 0,5 м до 3 + 3 мм, з низьковуглецевих сталей завтовшки від 1,5 + 1,5 до 6 + 6 мм. Найменший внутрішній діаметр зварної обичайки 380 мм при її довжині 1000 мм і 800 мм - при довжині 1500 мм

Таблиця 11

**Технічні характеристики машин для точкового зварювання  
з випрямленням струму у вторинному контурі (постійного струму)**

Характеристика	МТВ-3501	МТВР-4801	МТВ-4002-1	МТВ-4802	МТВР-6001	МТВ-8002-1	МТВ-16002 У4
<b>Струм кА:</b>							
найбільший вторинний	35	48	-	48	60	85	-
номінальний зварювальний	-	-	40	-	40	80	160
номінальний тривалий вторинний	7,1	14	11,2	11	14	36	-
<b>Зусилля стиснення, даН</b>	120-1700	120-1480	98-1813	120-2500	120-1480	216-7200	1560-19600
<b>Виліт електродів, мм</b>	475-550	800-1200	500	1200	800-1200	1500	1720

Продовження табл. 14.2

Характеристика	МТВ-3501	МТВР-4801	МТВ-4002-1	МТВ-4802	МТВР-6001	МТВ-8002-1	МТВ-16002 У4
Розкил зварювального контуру, мм	180-800	140-390	180-300	200-350	140-390	600	650
Хід верхнього електрода (робочий + додатковий), мм	30 + 100	18 + 218	100	30 + 100	18 + 220	20 + 200	200 макси- мальний
Продуктивність, зварювань/хв	90	60	70	80	60	60	10
Витрати охолоджувальної води, л/хв	25	50	42	25	50	80	—
Витрати стиснутого повітря, м <sup>3</sup> /100 ходів		5	0,11	1,2	5	0,01/хід	
Габарити, мм	1825 x x 750 x x 270	3160 x x 950 x x 1655	2385 x x 802 x x 2580	2910 x x 900 x x 2480	3100 x x 980 x x 1650	3850 x x 1170 x x 3235	3625 x x 1160 x x 7160
Маса, кг	1600	2700	1000	3000	2600	7200	13100

Примітка. Кліматичне виконання машин - УХЛ4.

Таблиця 12.3

### Технічні характеристики машин шовного та рельсфного зварювання з випрямленням струму у вторинному контурі

Характеристика	МШВ-6303 УХЛ4	МШВ-8001 УХЛ4	МШВ-7501 УХЛ4	МРВ-19001 УХЛ4
Потужність, кВА	415	600	520	800
Струм, кА:				
найбільший вторинний	63	95	75	
номінальний зварювальний			63	190
номінальний тривалий вторинний	40	32	36	45
Зусилля стиснення, даН	392-2450	3200	100-3000	6300 (номінальний)
Номінальний виліт, мм	700	1500	1200	500
Хід верхнього електрода (робочий + додатковий), мм	12 + 200	18 + 220	20 + 200	200
Продуктивність, зварювань/хв	2 м/хв	160	250	60
Витрати охолоджувальної води, л/хв	4,5 м <sup>3</sup> /год	83	83	83
Витрати стиснутого повітря, м <sup>3</sup> /год	0,5	0,5	0,5	9,0 (на 100 ходів)
Габарити, мм	2600 x 1420 x x 2800	3970 x 1250 x x 3100	3510 x 1165 > x 2955	2500 x 1550 x x 1650
Маса, кг	6000	700	4450	800

Найбільш поширеними схемами вмикання первинних обмоток трансформаторів і керованих вентилів у таких машинах при поєднанні вторинної обмотки у подвійну зірку з відокремлюючим реактором є: 1) поєднання обмоток у трикутник - керуючі вентиля знаходяться у лінійних фазах обмоток; 2) обмотки поєднані у зірку - керуючі вентиля знаходяться або у лінійних дротах, або забезпечують поєднання обмоток у нулі; 3) використовуються два трифазних трансформатори, первинні обмотки яких поєднані в трикутник. У машинах використовуються трансформатори типів ТТ і ТВТ, шафи керування типів ШУ-347 і ШУ-225-2 та регулятори РКМ-1510. Приводи стиснення машини пневматичні, поршневі або діафрагмові.

### 13. НИЗЬКОЧАСТОТНІ МАШИНИ

У низькочастотних машинах (табл. 13.1-13.3) до трифазного зварювального трансформатора підводиться вирівняна напруга від трифазного випрямляча, зібраного за мостовою схемою; зварювальний струм вмикається і повільно регулюється тиристорами випрямляючого блока. Ступеневе регулювання струму здійснюється зміною кількості витків первинної обмотки трансформатора. Тривалість вмикання струму у цих машинах звичайно не перевищує 0,5 с.

Керування низькочастотними машинами здійснюється спеціальними шафами керування типу ШУ-349 та регуляторами РКМ. Комплектуються машини трансформаторами типу ТНЧ-32.04-1, ТНЧ-30.02 або ТНЧ-40.03.

Приводи у низькочастотних машинах звичайно бувають пневматичні або пневматичні з додатковим електродвигуном. В останньому випадку повзун приводу стиснення переміщується у роликівих напрямних. Для збільшення жорсткості нижньої консолі використовується додаткова розпірка.

Таблиця 13.1

#### Призначення низькочастотних машин для точкового, рельсфного і шовного зварювання

Тип машини	Призначення
МТН-7501 УХЛ4	Зварювання виробів відповідального призначення з низьковуглецевих сталей завтовшки від 0,6+0,6 до 6+6 мм; низьколегованих сталей завтовшки від 0,8+0,8 до 4+4 мм; жароміцних сплавів завтовшки від 0,5+0,5 до 3,0+3,0 мм; корозійностійких сталей завтовшки від 0,4+0,4 до 4+4 мм і алюмінієвих сплавів завтовшки від 0,3+0,3 до 3+3 мм
МТН-10001 УХЛ4	Зварювання виробів відповідального призначення із низьковуглецевих сталей завтовшки від 1+1 до 6,0+6,0 мм, нержавіючих, жароміцних і титанових сплавів завтовшки від 0,6+0,6 до 4+4 мм; алюмінієвих сплавів завтовшки від 0,5+0,5 до 3+3 мм
МРН-15001 УХЛ4 (МРН-34001 УХЛ4)	Одинарне або групове зварювання деталей різної товщини (з кількістю зварюваних рельсфів до 20 при товщині низьковуглецевої сталі 2+2 мм з розташуванням рельсфів у діаметрі до 200 мм); біметалевих заготовок різального інструменту діаметром 5 + 5 мм; сіток з одинарних стрижнів арматурної сталі діаметром до 30+30 мм; патрубків діаметром 80 мм до листа; стрижнів з діаметром до 60 мм до листа та інших деталей. Зварювання деталей різної конфігурації з алюмінію, титану, жароміцних і нержавіючих сталей
МРН-24001 УХЛ4	Зварювання деталей відповідального призначення з корозійностійких, жароміцних сталей і сплавів, низьковуглецевих сталей. Найбільша кількість одночасно зварюваних рельсфів на сталі типу 12Х18Н9Т: 9 - при товщині 1+1 мм; 6 - при товщині 2+2 мм; 3 - при товщині 4+4 мм



Тип машини	Призначення
МШН-3001 УХЛ4	Переривчасте зварювання деталей з малою і нерівною товщиною з мідних сплавів, корозійностійких і жароміцних сталей і сплавів, алюмінієвих сплавів. Безпереривчасте зварювання поперечних швів. Зварювані товщини: мідні сплави від 0,05 до 0,6 мм, корозійностійкі сталі типу 12Х18Н10Т завтовшки від 0,1 до 0,5 мм
МШН-3701 УХЛ4	Те саме. Зварювані товщини: алюмінієвих сплавів - 0,1-0,5 мм, мідних сплавів - 0,05-0,6 мм, корозійностійких сталей типу 12Х18Н10Т - 0,05-0,8 мм, жароміцних сплавів - 0,05-0,6 мм
МШН-8501 УХЛ4	Напівавтоматичне шовне зварювання освинцьованих паливних баків, а також низьковуглецевих, низьколегованих сталей і алюмінієвих сплавів. Товщина зварювальних деталей: з освинцьованої сталі від 0,8+0,8 до 3+3 мм, з холоднокатаної низьковуглецевої або низьколегованої сталі завтовшки від 1+1 до 3+3 мм, з алюмінієвих сплавів - від 1+1 до 2+2 мм

Таблиця 13.2

**Технічні характеристики низькочастотних машин  
для точкового контактного зварювання**

Характеристики	МТН-7501 УХЛ4	МТН-10001 УХЛ4
Номінальна споживана потужність, кВ А	315 (найбільша)	112
Номінальний струм, кА: зварювальний	75 (найбільший)	100 при вмиканні не більше 0,12 с
тривалий вторинний	14	24
Зусилля стиснення, даН:		
номінальне	2000	4500
найменше	120	200
Номінальний виліт, мм	800	1250
Розхил, мм	350	400
Хід верхнього електрода, мм:		
робочий	30	30
повний	100	200
Продуктивність, зварювань/хв	80	50
Витрати охолоджувальної води, л/год	2000	2000
Витрати повітря, м <sup>3</sup> /100 ходів	1,45	1,45
Габарити, мм	2830x970x2530	4200x850x3200
Шафи керування (типу ШУ-349)	659x360x1246	659x350x1246
Маса, кг	4200	6800

Таблиця 10.11

**Технічні характеристики низькочастотних машин  
для рельсфного і шовного зварювання**

Характеристика	МРН-34001 УХЛ4 (МРН-15001 УХЛ4)	МРН-24001 УХЛ4	МШН-3001 УХЛ4	МШН-3701 УХЛ4	МШН-8501 УХЛ4
Потужність, кВ А	238	400	-	76	320 (найбільша)
Струм,кА:					
номінальний вторинний	340	240	30	37	85
номінальний тривалий вторинний	28	32	3,6	3,6	36
Зусилля зварювальне, даН	200-8000	200-5200	10-220	10-230	510-1500
Номінальний виліт, мм	500	300	200	200	600
Розхил, мм	50—400	200—450	20	20	95
Хід верхньої плити, робочий/повний	20/220	60/80	-	-	-
Швидкість зварювання, м/хв	-	-	0,1-1,5	0,1-1,5	0,5-5,0
Продуктивність, зварювань/хв	60	60	-	-	-
Витрати стиснутого повітря, м <sup>3</sup> /год	36	4	0,4	0,4	3,0
Витрати охолоджувальної води, л/год	2000	1500	600	600	3500
Габарити, мм	3200x1 Ю0x x 2600	2900x1 Ю0x x 3300	1360x586x x 1595	1360x586x x 1595	1963x1396x x 2630
Маса, кг	8000	6600	900	1200	4500

## 14. МАШИНИ ДЛЯ КОНДЕНСАТОРНОГО ЗВАРЮВАННЯ

Конденсаторні машини (табл. 14.1, 14.2) найменш енергоємні та характеризуються особливо жорсткими зварювальними імпульсами. Їх використовують переважно для зварювання легких сплавів, а також деталей невеликої і нерівної товщини з металів з достатньою пластичністю.

Таблиця 14.1

Призначення машин точкового конденсаторного зварювання

Тип машини	Призначення
ТКМ-7	Точкове та рельєфне зварювання (мікрозварювання) кольорових металів та сплавів завтовшки від 0,02+0,02 до 0,6+0,6 мм, сталей - від 0,05+0,05 до 0,7+0,7 мм
ТКМ-15	Точкове та рельєфне мікрозварювання кольорових металів завтовшки від 0,05+0,05 до 0,7+0,7 мм. Діаметр деталей, що зварюють, до 1,5+1,5 мм
МТК-501	Зварювання виробів з чорних та кольорових металів і сплавів внапустку завтовшки від 0,01 до 0,2 мм і дротів діаметром від 0,02 до 1 мм, а також для зварювання виробів завтовшки від 0,01 до 0,2 мм з виробами завтовшки до 20 мм
МТК-2001	Точкове та рельєфне зварювання листів з чорних металів і сплавів завтовшки від 0,1 до 1 мм; кольорових до 0,7 мм і дроту з діаметром від 0,2 до 1,5 мм, а також для зварювання металевих листів завтовшки від 0,1 до 0,6 мм з листами металу завтовшки до 40 мм
МТК-5502	Зварювання виробів з алюмінієвих, титанових сплавів завтовшки від 0,3+0,3 до 1,5+1,5 мм і корозійностійких сталей - від 0,3+0,3 до 1,2+1,2 мм
МТК-8004	Зварювання крупногабаритних конструкцій з легованих сплавів, деталей з титану завтовшки від 0,5+0,5 до 2,5+2,5 мм
МТК-8501	Зварювання виробів з алюмінієвих і титанових сплавів корозійностійких сталей завтовшки від 0,3+0,3 до 2,0+2,0 мм

Таблиця 14.2

Технічні характеристики конденсаторних машин  
точкового зварювання

Характеристика	Тип машини						
	ТКМ-7	ТКМ-15	МТК-501	МТК-2001	МТК-5502	МТК-8004	МТК-8501
Потужність, кВ А	0,2	0,8	0,5	1,3	40	70	70
				(тривала)	(тривала)		(тривала)
Струм вторинний найбільший, кА			5	20	55	80	85

Продовження табл. 14.2

Характеристика	Тип машини						
	ТКМ-7	ТКМ-15	МТК-501	МТК-2001	МТК-5502	МТК-8004	МТК-8501
Енергія, Дж:							
накопичена найбільша	114	-	-	-	-	-	-
номінальна	-	16	-	-	-	-	-
Розхил консолей, мм	15		30	55	170-300	450	500
	(хід верхнього електрода, мм)						
Зусилля стиснення деталей, даН	1-56	1-60	0,1-10	8-90	100-1800	1800	180-5180
Продуктивність, зварювань/хв	20	100	42	25	60	50	60
Виліт електродів, мм	150	150	90	200	600	300	1500
Витрати охолоджувальної води, л/год	-	-	-	360	800	1000	2000
Витрати стиснутого повітря, м <sup>3</sup> /год	-	-	-	1,0	1,15	1,2	0,6/10 ходів
Габарити, мм	1400x x800x700	1285x x800x685	1750x x1250x x1260	800x700x x1450	2250x780x x260	1200x x3500x x2700	3700x x1550x x2850
Маса, кг	190	200	165	365	2700	5700	6900

На відміну від інших силова мережа конденсаторних машин складається з двох частин: зарядної та розрядної.

Заряд батареї конденсаторів (типу МБ, ГВ) здійснюється від силового випрямляча, який живиться від трифазної або однофазної мережі, розряд конденсаторів на зварювальний трансформатор відбувається через тиристорні або електромагнітні контактори.

Конденсаторні машини комплектуються трансформаторами типів К, ТНЧ і КН, шафами керування типів ШУ-351, ШК-9 та РКМ-1510.

Регулювання величини і тривалості імпульсу зварювального струму здійснюється у цих машинах зміною напруги зарядки або зміною ємності батареї конденсаторів, а також зміною коефіцієнта трансформації зварювального трансформатора.

## 15. АПАРАТУРА КЕРУВАННЯ

Головним призначенням апаратури керування щодо машин контактного зварювання є відображення у реальному часі відповідної програми (циклограми процесу) шляхом подавання (у аналоговій чи у дискретній формі) керуючих сигналів до функціональних вузлів, які управляють приводами та контакторами зварювальних машин.

До циклограми регуляторів, окрім програм зварювання, можуть бути додані елементи керування допоміжними операціями (переміщення, штампування, зачистки електродів і т. ін.), що забезпечує комплексну механізацію виробничого процесу, контроль якості зварних з'єднань або діагностування стану зварювального обладнання та зварних з'єднань.

### 15.1. РЕГУЛЯТОРИ ЦИКЛУ ЗВАРЮВАННЯ

Регулятори призначаються для управління циклом зварювання контактних машин через функціональну апаратуру: електропневмоклапани, контактори, реле приводів обертання роликів (безперервне або крокове обертання) чи переміщення контактних плит і т. ін.

Залежно від технологічних вимог (обраних циклограм роботи машин) використовуються однопрограмні або багатопрограмні регулятори часу. Регулятори звичайно мають 4-9 позицій регулювання.

Регулятори сучасних конструкцій працюють за аналоговим чи дискретно-цифровим принципами.

В однопрограмних регуляторах число позицій та послідовність їх виконання (порядок дії механізмів) завжди залишаються без змін. Вони забезпечують незалежність регулювань тривалості витримки окремих позицій.

У багатопрограмних регуляторах є можливість (при відповідному налагодженні) використовувати зварювальні цикли з різними варіантами зміни зусилля на електродах або форми імпульсів зварювального струму. Порядок слідування інтервалів та їх чисельність можуть змінюватись залежно від визначеної програми. При цьому окремі позиції можуть бути вимкнені. Звичайно в таких регуляторах є декілька паралельних гілок керування, які запускаються від однієї команди.

Будь-який регулятор складається з  $N$  комірок відповідно до числа позицій, кожна з яких призначена для регулювання тривалості однієї операції,

а в кінці її виробляються сигнали на ввімкнення наступної операції. Суттєва продуктивність сучасних контактних машин вимагає передавання команд за допомогою швидкодіючих безконтактних елементів.

Апаратура керування однофазних машин змінного струму вмонтовується п її корпус. Іноді певні машини комплектуються окремими шафами керування, переривниками, в яких розташовуються регулятори циклу зварювання, контактори, блоки апаратури і т. ін.

Основні технічні характеристики деяких типів апаратури керування наведені в табл. 15.1, 15.2.

Таблиця 15.1

**Технічні характеристики регуляторів циклу зварювання**

Характеристика				PKC-801	PKC-901
Кількість регульованих витримок часу зварювального циклу					
Межі регулювання витримок часу зварювального циклу, періодів напруги живлення:					
зварювання 1	1-99; 4-396	1-99; 4-396	1-99	1-99; 2-198	1-99; 2-198
зварювання 2				1-99; 2-198	1-99; 2-198
попереднє стиснення	1-99; 4-396	1-99; 4-396	1-99	30; 60	30; 60
охолодження			1-99	1-99; 2-19	
проковування	1-99	1-99; 4-396	1-99		
проковування 1	4-396		1-99	1-99; 2-198	1-99
проковування 2	1-99			1-99; 2-198	2-198
Пауза	4-396	1-99; 4-396		1-99; 2-198	1-99; 2-198
Стиснення	1-99; 4-396	1-99; 4-396	1-99	1-99; 2-198	1-99; 2-198
Нижня межа регулювання діючого значення зварювального струму (у відносних одиницях), не більше, %	50		50		50
Кількість імпульсів зварювального струму			1-9	(1-9)+1	
Габарити, мм	320x300* x165	320x300x x165		320x300x x165	320x380x x165
Маса, кг	10	11,5	11	12,5	12

## Технічні характеристики регуляторів циклу зварювання типу РВИ

Характеристика	Тип регулятора		
	РВИ-501	РВИ-703	РВИ-801
Кількість регульованих витримок часу зварювального циклу	5	7	8
Тривалість позиції зварювального циклу, періодів:			
попереднє стиснення	0-396	0-99; 0-198	0-99; 0-198
стиснення	0-99; 0-198	0-99; 0-198	0-99; 0-198
імпульс 1 (перший)	0-99; 0-198	0-99; 0-198	0-99; 0-198
інтервал	.	0-99; 0-198	0-99; 0-198
імпульс 2 (другий)	.	0-99; 0-198	0-99; 0-198
початок кування	.	.	0-99; 0-198
проковування	0-99; 0-198	0-99; 0-198	0-99; 0-198
пауза	0-99; 0-198	0-99; 0-198	0-99; 0-198
Кількість імпульсів зварювального струму	1	1-10	1-10
Те саме з нагріванням 1	.	0-9	0-9
Межі регулювання зварювального струму, %	30-100	30-100	30-100
Тривалість модулювання переднього фронту імпульсу зварювального струму, періодів	15	15	15
Зміна зварювального струму при коливаннях напруги мережі від 0,9 до 1,05 номінального, %	±3	.	+3
Габаритні розміри, мм	415x315x160	415x315x160	415x315x160
Потужність, не більше, В А	100	100	100
Маса, кг	12,5	12,3	13

У позначенні регуляторів циклу зварювання літери й цифри означають наступне. Наприклад, у регуляторі циклу зварювання РКС-501 УХЛ4 Р - регулятор, К - контактний, С - для зварювання, 5 - кількість регульованих позицій зварювання, 01 - реєстраційний номер (модель), УХЛ4 - вид кліматичного виконання та категорія розташування згідно з ГОСТ 15150-69 та ГОСТ 15543-70. Регулятори типу РКС виготовляє з-д "СЕЛМА", м. Сімферополь.

У регуляторах типу РВИ (виробник з-д "Злектрик", м. С.-Петербург), які є аналогами регуляторів РКС, літери означають: Р - регулятор, В - часу, И - на інтегральних мікросхемах.

Регулятори типу РКС входять до комплексу однофазних контактних машин загального призначення.

Регулятор РКС-501 не потребує налагодження на соєр; регулятор РКС-601 дає можливість вести зварювання у багатоімпульсному режимі. Регулятор РКС-901 забезпечує два імпульси зварювального струму з роздільним регулюванням їх діючого значення.

Регулятори РКС-501 і РКС-901 мають два діапазони регулювання тривалості позиції зварювального циклу. Вихідні розніми регуляторів РКС взаємозамінні з рознімами регуляторів типу РЦС, що вироблялись раніше.

У регуляторах РКС використовується цифрове рахування відліку інтервалів позиції зварювального циклу. Тривалість будь-якої позиції циклу відраховується в періодах частоти напруги живлення ( $1 \text{ пер} = 0,02 \text{ с}$ ).

Дискретність відліку і загальний час тривалості усіх позицій можуть бути підвищеними вмиканням тумблера "Множник" у 4 рази для регулятора РКС-501 і у 2 рази для регулятора РКС-901.

Тривалість кожної з позиції циклу встановлюється перемикачами барабанного типу з цифрами одиниць та десятків періодів. Перемикачі для регулювання тривалості зварювального струму мають червоний колір.

До складу регулятора типу РКС входить ряд функціональних блоків і вузлів. До них відносяться багаторозрядний зсувний реєстр позицій циклу зварювання із схемами керування та узгодження, блок лічильників для рахування часових інтервалів циклу (для регулятора РКС-601 і для відліку числа імпульсів зварювання), блок дешифраторів перетворення подвійного коду від лічильників у десятковий код для узгодження з декадними програмними перемикачами, блок фазового керування зварювальним струмом з його стабілізацією при зміні напруги мережі живлення для регуляторів РКС-601 та РКС-901 і з автоматичним налагодженням на коефіцієнт потужності зварювальної машини і без стабілізації струму у РКС-501.

Кожний регулятор, крім цього, вмщує схеми тактування, які виробляють три серії тактових імпульсів для керування лічильниками і реєстром позицій, схеми встановлення лічильників і реєстрів у нульове положення при ввімкненні регулятора у мережу, для формування сигналу "Пуск" при натисненні педалі зварювальної машини, схем підсилювачів і індикації.

Крім перемикачів, для встановлення тривалості усіх позицій циклу у регуляторах РКС-501 і РКС-901 на панелі розташовані перемикачі на 10 положень рівня зварювального струму "Нагрівання". У регуляторах РКС-601 і РКС-901 перемикачі також на 10 положень для регулювання тривалості модуляції переднього фронту пакета імпульсів зварювального струму "Наростання".

Усі регулятори мають тумблери роду роботи "Одиночне зварювання" та "Автоматичне зварювання", а також режиму роботи "Без зварювального струму" або "Зі зварювальним струмом". У регуляторах РКС-601 і РКС-901 на лицьовій панелі встановлено ще й потенціометр настройки коефіцієнта потужності (созф), а в регуляторі РКС-501, який має систему автоматичної настройки на коефіцієнт потужності, цього потенціометра немає. Програм-



ний перемикач рівня "Нагрівання" має додатковий регулятор, стан якого повинен мати однакову позицію з рівнем "Нагрівання" для отримання перехідних процесів при автоматичному налагодженні на різних рівнях нагрівання у всьому діапазоні коефіцієнтів потужності навантаження.

У регуляторах РКС-601 та РКС-901 є два додаткових тумблери, які дають можливість вимикати або вмикати електропневматичні клапани підвищених зусиль "Стиснення" чи "Кування".

На лицьовій панелі регуляторів знаходяться також світлодіоди індикації для візуального контролю роботи: "Мережа", "Клапан", "Зварювання" у регуляторі РКС-501; "Клапан 1", "Клапан 2", "Мережа", "Зварювання" у регуляторі РКС-601 і замість однієї позиції "Зварювання 1" у регуляторі РКС-501; "Клапан 1", "Клапан 2", "Мережа", "Зварювання" у регуляторі РКС-601, і замість однієї позиції "Зварювання" дві позиції "Зварювання 1" та "Зварювання 2" у регуляторі РКС-901.

Регулятори з'єднуються зі зварювальною машиною уніфікованими рознімами типу РШАГКУ-20; при керуванні регуляторами від зовнішніх сигналів передбачаються розніми типів РШАГ-КУ-20-3 і РШАВКУ-14. Регулятори останніх випусків (РКС-502 і РКС-801) забезпечують можливість керування якістю зварювання від різних датчиків процесу, а також від зовнішнього дистанційного керування режимами зварювання у складі автоматизованих комплексів та ліній. Це досягається ввімкненням через другий рознім сигналів для затримання вимкнення зварювального струму після закінчення позиції "Стиснення" до подавання керуючого сигналу припинення зварювального струму у ході позицій "Зварювання" при подаванні керуючого сигналу з такими ж параметрами. Також можливе зовнішнє керування величиною зварювального струму від встановленого рівня до 50 % - нижнього рівня сигналів з напругою від "0" до 10 В при струмі споживання не вище, ніж 15мА.

Регулятори типу РВИ (побудовані на базі мікросхем типу К511ЛА1 та друкованих плат типів БС-003, БУ-610, БК-201, Б.3-014), які є аналогами регуляторів типу РКС, також мають високі технологічні можливості. Циклограми їх роботи зображені на лицьовій поверхні кожного регулятора (рис. 15.1).

Так, регулятор РВИ-703 забезпечує роботу силової комутуючої апаратури у двох режимах:

- а) у режимі з фазовим регулюванням зварювального струму;
- б) у режимі з автоматичним виходом на повнофазний струм.

Регулятори РВИ-801 і РВИ-703 забезпечують наступні режими роботи щодо струму: упродовж одного циклу можуть видаватися від 1 до 10 імпульсів; дають можливість завдавати частину імпульсів (із загального встановленого числа) з "Нагрівання 1", останні - з "Нагрівання 2."; забезпечувати роздільне регулювання "Нагрівання" і тривалості "Імпульсів 1", "Імпульсів 2".

Ці регулятори можуть працювати з повільним нарощенням фронту імпульсу зварювального струму (з модуляцією).

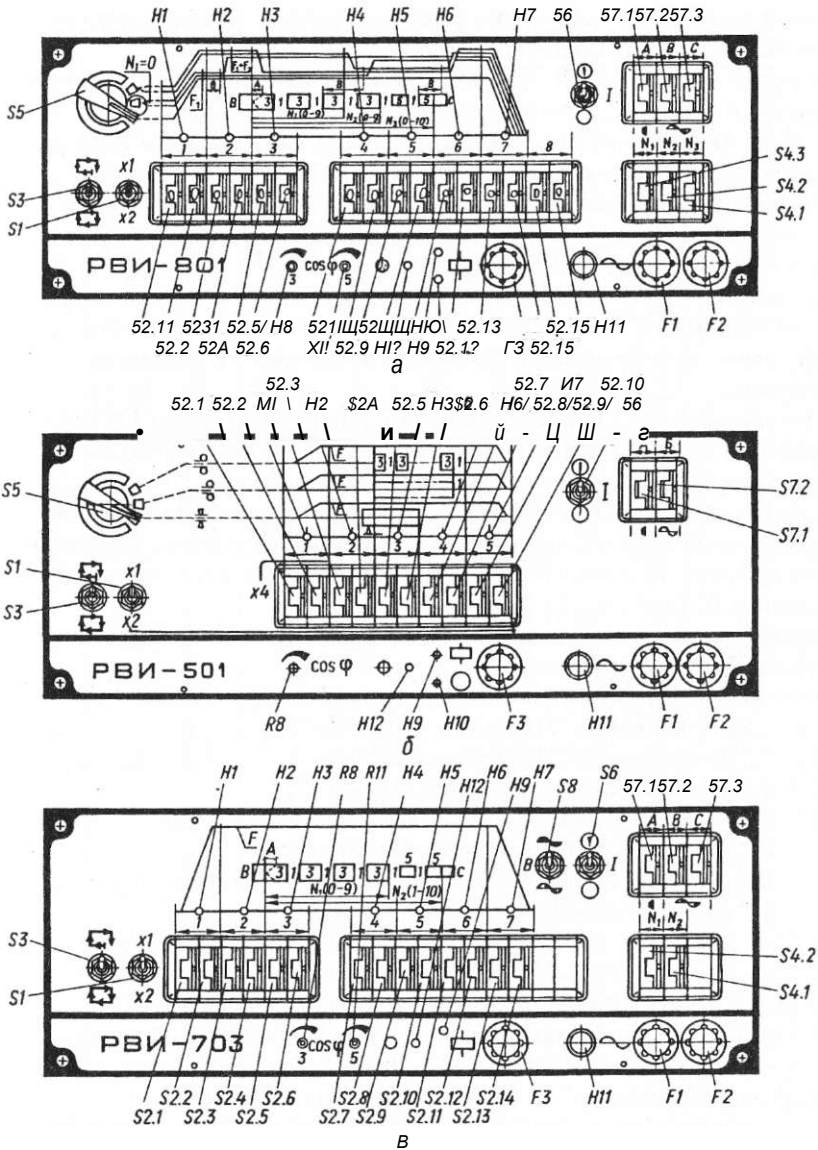


Рис. 15.1. Лицьові панелі регуляторів:

а — РВИ-801; б - РВИ-501; в - РВИ-703 (Р-запобіжники; Н-світлодіоди; 5- перемикачі;  
К - резистори регулювання С05 ф)

Регулятором РВИ-501 здійснюється керування зварювальними шовними та точковими машинами з наступними режимами роботи: шовним (зварювання з переривчастим та безперервним пропусканням струму) і точковим.

Регулятор часу РВИ-801 здатен використовувати п'ять режимів роботи зварювальної машини: з постійним зварювальним зусиллям; з постійним підвищеним (кувальним) зусиллям; з постійним зварювальним зусиллям із прикладенням кувального зусилля; з попереднім обтисненням з прикладанням підвищеного зусилля і зі зніманням його після відрахунку діючої кількості імпульсів і проковуванням місця зварювання повторним вмиканням підвищеного зусилля на час проковування.

Регулятори РВИ-501 і РВИ-703 забезпечують роботу машини з постійним зусиллям зварювання як одинарними циклами, так і в автоматичному режимі. При цьому витримка часу "Попереднє стиснення" з подальших циклів вимикається.

У регуляторі часу РВИ-801 при роботі у шовному режимі і в режимі з безперервним зварюванням мережа запуску має бути замкненою двічі: перший раз - для пуску, другий - для зупинки машини.





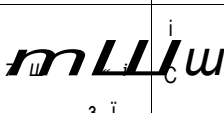
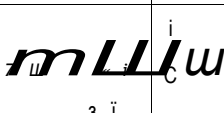
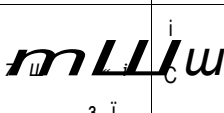
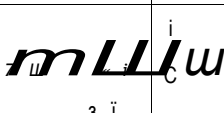
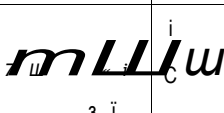
У регуляторах передбачена також можливість вимикання машини на будь-якій позиції зварювального циклу. Для цього перемикачі, що завдають тривалість будь-якій позиції і які бажано вимкнути, мають бути встановлені у положення "0" (див. рис. 15.1, табл. 15.3).

Умовні позначення елементів програмування циклу зварювання у регуляторах РВИ наведені нижче:

- 8 /-тумблер "Загальний множник тривалості позицій "X1/X2" ";
- 5 2.1; 8 2.2 - перемикач "Попереднє стиснення";
- 8 2.3; 8 2.4 - перемикач "Попереднє стиснення";
- 8 2.5; 8 2.6- перемикач "Попередній імпульс 1";
- 82.7; 8 2.8- для РВИ-801 та РВИ-703 перемикач інтервалів;
- 5 2.7; 5 2.8 - для РВИ-501 перемикач "Кування";
- 8 2.9; 82.10-для РВИ-801 та РВИ-703 перемикач "Імпульс 2";
- 8 2.9; 82.10-для РВИ-501 перемикач "Пауза";
- 82.11; 8 2.12- для РВИ-801 та РВИ-703 перемикач "Кування";
- 5 2.13; 8 2.14- для РВИ-801 та РВИ-703 перемикач "Пауза";
- 8 2.15; 82.16- для РВИ-801 перемикач "Початок кування";
- 8 3- тумблер "Робота в автоматичному режимі" (одиничний цикл);
- 8 4.1 - для РВИ-801 та РВИ-703 перемикач сумарної кількості пульсацій (імпульсів) з "Нагрівання 1" та "Нагрівання 2" (від 1 до 10);
- 5 4.2 - для РВИ-801 та РВИ-703 перемикач кількості імпульсів з "Нагрівання 1" (від 0 до 9);
- 5 4.3 - для РВИ-801 перемикач кількості імпульсів (від 0 до 9), після якого вмикається (у режимі з куванням) або вимикається (у режимі з обтисненням) клапан підвищеного (кувального) зусилля;

Таблиця І.5.3

Умовні позначення, що використовуються в обладнанні для контактного зварювання

Первинна напруга	V,	Вторинна напруга	0	Аварійний стоп	©	(!)	У	A*	Мережа
φ	◎	◎	[	 *	≈ ⚡	➤➤	Злив	Охолодження Вхід рідини	φ
Ланцюг керування	5	Одинарний цикл	X		+ 	Рельсфне зварювання	 *	*	Час
< 4	φ	З	З	І		і	і	Стиснення	Час у періодах
0	—	Зусилля Ш одтиснення	Зусилля (2) кувальне	Струм ввімкнено	Кількість імпульсів	Модуляція струму, за періодім фронтіом	Фазове регулювання	Поднофазний струм	1
C05 φ	!	0		Ⓜ	+ 	+ 	+	0° Сю	Імпульс струму
Номінальний кут вмикання пристрою до контактора	!	!	з і	Охолодження		і		Тиск на шарошкі (у машинах шовного зварювання)	1
0	!	і	і	1	1	И	П	і	Імпульс струму з модуляцією заднього фронту
0	!	Зусилля стиснення з підпором	Зусилля стиснення без підпору	Повільне регулювання	1 &	Пульт дистанційного керування	Ручне керування, налагодження	Заземлення	
И	з з 0	Зусилля стиснення з підпором	Зусилля стиснення без підпору	Повільне регулювання	1 &	Пульт дистанційного керування	Ручне керування, налагодження	Заземлення	

- 5 5 - для РВИ-801 перемикач режимів роботи по зусиллю між електродами;
- 5 5 - для РВИ-501 перемикач режимів роботи "Шовний" із переривчастим або безперервним пропусканням зварювального струму;
- 5 6- тумблер "Струм" - "Ввімкнуто"/ "Вимкнуто";
- 5 7.1 - перемикач регулювання часу нарощування переднього фронту імпульсу зварювального струму "Модуляція";
- 5 7.2 - перемикач регулювання діючого значення зварювального струму "Імпульс 1" ("Нагрівання 1");
- 5 7.3 - для РВИ-801 та РВИ-703 регулювання діючого значення струму зварювання "Імпульс 2" ("Нагрівання 2");
- 8 8 - для РВИ-703 тумблер "Фазове регулювання" - "Повнофазний струм";
- H 1...// 7* - для РВИ-801 та РВИ-703 світлодіоди, що сигналізують про проходження послідовних позицій зварювального струму;
- H 1...H 3* - для РВИ-501 світлодіоди, що сигналізують про проходження позицій зварювального струму;
- H 9* — світлодіод, що сигналізує про ввімкнення клапана зусилля зварювання;
- H 10* - для РВИ-801 світлодіод, що сигналізує про ввімкнення клапана підвищеного зусилля;
- H 10* - для РВИ-501 світлодіод, що сигналізує про функціонування приводу обертання роликів шовних машин;
- H 11* - світлодіод, що сигналізує про напругу в регуляторі (тиратроні);
- H 12* - світлодіод, що сигналізує про наявність води у системі охолодження контактора "До зварювання готово";
- N 1* - номер імпульсу струму, від якого починається відрахування часу "Початок кування";
- N 2* - кількість пульсацій з тривалістю "Імпульс 1" та "Нагрівання 1";
- N 3*- загальна кількість пульсацій.

Для керування циклом зварювання, регулювання величин тривалості ввімкнення і сили струму у однофазних контактних машинах використовують також переривники типу ПК і ПКТ (які виготовляються замість переривників ПСЛ та ПСЛТ, що базуються на елементах "Логіка Т-303", які побудовані на сучасних інтегральних мікросхемах).

Нові максимально спрощені регулятори типу РВС-3 та РВС-4 призначені для комплектування машин змінного струму, пістолетів, підвісних машин з ручним керуванням, а також сіткозварювальних машин. Регулятори складаються із підсилювачів, джерел живлення для керування пневматичними клапанами, імпульсного трансформатора керування тиристорним контактором, пристрою напівавтоматичного настроювання созф зварювального контуру. Спеціальним потенціометром виконують фазове керування діючого значення зварювального струму. Часові інтервали регулюються резисторами; від-

працювання часових витримок побудовано за аналоговим принципом і синхронізовано з частотою напруги мережі. Головні технічні характеристики цих регуляторів наступні.

Діапазон регулювання витримок часу, с ..... 0,02-3,0

Діапазон регулювання фазової відсічки, град ..... 0,0-145

Габарити, мм:

РВС-3 (на 3 позиції регулювання: "Стиснення",

"Зварювання" та "Кування").....185x120x135

РВС-4 (на 4 позиції регулювання:

"Стиснення", "Зварювання", "Кування" та "Пауза") ..... 225x120x 135

Розніми регуляторів відповідають рознімам регуляторів РКС та РДС. Призначаються ці регулятори для керування зварювальними машинами на заводах ЗБК та будівельних організаціях при зварюванні арматури, металевих каркасів, сіток і т. ін. Вони дешеві, невимогливі та надійні при експлуатації.

Технічні характеристики переривників ПК і ПКТ наведені у табл. 15.4.

Таблиця 15.4

Технічні характеристики переривників для машин контактного зварювання серії ГІК і ПКТ

Технічна характеристика	Переривники				
	ПК-200	ПК-1200	ПК-700	ПКТ-1200	ПКТ-1500
Напруга мережі живлення, В	220; 380	380	220; 380	380	380
Споживана потужність, В А	120	120	100	150	150
Номинальний комутуючий струм, А:					
при ТВ = 50 %	200	1200	700	1200	1500
при ТВ = 20 %	260	1300	750	1300	3500
Кількість імпульсів зварювального струму	1	1	1	1-10	1-10
Кількість імпульсів зварювального струму з "Нагріванням"				1-9	1-9
Межі регулювання витримок часу зварювального циклу, періодів:					
попереднє стиснення	0-396	0-396	0-99; 0-198	0-99; 0-198	0-99; 0-198
стиснення	0-99; 0-198	0-99; 0-198	0-99; 0-198	0-99; 0-198	0-99; 0-198
Імпульс 1 (перший)	-	-	0-99	0-99; 0-198	0-99; 0-198
Інтервал	-	-	0-99	0-99; 0-198	0-99; 0-198
Імпульс 2 (другий)	-	-	-	0-99; 0-198	0-99; 0-198
Проковування	0-99; 0-198	0-99; 0-198	0-99; 0-198	0-99; 0-198	0-99; 0-198
Пауза	0-99; 0-198	0-99; 0-198	0-99; 0-198	0-99; 0-198	0-99; 0-198

Технічна характеристика	Переривники				
	ПК-200	ПК-1200	ПК-700	ПКТ-1200	ПКТ-1500
Початок проковування	-	-	-	0-99; 0-198	0-99; 0-198
Час пульсацій	-	-	0-99; 0-198	-	-
Межі регулювання діючого значення зварювального струму (фазове регулювання), %	30-100	30-100	30-100	30-100	30-100
Тривалість нарощування переднього фронту імпульсу зварювального струму (модуляція), періодів	15	15	-	15	15
Кількість виходів керування електропневматичними клапанами	1	1	-	2	2
Напруга живлення котушок електропневматичних клапанів, В	36	36	-	20	20
Потужність котушки одного клапана:					
при змінному струмі, В А	30	30	-	20	20
при постійному струмі, Вт	20	20	-	20	20
Витрати охолоджувальної води, л/хв	2	6	2	6	12
Габарити, мм	-	690*350* *1250	-	690*430* *1650	-
Маса, кг	-	85	-	125	-

Примітка. Кількість імпульсів зварювального струму у переривниках ПК-200 і ПК-1200 подана для точкового режиму безперервного зварювання. Витримка часу "Імпульс" для ПК-200 і ПК-1200 подана для точкового і шовного режиму роботи, а для ПК-700 - в імпульсному режимі роботи. Витримка часу "Проковування" у ПК-200 і ПК-1200 у шовному режимі роботи відраховує інтервал між імпульсами зварювального струму. У ПК-200 і ПК-1200 (у точковому режимі роботи) модулюється передній фронт кожного імпульсу. Переривники настроєно на СОІ  $\Phi = 0,4$ . Кліматичне виконання переривників - УХЛ4.

Переривник типу ПК-700 спеціально розроблено для комплектування ланцюгозварювальних установок.

Переривники складаються з таких блоків: регулятора часу (у всіх типів, крім ПК-700), блока керування зварюванням (ПК-700), блока апаратури (крім ПК-700) та блоків силової комутуючої апаратури. Блоки переривників монтуються у шафі. Електричні схеми регуляторів часу і блока керування зварюванням забезпечують точний відлік витримок часу зварювального циклу (у періодах напруги мережі); регулювання витримок часу незалежно одна від одної; синхронне вмикання і вимикання зварювального струму; коректування постійної складової зварювального струму; модуляцію переднього фронту імпульсу

тарювального струму (крім ПК-200); регулювання діючого значення зварювального струму кожного імпульсу; автоматичну стабілізацію діючого значення зварювального струму при коливаннях напруги у мережі живлення; налагодження на коефіцієнт потужності навантаження; роботу переривника у режимі пульсацій зварювального струму (ПК-700); керування роботою одного електропневматичного клапана (ПК-200, ПК-1200) або двох клапанів (ПКТ-1200 і ПКТ-1500), керування приводом обертання роликів і роботою електромагнітної муфти (ПК-200, ПК-1200) у шовному режимі роботи і в режимі безперервного зварювання; вмикання двох реле або пускача на напругу 24 В постійного струму з потужністю котушки не більше 20 Вт (кожного реле або пускача); проходження повного циклу зварювання при замиканні ланцюга запуску і його розмиканні після закінчення відліку витримки часу "Стиснення". При цьому в переривниках ПК-200 і ПК-1200 у шовному режимі і в режимі безперервного зварювання ланцюг запуску повинен бути замкнутий двічі: перший раз - для запуску циклу, другий - для зупинки, після чого цикл повинен пройти до кінця.

Переривники ПК-200, ПК-1200 і ПКТ-1500 забезпечують також роботу одинарними циклами і в автоматичному режимі. При цьому витримка часу "Попереднє стиснення" в автоматичному режимі після проходження першого циклу вимикається.

Переривники ПК-200 і ПК-1200 рекомендуються для машин точкового і шовного зварювання з постійним зусиллям на електродах і забезпечують у точковому режимі формування одного імпульсу зварювального струму, у шовному — чергування позицій "Імпульс" та "Інтервал", а у режимі безперервного зварювання - вмикання зварювального струму при замкненні ланцюга запуску і вимикання при його повторному замкненні.

Переривники ПКТ-1200 і ПКТ-1500 використовуються в машинах точкового зварювання з постійним і змінним зусиллям на електродах і забезпечують режим зварювання "Пульсуючий" з сумарною кількістю імпульсів струму в циклі від 1 до 10 з можливістю поділу імпульсів за тривалістю і нагрівом; постійну величину робочого зусилля між електродами (вмикається один клапан), підвищену постійну величину зусилля (другий клапан вмикається після відліку витримки часу "Початок кування" з початком відліку витримки часу "Стиснення"), з постійним зусиллям на електродах з прикладенням кувального зусилля, коли вмикається другий клапан (після відліку витримки часу "Початок кування"), відлік витримки часу "Імпульс 1" або "Імпульс 2"; з попереднім обтисненням і куванням (другий клапан вмикається після першого періоду від початку відліку витримки часу "Стиснення", вимикається після заданої кількості імпульсів з загальної кількості пульсацій зварювального струму), кувальне зусилля забезпечується вмиканням другого клапана з витримкою часу "Початок кування", відлік витримки часу "Початок кування" - від початку відліку останнього імпульсу.



Для керування машинами постійного струму (з випрямленням у вторинній мережі) використовуються спеціальні регулятори - шафи (табл. 15.5).

Таблиця 15.5

Технічні характеристики шаф керування машин постійного струму

Параметр	ШУ-341 ШУ-343	ШУ-342	ШУ-344	ШУ-345	ШУ-347	ШУ-346	ШУ-348	ШУ-349
Споживана потужність, не більше В-А	250	250	250	250	250	250	150	250
Межі регулювання зварювального струму, % номінального	50-75	50-75	75-100	50-75	50-75	75-100	50-75; 75-100	50-75; 75-100
Тривалість операцій, кількість періодів (попереднє стиснення, стиснення (обтиснення), затримка струму, імпульс струму 1)	1-99	2-198	4-396	1-88	2-198	4-396	0-99	1-99
Інтервал між пульсаціями 1	.	.	.	.	.	.	.	1-9
Інтервал між пульсаціями 2	0-99	0-198	0-396	0-99	0-198	0-396	0-9	0-99
Імпульс струму 2	0-99	0-198	0-396	0-99	0-198	0-396	.	0-99
Інтервал між пульсаціями 2 проковування	1-99	2-198	4-396	0-99	0-198	0-396	.	0-99
Затримка прикладення кувального зусилля (для машин із змінним зусиллям)	0-99	0-198	0-396	0-99	0-198	0-396	.	0-99
Пауза	1-99	2-198	4-396	1-99	2-198	4-396	0-99; 0-198	1-99
Модуляція переднього фронту імпульсу струму	.	0-10	.	.	0-10	.	0-10	0-10
Кількість імпульсів (пульсацій) струму 1	.	.	.	.	.	.	1-10	1-99
Кількість імпульсів (пульсацій) струму 2	.	.	.	.	.	.	.	1-99
Параметри сигналів для живлення вихідних пристроїв постійного струму:								
напруга, В	0,24	24	24	24	24	24	24	24
струм, не більше, А	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8

Примітка. За 100 % зварного струму приймається струм при нарузі мережі живлення, яка складає 100 % номінальної напруги, при куті керування 35° - для шаф трифазних машин, і при куті 65° - для шаф шестифазних машин. Тривалість усіх витримок часу у періодах напруги живлення 1 пер = 0,02 с.

Ці регулятори керують тиристорами контакторів (у первинній мережі зварювальних трансформаторів), забезпечують вмикання електропневматичних клапанів, дискретний відлік позицій зварювального циклу, швидкодіючий захист напівпровідних пристроїв від перевантажень за струмом; контроль зварювального струму за допомогою спеціального вимірювального пристрою (у комплекті з датчиком струму у вторинному контурі машини); стабілізацію зварювального струму при зміні напруги мережі; зупинку циклу при надходженні сигналу "Заборона" з іншої машини і продовження циклу до кінця після зняття заборони; видача сигналу "Заборона" на іншу машину під час вмикання зварювального струму; заборона циклу при розімкнених контактах гідрореле.

Нагрівання силових тиристорів і діодів контролюється за допомогою термодатчиків. При температурі поверхні, на якій встановлені датчики, понад 50 °С відбувається зупинка зварювального циклу.

Шафи керування забезпечують роботу машини в автоматичному режимі і вибір потрібних технологічних режимів роботи.

Шафи керування розроблені на базі електронних блоків типу БК, БР, БЗ, БУ та БС і призначені для керування зварювальним циклом, а також регулювання зварювального струму в точкових, рельєфних та шовних машинах.

Прийнята така структура умовного позначення шаф. Наприклад, ШУ-341Т4: Ш.У - шафа керування, 341 - тип виконання за призначенням; Т4 - кліматичне виконання.

Призначення шаф: 341 - для трифазних шовних машин з постійним зусиллям, 342 — те саме, зі змінним зусиллям; 343 - для шестифазних машин з постійним зусиллям; 344 - те саме, зі змінним зусиллям; 345 - для трифазних точкових і рельєфних машин з постійним зусиллям; 346 - те саме, зі змінним зусиллям; 347 - для шестифазних точкових і рельєфних машин із змінним зусиллям.

До складу шафи входять: панель керування з розташованими на ній органами керування та індикації; уніфіковані електронні блоки, які складають схему керування циклом і схему керування струмом; блок контролю стабілізації, блок індикатора зварювального струму, блоки стабілізаторів та блок живлення.

Апаратура керування низькочастотними машинами здійснює в автоматичному режимі у певній послідовності і заданому відрізьку часу зварювальний цикл: стиснення деталей електродами, проходження струму між електродами або проковування деталей з підвищеним зусиллям і розкриття електродів після закінчення циклу.

Головна відмінність апаратури керування низькочастотної машини від тієї ж апаратури для машин з випрямленням струму у вторинному контурі полягає у різному виконанні силової схеми. В низькочастотних машинах використовується принцип випрямлення струму на первинному боці зварю-

вального трансформатора, для випрямлення і чергування полярності первинної напруги на зварювальному трансформаторі - два однакових випрямлячі, які вмикаються по чергово.

Крім керування зварювальним струмом, ця апаратура забезпечує формування імпульсів; керування двома випрямлячами; подання імпульсів гасіння на силовий тиристор для швидкого згасання зварювального струму; запам'ятання полярності імпульсів струму при зніманні напруги живлення; захист від вмикання силового випрямляча у випадку, якщо зварювальний струм не впав до нульового значення. Найчастіше у шафах керування низькочастотних машин типу МТН і МІІН для подавання імпульсів гасіння (контролю гасіння) застосовуються спеціальні блоки типу БЗ-051, а для запам'ятання (оперативного і довгочасового) полярності останнього імпульсу зварювального струму, а також для виявлення дефектів у мережі силових тиристорів застосовуються блоки типу БЗ-050.

Конденсаторні машини, як відзначалось раніше, використовують розряд батарей конденсаторів на первинну обмотку зварювального трансформатора.

Ємність батарей конденсаторних машин (які виготовлялися раніше) досягає кількох сотень тисяч мікрофарад, а зарядна напруга - 400 В. Такі ємності вдається отримати завдяки використанню спеціальних електролітичних конденсаторів. Зараз використовуються металопаперові конденсатори типу МБГВ. Батареї таких конденсаторів заряджають до 950 В. Металопаперові конденсатори дають можливість мати різнополярний заряд батарей. При цьому немає необхідності в перемикачах полярності у розрядній мережі і виключенні явища намагнічування зварювального трансформатора.

Апаратура керування в машинах конденсаторного зварювання забезпечує заряд батареї конденсаторів; повільне регулювання напруги на батареї; стабілізацію напруги на батареї від циклу до циклу при зміні напруги мережі; блокування розряду при відхиленні напруги від заданого значення (недозаряд батареї або перевищення напруги); розрядження батареї конденсаторів на первинну обмотку зварювального трансформатора, автоматичне чергування полярності імпульсів заряду; блокування заряду на час вмикання розрядного струму; блокування повторного вмикання; відлік позицій зварювального циклу; формування сигналів вмикання трьох електропневматичних клапанів і індикацію максимального зварювального струму.

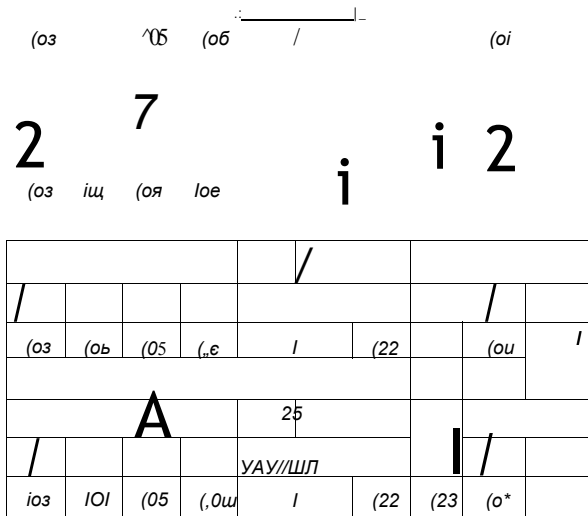
Деякі сучасні машини, які виробляються заводом "Злектрик", комплектуються регуляторами циклу зварювання (на базі мікропроцесорів К 1827ВЕ2) типу РКМ. Наприклад, РКМ-1501 - для контактних однофазних машин, стикових машин для зварювання опором; РКМ-1510 - контактних машин з випрямлячем струму у вторинному контурі і низькочастотних

**машин;** контактних конденсаторних машин; РСМ-401 - спеціалізованих контактних машин; машин стикового зварювання оплавленням.

У таких регуляторах передбачена можливість набирання жорстких циклів із програмуванням зварювальних зусиль та вільного програмування часових інтервалів і зварювального струму. Тривалість часових інтервалів задається у півперіодах напруги мережі з максимальною тривалістю 99 півперіодів. Величина струму задається у межах від 30 до 100 % відносно повнофазного значення. Всі параметри режиму мають свій індикатор. На лицьовій панелі регулятора розташовано вісім світлодіодів, сім цифрових індикаторів та 16 клавiш. Індикатори розбито на три групи: службові (два розряди) для регуляторів типу РКМ - номер циклограми, для регуляторів типу РСМ - код закінчення циклу, номер параметра (два розряди), значення параметра (три розряди). Світлодіоди використовуються для індикації роботи виконувальних пристроїв і сигналізації про незвичайні ситуації під час зварювання. Конкретне призначення індикаторів у кожній моделі контролера індивідуальне. У регуляторах є також перепрограмуючий блок пам'яті для зберігання 8 наборів параметрів (циклів) зварювання при вимиканні живлення. Для викликання того чи іншого набору використовують клавішу "А", а потім вводять номер набору; для запису використовується клавіша "В". Для захисту введених параметрів від випадкових змін у регуляторах використовується програмний ключ, який завершує зміну будь-якого параметра.

Оперативний контроль процесу зварювання та індикації вимірних або заданих параметрів режиму відбувається висвітленням їх на лицьовій панелі регулятора. Наприклад, у регуляторі РКМ-1501 можливі три режими індикації: на індикаторах висвітлюються номери і значення відпрацьованих витримок часу; вимірний коефіцієнт потужності, виміряна напруга мережі; вимірний  $\cos \varphi$  контуру і розрахований кут вмикання тиристорів ( $\alpha$ ).

Технологічні можливості регуляторів залежать від їх призначення. У регуляторі РКМ-1501 передбачена стабілізація величини зварювального струму, визначення  $\cos \varphi$  машини за співвідношенням кутів вмикання  $\alpha$  і провідності тиристорів контактора, а також характеристики машини. Регулятори типу РКМ-1501 можуть працювати у трьох режимах: пасивному із завданням  $\cos \varphi$  контуру; пасивному із вимірюванням  $\cos \varphi$  контуру і в активному режимі. У кожному півперіоді вимірюється напруга мережі і розраховується кут  $\alpha$ . Другий режим відрізняється тим, що значення  $\cos \varphi$  не вводять, а вимірюють при зварюванні кожної точки і порівнюють із заданим, при цьому введене значення коректується так, щоб відбулася компенсація зміни величини  $\cos \varphi$  та вплив зміни зварювального зусилля, індуктивного опору контуру, шунтування струму та зносу електродів.



**Рис. 15.2.** Зварювальні циклограми регулятора РКМ-1501:

- 'оз - попереднє стиснення (тільки для першого циклу);
- $I_{04}$  - затримка на стиснення;  $/_{05}$  - тривалість стиснення;
- $/_{06}$  - затримка струму;  $I_{22}$  ~ тривалість проковування;
- $/_{23}$  - пауза;  $/_{24}$  - витримка часу;  $K_{21}$  - коефіцієнт (добуток  $/_{24} \cdot K_{21}$  - визначає час прикладання зусилля проковування відносно початку імпульсу зварювання );
- $I$  - зусилля та струм зварювання;
- $\Gamma_2$  -зусилля обтиснення або проковування

Регулятори типу РКМ-1501 характеризуються високою точністю вимірювання напруги мережі ( $\pm 1\%$ ) і коефіцієнта потужності мережі зварювання ( $\pm 0,02\%$ ), а також рівня стабілізації зварювального струму ( $\pm 2\%$ ). Функціональні можливості регуляторів РКМ-1510 значно ширші. У всіх моделях подібних регуляторів передбачається зварювальний цикл з трьома клапанами. У регуляторі є два вимірювальних канали: зварювального струму і напруги.

У машинах з випрямленням струму у вторинному контурі вимірюється максимальне значення струму ( $\pm 3\%$ ) і стабілізується напруга на виході випрямляча

11 3%). У конденсаторних машинах вимірюється максимальне значення струму (і 3%) і стабілізується напруга заряду ( $\pm 1,5\%$ ). У низькочастотних машинах шімірюється струм ( $\pm 3\%$ ) і стабілізується напруга на первинному боці зварювального трансформатора (+ 3%). При зварюванні з однією пульсацією вимірюється як і у машинах постійного струму максимальне його значення, а при зварюванні з багатьма пульсаціями - діюче значення струму.

Крім того, регулятори типу РКМ-1510 порівняно з регуляторами типу Г'КМ-1501 мають розвинені вводи (16 дискретних виводів з навантажуючою ідатністю до 0,5 А і 32 дискретних вводи). Номінальна напруга каналів вводу-виводу - 24 В, що дає можливість використовувати регулятори для керування засобами механізації зварювальної машини, поворотним столом, пристроями завантаження - розвантаження, керувати спеціалізованими машинами без проміжних додаткових електронних пристроїв.

Регулятори типу РСМ-401 забезпечують у машинах стикового зварювання оплавлення керування і контроль величин зварювального струму, переміщення рухомого затискувача на всіх фазах процесу зварювання і діагностику стану машини. У табл. 15.6, 15.7 наведені функціональні призначення клавіатури і умовне цифрове позначення параметрів режиму регуляторів РКМ-1501, на рис. 15.2 - зварювальні циклограми регулятора Г'КМ-1501.

Таблиця 15.6

**Функціональне призначення клавіатури і індикації у регуляторах типу РКМ-1501**

Позначення клавіатури та індикації	Функціональне призначення
<i>Індикатори</i>	
№ 1	Індикація номера циклограми
№ 2	Індикація номера параметра
№ 3	Індикація чисельного значення параметра
<i>Світлодіоди</i>	
Н 1	Сигналізація помилки при набірванні параметрів
Н2	Засвічується, якщо созф менший заданого
Н3	Засвічується, якщо созф менший заданого
Н 4	Засвічується, якщо напруга мережі менша заданої
^К	Сигналізація про наявність води у системі охолодження тиристорного контактора ("Готовність до зварювання")
ф	Сигналізація про вмикання клапана зварювального зусилля

Позначення  
клавіатури  
та індикації

Функціональне призначення

Φ

Сигналізація про вмикання клапана підвищеного зусилля

P

Сигналізація про вмикання приводу обертання роликів

*Клавіатура*

Параметр (при натисненні на індикатор виводиться параметр із номером, що був заданий раніше)

&amp;

Ввід (при натисненні потрібне значення параметра вводиться у пам'ять)

A

При натисненні з ППЗП знімається набір параметрів із потрібним номером

B

При натисненні набрані параметри подаються до ППЗП під відповідним номером

C

Збільшення номера параметра на 1

O

Зменшення номера параметра на 1

0...9

Цифрове поле клавіатури для набирання номера параметра та його чисельного значення

Примітка. ППЗП - перепрограмуючий постійний запам'ятовуючий пристрій

Таблиця 15.7

## Кодування параметрів у регуляторі РКМ-1501

Номер параметра	Найменування параметра	Одиниця вимірювання	Діапазон	Примітки
00	Номер набору параметрів, який знімається з ППЗП		0...7	
01	Номер набору параметрів, який записується до ППЗП		0...7	
02	Номер циклограми		1...6	
03	"Попереднє стиснення", $I_{01}$	Півперіоди напруги в мережі	0...999	В автоматичному режимі
04	"Затримка на стиснення", $I_{04}$	Те саме	0...999	
05	"Стиснення", $I_{05}$		0...999	
06	"Затримка струму", $I_{06}$		0...999	
07	"Час наростання струму 1", $I_{07}$		0...999	
08	"Нагрівання струму 1"		30...100	
09	"Кількість імпульсів струму 1"		1...999	
10	"Тривалість пульсації струму 1", $I_{10}$	Півперіоди напруги в мережі	1...999	
11	"Тривалість паузи між пульсаціями струму 1", $I_n$	Те саме	0...998	Парне число

Продовження табл. 15.7

Номер параметра	Найменування параметра	Одиниця вимірювання	Діапазон	Примітки
12	"Тривалість паузи між пульсаціями струму 1 і струму 2", $I_{12}$		0, 998	
13	"Нагрівання струму 2"	%	30...100	
14	"Кількість імпульсів струму 2"		0...999	
15	"Тривалість пульсації струму 2", $I_{15}$	Півперіоди напруги в мережі	0...999	
16	"Тривалість паузи між пульсаціями струму 2", $I_{x\delta}$	Півперіоди напруги в мережі живлення	0...998	Парне число
17	"Тривалість паузи між пульсаціями струму 2 і струму 3", $I_n$	Те саме	0...998	Парне число
18	"Нагрівання струму 3"	%	30... 100	
19	"Кількість імпульсів струму 3"		0...999	Парне число
20	"Тривалість пульсації струму 3", $I_{20}$	Півперіоди напруги в мережі	0. .999	
21	"Тривалість паузи між пульсаціями струму 3", $I_2 $	Те саме	0...999	Парне число
22	"Проковування", $I_{22}$		0...999	
23	"Пауза", <23		0...999	
24	"Затримка проковування", $I_{24}$		0...999	Затримка проковування задається як добуток параметра 24 на коефіцієнт (параметр 25/ $K_{25}$ )
25	Коефіцієнт $K_{25}$		0...999	
26	Мінімальна напруга мережі живлення		300...460	Цей параметр показує, яка мінімальна напруга може бути у мережі зварювальної машини. Діюче значення зварювального струму при повнофазному вмиканні на цій напрузі приймається за 100 % і відносно нього задається нагрівання (параметри 8,13 і 18)
27	СОЗ ф	0,2...0,8 або 0		3 клавіатури регулятора набираються і висвітлюються на індикаторах значення со5фх1000



Номер параметра	Найменування параметра	Одиниця вимірювання	Діапазон	Примітки
28	Виміряна напруга мережі			Розраховується автоматично у процесі відпрацювання циклу
29	Виміряна тривалість півперіоду мережі живлення			Розраховується автоматично у процесі відпрацювання циклу в наступних умовних відносних одиницях: 256 одиниць відповідають 10 мс
30	Ознака виду контролю			0 - пасивний контроль; 1 - пасивний контроль з вимірюванням созф; 2 - активний контроль; 3 - настроювання каналу на вимірювання напруги
31	Граничне значення созф			
32	Граничне значення середнього созф <sub>с</sub>			
33	Вимірюване значення			Розраховується автоматично у процесі відпрацювання циклу
34	Кількість зварювань для усереднення		1+999	
35	Лічильник зварювань		1+999	
36	Режим індикації			0 - у процесі циклу висвічується номер відпрацьованої витримки часу та її величина; 1 - висвічується созф і розрахований кут вмикання тиристорів а 2 - висвічується созф і виміряна напруга
37	Програмний ключ захисту від несанкціонованого доступу			Якщо ключ # 906, то введення нових значень параметрів з клавіатури регулятора заборонено

У промисловості використовуються також регулятори (системи керування) на мікропроцесорах типу СУСТ-10І.

Система СУСТ-ЮІ призначена для керування процесом точкового зварювання на однофазному первинному струмі у лініях та робототехнічних комплексах. Вона забезпечує зберігання в пам'яті до 16 програм, кожна з яких задає тривалість "стиснення" (1-99 періодів мережі),

Режим Параметр

Значення



О 24В

Програма



№ імпульсу	Цикл 0	V 1(t <sub>c</sub> )				Струм 5	Вусилля кувант 6
			?(t <sub>c</sub> )	) Zi'	z)		
0	00	01	02	03	04	05	06
1	Ю	11	12	13	14	15	16
2	20	21	22	23	24	25	26
5	30	31	32	33	34	35	36
Корекція зносу електродів		Накид струму 07		Крок 17		Кількість кроків 27	



Рис. 15.3. Лицьова панель, пульта керування контролера ККС-01:

"+" і "-" - підвищення або зменшення значення параметра на одиницю;

О - характер зварювання (серія зварювань, одиночне зварювання);

EEEE - помилка вводу параметра; E001 - перегрів транзисторів; E002 - відсутність зварювального струму; E003 - хибне положення датчика струму; E004 - перевищення максимального струму; E005 - зміна електрода; E006 - розряд батареї живлення;

'г'м'з-'к -тривалість стиснення, модуляції, зварювання і кування;

P i /,-зусилля і струм зварювання

' модуляції" (0-15 періодів мережі), "нагрівання" (1-29 періодів мережі), "проковування" (1-99 періодів мережі), рівень зварювального струму (0-99 %).

Система має 10 ступенів компенсування зношування електродів за дійсну кількість зварних точок. Максимальна кількість точок при компенсації дорівнює 59 999.

Програма зварювання задається за допомогою переносного пульта програматора або дисплеїв.

Для керування і оперативного контролю однофазними машинами точкового контактного зварювання з тиристорними контакторами і електропневматичними клапанами постійного струму використовують спеціальні пристрої- контролери типу ККС-01УХЛ4 (рис. 15.3), характеристики котрого наведені нижче.

І номінальна напруга мережі живлення, В.....	220; 380
Відхилення напруги від номінального значення, % .....	± 5 ... - 10
Номінальна напруга живлення електропневмоклапанів, В...	24
Параметри імпульсів керування тиристорним контактором:	
амплітуда, В.....	15-25
тривалість, мкс.....	100-300
кількість позицій зварювального циклу.....	До 191
	(з них зварювальних до 4 із наявністю пульсуючого зварювання)
Тривалість позицій зварювального циклу, періоди напруги мережі живлення	0-255
Маса, не більше, кг	12

Примітка. Виробляється з-дом "СЕЛМА", м. Сімферополь.

Контролер забезпечує також діагностичні повідомлення у вигляді візуальної інформації і логічного сигналу у випадках перегріву тиристорного контактору, відсутності зварювального струму у вторинному контурі, задання зварювального струму більш допустимого для даної машини, при перевищенні кількості зварювань величини компенсації зношування електродів згідно з програмою (табл. 15.8).

Таблиця 15.8

**Приклад запису програми на контролері ККС-01**

Назва параметра циклограми	Номер параметра і його індикація	Приклад набору програми	Примітка
Номер програми		H000B	В - ввід параметра у пам'ять контролера
Стиснення	С	С050B	С000B - не допускається
Пауза	П	Р001B	Р000B - не допускається
Режим	Р	Р000B	Від Р000 до Р015
Імпульс (0, 1, 2, 3)			
Кількість повторень позицій "Зварювання 0" та "Проковування"	00	00 001B	Менше "ООГ при зварюванні не допускається
Тривалість позиції "Стиснення 0"	01	01 020B	Повинна перевищувати тривалість опускання верхнього електрода машини, 0,4 с
Тривалість позиції "Зварювання 0"	03	03 040B	0,4 с
Тривалість позиції "Модуляція 0"	02	02 001B	0,02 с

Продовження табл. 18.16

Назва параметра циклограми	Номер параметра і його індикація	Приклад набору програми	Примітка
Тривалість позиції "Проковування"	04	04 030В	0,6 с
Величина струму зварювання	05	05 100 В	Струм 10 кА
Ознака ввімкнення підвищеного зусилля	06	06 000В	Без підвищеного зусилля проковування
Величина накиду струму для компенсації зносу електродів	07	07 002В	Накид струму 0,4 кА
Крок компенсації - тривалість збереження незмінним зварювального струму при компенсації зносу електродів	17	17 002В	Накид струму через 2 цикли
Кількість кроків - максимальне число накиду струму при компенсації зношування електродів	27	27 015В	Загальна кількість циклів до зупинки машини - 15
Приведення контролера до стану готовності для зварювання	П (Пуск)	П	Індикація: П

Складається контролер з основного блока, блока живлення і датчика струму. Програма функціонування зварювальної машини задається з пульта контролера, що базується на однокристальній мікроЕОМ К18І6ВЕ48 та мікросхемах типу К 1816, К 1113, К 573, КР140.

Контролер може працювати в режимах: "Одинарне зварювання" і "Серія зварювань", "Із струмом" і "Без струму". У ньому передбачена можливість прикладення додаткових зусиль стиснення. У пам'яті контролера зберігається до 4 варіантів програм функціонування при вимиканні живлення до 1000 годин.

Контролер ККС-01 має можливість:

- адаптовано керувати зварювальним струмом за сигналом зворотного зв'язку з датчика струму (пас Роговського) при наявності автоматичної настройки на коефіцієнт потужності і вимірювати величини зварювального струму в діапазоні від 3 до 40 кА;
- коректувати режим зварювання при зношуванні електродів зварювальної машини;
- регулюватись від зовнішньої ЕОМ, що дає змогу використовувати контролер у складі гнучких виробничих систем;
- підвищувати продуктивність праці завдяки повному виключенні часу на встановлення і коректування режимів зварювання, зменшити час контролю і усунути брак з'єднань завдяки стабільності зварювальних параметрів;
- виконувати точну обробку циклограм зварювального процесу, що мають 19 тимчасових інтервалів (з них 4 струмових з можливістю індивідуаль-

ного регулювання величини і тривалості струму) і багатоімпульсні режими з числом повторень імпульсів від 0 до 255 у кожному інтервалі;

- компенсувати зношування електродів послідовним збільшенням вставок струму після відповідної кількості зварювань;
- контролювати стан обладнання і зварювального процесу з видаванням на пульт керування діагностичних повідомлень;
- дистанційно керуватись системою верхнього рівня.

При використанні нових контролерів на старих зварювальних машинах слід враховувати, що можуть виникнути труднощі, пов'язані з вмиканням контролера в електричну схему машини. Колишні регулятори працювали при напрузі від 24 до 380 В. Нові мікропроцесорні регулятори мають внутрішнє живлення 5 В, що робить їх чутливими до електричних перешкод.

Захист контролерів виконується:

- оптичним або трансформаторним розв'язанням входів (виходів);
- програмним та апаратним захистом від вібрації за вхідними сигналами;
- встановленням порогів за рівнем вхідних сигналів;
- блокуванням входу після знайдення сигналу, тобто відсіювання сигналів, які випадають з припущеної послідовності;
- застосуванням ланцюгів фільтрації вхідних сигналів;
- запобіганням протіканню струмів у мережах заземлення;
- живленням через спеціальні компенсаційно-регулюючі стабілізатори.

При влаштуванні контролерів на зварювальні машини треба враховувати наступне:

- при живленні контролера бажано замінити старі електропневмоклапани;
- на вхідні клеми клапана бажано встановити КС-фільтри (110 В, 50 Гц, 200 Ом, 0,5мкФ);
- мережі живлення контролера прокладати окремо від мережі керування;
- встановити опір (навантажувальний) діючої величини паралельно первинній обмотці зварювального трансформатора для гасіння електромагнітної енергії під час виплеску або при аварійному розриві вторинної мережі;
- ізолювати зовнішні джерела перешкод, особливо соленоїди машин і потужні інверторні перетворювачі.

Запис усіх параметрів циклу зварювання, а також вибір режиму роботи та варіанта програми виконують за допомогою пульта керування (див. рис. 15.2). Клавіші вводу знаходяться у правій частині пульта. Інформація щодо роботи контролера та значення параметрів зварювального циклу висвітлюються індикаторами, які знаходяться у верхньому куті панелі пульта.

Індикатори поділяються на групи: "Режим", "Параметри" та "Значення".

Номер та чисельні значення параметрів індикуються при набірванні їх клавішами пульта. Ці індикатори висвітлюють також під час зварювання величину зварювального струму (після проходження кожного циклу зварювання) та тип відмов ("Діагностика" EEEE...E006).

В свою чергу клавіші поділяють на групи: задання режимів, параметрів та керування.

До групи режимів відносяться клавіші "Серія зварювань" — "Одинарне зварювання" та "Р" - "режим", що має 8 чисельних значень.

До групи параметрів входять клавіші "14" - номер програми (Програм), "С" - стиснення, "П" - пауза, "В" - ввід параметрів та клавіші з цифрами.

Параметри "С", "П", "14" та двозначні позиції "Імпульсів" визначаються на індикаторах "Параметр", а їх значення - на трьох індикаторах "Значення".

Для корегування чисельних значень параметрів на одну одиницю є клавіші "+" та "-".

Клавіші "П" - пуск і "И-ПОВ" відносяться до групи керування. Клавіша "И-ПОВ" призначається для переривання циклу зварювання та приведення контролера до початкового стану з параметрами, які були запрограмовані до натиснення на пускову педаль машини.

Приклад запису програми точкового зварювання за наступними параметрами : струм зварювання - 10 кА, тривалість зварювання - 0,4 с, тривалість модуляції - 0,02 с, накид струму - 0,4 кА через два цикли при загальній кількості (15) циклів до зупинки машини наведено у табл. 15.8.

Мікропроцесорні контролери-регулятори нового покоління типу РКМ-601 та РКМ-801 за своїми функціональними можливостями замінюють регулятори РКС-601, РКС-801, РВИ-801, РКМ-1501 тощо. Вони виконуються на базі сигнального процесора, мають сучасну елементну базу і використовують символічні рідкокристалльні індикатори для відображення вимірювальних величин.

Контролери вимірюють середню величину діючого значення зварювального струму, виконують автоматичне визначення і розрахування коефіцієнта потужності машини, стабілізують зварювальний струм залежно від коливань напруги мережі живлення. Всі параметри зварювального циклу заносяться в цифровому вигляді, проходження позиції відмічається світлодіодами за мнемосхемою. Регулятори дають можливість утримувати в пам'яті до 15 зварювальних режимів.

Технічні характеристики регуляторів РКМ-601 і РКМ-801 наведені нижче.

	РКМ-601	РКМ-801
Напруга мережі живлення, В.....	380	
Кількість головних позицій у зварювальному циклі.....	6	8
Тривалість позиції, мс:		
попереджувальне стиснення, стиснення, зварювання 1, паузи між імпульсами зварювання 1.....	0-196	
	(кожна позиція)	
пауза між зварюванням 1 та зварюванням 2.....	—	198
зварювання 2.....	—	198

пауза між імпульсами зварювання 2, затримка кування, пауза .....	0-198	
		(кожна позиція)
Рівень нагрівання 1, % .....	30-100	
Кількість імпульсів 1 .....	0-10	
Рівень нагрівання 2, % .....	-	30-100
Кількість імпульсів 2 .....	-	0-10
Модуляція, півперіодів .....	0-20	
Похибка підтримки струму, % .....	3	
Похибка вимірювання струму, % .....	5	
Дискрета завдання витримок часу, с .....	0.01	
Габарити, мм .....	200x250x93	

Мікропроцесорні контролери типу PKM-86 використовують в точкових, шовних і рельєфних машинах постійного та низькочастотного струму (типів МТВ, МШВ, МРН, МШН та ін.) для з'єднання деталей відповідального призначення. Вони призначені для керування параметрами циклу зварювання і збирання інформації щодо зварювального циклу.

В основі контролерів використовують мікропроцесорний набір K1810, а як центральний процесор - мікросхему K1810BE86, головний вимірювальний швидкодіючий елемент типу АЦП MAX186.

Регулятор має можливість керувати тривалістю позицій "Стиснення", "Зачищення" - обертання роликів-електродів шовних машин; "Одинарний цикл", "Автоматичний цикл" точкових машин, "Цикл без струму" - зварювальний цикл при вимкненому контакторі.

Шовні машини з контролером PKM-86 реалізують такі цикли: точковий, шовний, шовно-кроковий та штриховий (зварювання переривчастим швом).

Позиції зусилля відраховуються в періодах напруги живлення, струму - в періодах, а також і в 1/6 частині періоду напруги живлення.

В регуляторі передбачаються режими з компенсацією зношування робочої частини електродів за кількістю зварних точок. Конструкція контролера дає можливість виконувати діагностування зварювальної машини, перевіряти стан окремих датчиків в реальному часі, керувати роботою клапанів і іншими виконавчими органами, а також перевіряти правильність проходження імпульсів керування та вимикання тиристорів контактора.

Якість зварних з'єднань гарантується реалізацією імпульсів складної форми і різноманітних режимів стабілізації струму і т. ін.

Головні технічні характеристики регулятора PKM-86 наведені далі.

Кількість позицій циклу по зусиллю .....	7
Тривалість позицій по зусиллю, періоди .....	0-999
Кількість незалежних циклів нагрівання .....	3
Діапазон керування струму зварювання, % .....	50-100

Кількість імпульсів струму для кожного нагрівання	0( 1)-999
Тривалість імпульсів струму, пауз між імпульсами та пауз між нагріваннями, періоди (1/6 періоду)	0-999
Тривалість модуляції першого імпульсу нагрівання, періоди (1/6 періоду)	0-42(255)
Кількість порогів компенсації зношування електродів ....	4
Смність лічильника точок	До 9999

Для комплектації обладнання контактного зварювання використовують також спеціальні пристрої регістраторів типу Р-3704 або вимірювачі типу МИКС-01.

Регістратори типу Р-3704 є аналогами багатоканальних цифрових осцилографів, в яких функції реєстрації та візуального спостереження розподілені між діючим регістратором та персональним комп'ютером. Регістратор записує інформацію (регістограму) на магнітний диск, а комп'ютер одночасно виконує візуалізацію цих регістограм. Регістратор отримує інформацію від спеціальних датчиків; в комп'ютері закладено програмне забезпечення для відрахування та візуалізації параметрів контактного зварювання.

Відрахуванням отримують значення деяких базових параметрів: амплітудного значення струму зварювання, інтеграла величини струму в квадраті, опір вторинного контуру та ін., які порівнюють з їх граничними значеннями. Якщо отримані величини виходять за межі допусків, відбуваються фіксація цієї операції, корегування або блокування подальшої роботи зварювального обладнання тощо.

Регістратор виготовляється як переносний апарат з живленням від мережі 220 В, 50 Гц і масою до 4 кг. Розніми для підключення датчиків розташовані на його лицьовій панелі. Габаритні розміри апарата - 175x330x410.

Багатофункціональний вимірювач параметрів контактного зварювання МИКС-01 є універсальним пристроєм для вимірювання та контролю головних параметрів процесів зварювання: діючого і максимального значення зварювального струму, зусилля стиснення електродів, тривалості проходження струму, часу наростання кувального зусилля та ін. Апарат вимірює одночасно два значення зварювального струму (за бажанням оператора), що дає можливість використовувати його з машинами змінного та постійного струму.

Пристрій з однаковою точністю працює в усіх діапазонах струмів та зусиль і може бути використаним замість спеціального вимірюючого та контролюючого обладнання параметрів контактного зварювання.

Межі та відображення результатів вимірювання визначаються автоматично і висвітлюються на рідкокристалічних індикаторах.

Технічні характеристики вимірювача МИКС-01 наведено нижче.

Межі регулювання діючого і максимального струму зварювання, кА.....	2-250
Межі вимірювання часу зварювання в періодах напруги мережі.....	1-200



Межі вимірювання зусилля стиснення електродів, кН	1,2-120
Похибка вимірювання, %:	
струму зварювання	<2,5
зусилля стиснення електродів	< 10
Габарити, мм	75x215x235
Маса, кг	< 2

#### 15.2. КОНТАКТОРИ

Ввімкнення та вимкнення з мережі живлення контактних машин здійснюються спеціальні пристрої - контактори. Залежно від призначення машини, потрібної надійності і якості зварних з'єднань використовують електромагнітні чи вентильні (тиристорні, ігнітронні) контактори.

Електромагнітні контактори звичайно використовуються в машинах стикового зварювання.

В сучасних зварювальних машинах інших способів контактного зварювання найчастіше використовуються тиристорні контактори. В деяких машинах великої потужності ще використовуються ігнітронні контактори, в ланцюгах підпалювання котрих установлюють тиристори.

Вітчизняна промисловість виготовляє тиристорні контактори типу КТ (табл. 15.9), які відрізняються величиною номінального струму і параметрами елементів, що до них входять. Всі ці контактори мають імпульсне керування і працюють тільки з регуляторами, що мають фазоімпульсні вихідні пристрої і забезпечують фазове регулювання і синхронне ввімкнення струму.

Вибір тиристорів для контакторів виконується з урахуванням потужності навантаження та напруги мережі живлення, виходячи з припущення, що тривалість ввімкнення (ТВ) завжди 100 %.

Діюче значення первинного струму машини ( $I_{\text{д}}$ ) пов'язане з середнім значенням номінального струму ( $I_{\text{ср}}$ ) тиристора, за яким він маркується:

$$I_{\text{д}} < 2,22 \cdot I_{\text{ср}}$$

Внаслідок малої теплоємності тиристори і симистори чутливі до перегрівання. Тому контактори мають водяне охолодження (окрім контакторів КТ-05, КТ-07 і КТ-09) і контрольні пристрої, які обмежують зростання температури вище 60 °С, а також варистор для захисту від можливих перенапружень.

Блокування зварювальної машини при перевантаженнях в контакторах відбувається гідравлічними струменевими реле типу РГС або термодатчиками типу ДРТ-60 чи ДРТ-Б-60.

Тиристорними контакторами комплектуються переважна більшість машин точкового, рельєфного шовного зварювання завдяки простоті їх

схем ввімкнення до мережі живлення, малим значенням струму керування тиристорами, можливостям здійснення фазового регулювання діючого значення зварювального струму та відсутності механічних частин в їх складі і т. ін.

Конструктивно тиристорний контактор виконаний таким чином. У лівій частині несучої панелі розташовані силові тиристори, у правій - елементи керування, захисту і індикації повнофазного режиму, а також рознім для ввімкнення підключення регулятора зварювання.

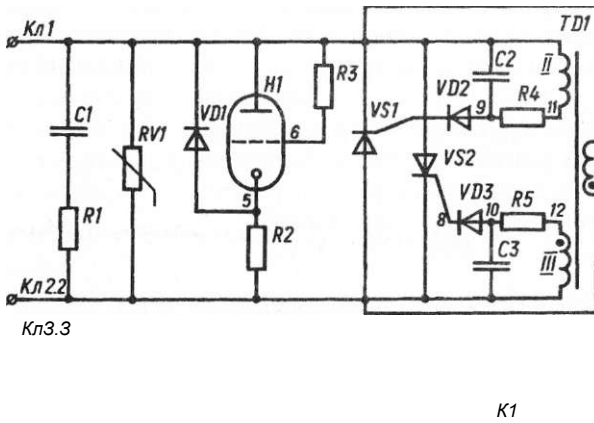
Таблиця 15.9

Технічні характеристики тиристорних контакторів

Параметри	Контактори									
	КТ-1	КТ-03 (КТ-02)	КТ-04	КТ-05	КТ-06	КТ-07	КТ-08	КТ-09	КТ-11	КТ-12
Номінальна напруга мережі живлення, В	220, 380	380 (220)	380	220, 380	220, 380	220, 380	220, 380	220, 380	320	380
Номінальний струм (при тривалості імпульсу 0,5 с і ТВ = 20 %), А	250	850	1400	105	190	410	190	480	1000	1750
Тип комутуючого пристрою	Тиристор ТВ-200	Тиристор ТВ-500	Тиристор ТВ-800	Симистор ТС161-125	Симистор ТС161-250	Тиристор Т171-250	Тиристор ТС161-250	Тиристор Т171-320	Тиристор ТВ-500	Тиристор ТВ-800
Вид охолодження комутуючих пристроїв	Водяне	Водяне	Водяне	Природне повітряне	Природне повітряне	Природне повітряне	Водяне	Природне повітряне	Водяне	Водяне
Витрати охолоджувальної води, л/хв	2	2	6	-	-	-	2	-	1	3
Середній ресурс до поточного ремонту, год	3000	2000	2000	5000	5000	5000	5000	5000	3000	3000
Габарити, мм	320хх300хх280	375хх470хх260	470хх375хх260	240хх150хх210	200хх230хх235	250хх300хх225	200хх230хх200	345хх355хх290	270хх350хх190	270хх350хх190
Маса, кг	6	16	16	3,5	4,5	8	4	17	12	12

Примітка. Симистор - симетричний тиристор, замінює два звичайних тиристори з однією стороною провідністю. Кліматичне виконання - УХЛ4. Температура охолоджувальної води не більше +40 °С. Максимальна напруга - 900 В.

При поперемінному вмиканні тиристорів (Т-500) К51 і К52 (рис. 15.4), які ввімкнені між собою зустрічно-паралельно, через первинну обмотку зварювального трансформатора тече змінний струм.



4	71анц.
Ю	Кл.1
12	-Омп. підпал.
13	+Імп. підпал.
1	Кл.2
8	Кл.3
7	Датчик
14	Датчик

Рис. 15.4. Електрична схема тиристорного контактора

Зміна величини струму здійснюється шляхом фазового регулювання моменту подання імпульсів керування на тиристори.

Ланцюг Я1-С1 призначається для обмеження швидкості нарощування напруги на силових тиристорах УБ1 і УБ.2.

Для захисту цих тиристорів від імпульсних перенапруг у мережі встановлено варистор КУ1.

До схеми керування силовими тиристорами К51 і УБ2 входять резистори К4 і К5, конденсатори С2 і С3, діоди К02 і К/33 і імпульсний трансформатор Т0і, на вхід якого надходять імпульси від регулятора циклу зварювання.

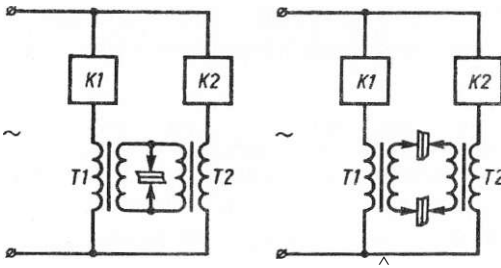


Рис. 15.5. Електричні схеми ввімкнення тиристорних контакторів (А<sup>1</sup> і К2):

а - паралельне з'єднання трансформаторів (7і і 7г);

б - послідовне з'єднання вторинних обмоток трансформаторів (у двоточкових машинах)

Керування контактором здійснюється від синхронних регуляторів зварювання, які на виході забезпечують однополярні симетричні імпульси.

Для індикації повнофазного режиму контакторів у схемі є лампа, яка гасне в інтервалах проходження зварювального струму.

Позначення тиристорних контакторів складається з літерної і цифрової частин. Наприклад контактор типу

У А Л 4 , Н його літерис

частині *K* — контактор, *T* — тиристорний; в цифровій - 07 є реєстраційним номером, УХЛ4 - кліматичне виконання і категорія розташування згідно з ГОСТ 15150-69 та ГОСТ 15543-70.

При необхідності паралельного з'єднання трансформаторів тиристорні контактори вмикаються, як показано на рис. 15.5, *a*.

При послідовному з'єднанні вторинних обмоток трансформаторів (наприклад, для двоточкових машин) використовується схема (рис. 15.5, *б*).

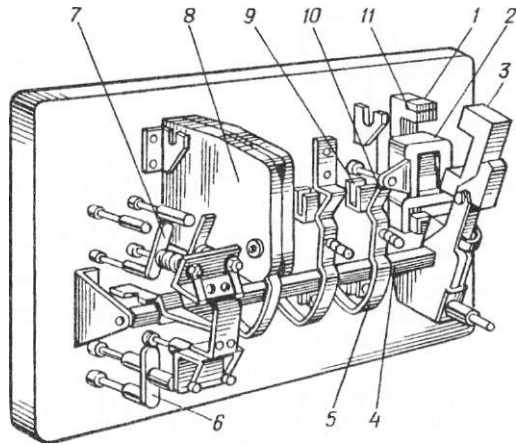


Рис. 15.6. Електромеханічний контактор

Встановлюються контактори в машинах вертикально. Ребра радіаторів тиристорів будуть розташовані теж вертикально. При цьому має бути вилучене нагрівання тиристорів від сторонніх джерел тепла, а сумарна площа вентиляційних отворів для кожного радіатора має бути не меншою 50 см<sup>2</sup>.

При виборі типу контактора для зварювальної машини необхідно, щоб найбільша величина струму комутування у первинній обмотці зварювального трансформатора при тривалому ввімкненні (10 хв і більше) у найбільш важкому режимі, який відповідає останньому ступеню трансформатора, найбільшої величини *TB* і тривалості імпульсу, не перевищувала граничного допустимого струму контактора у тому ж режимі ввімкнення.

Електромеханічний контактор (рис. 15.6) має магнітну систему 1—3, головні контакти 9 і 10 та блок контактів 6 і 7. У магнітній системі ярмо 1 та яркір 3 виготовлені з електротехнічної сталі для зменшення втрат від вихрових струмів і нагрівання.

Дроти ланцюга живлення зварювального трансформатора підводяться за допомогою гнучкового з'єднання 5 до нерухомих 9 і рухомих контактів 10 системи головних контактів.

Рухомі контакти закріплені на одному валу 4 з яркором 3. Різні електричні перемикання в ланцюгах керування, а також для ввімкнення котушки 2 здійснюються блок-контактами (невеликими за перерізом для пропускання струму 5-10А).

Головні контакти є масивними і розраховані на великий струм.

При надходженні сигналу (напруги) від блока керування струмом на котушку 2 під дією магнітного потоку яркір притягується до ярма, а вал 4 разом

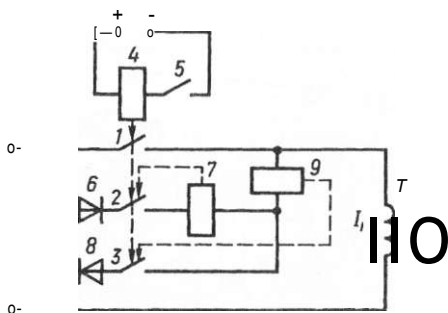


Рис. 15.7. Електрична схема контактора типу КБК:

1-3, 5 - контакти; 4,7,9- електромагніти;  
6, 8-діоди; Г-трансформатор зварювальний

з якорем повертається, і рухомі контакти з'єднуються з відповідними нерухомими контактами. На рухомих контактах вмонтовано пружини, які забезпечують потрібне зусилля стиснення контактів при їх замиканні. Одночасно з головними контактами замикаються блок-контакти 7 і розмикаються блок-контакти 6. Для усунення вібрації і гудіння в контактї на торці якора і ярма є короткозамкнуті витки 11.

Якщо електричні ланцюги розмикаються (контакти знаходяться під напругою), між сило-

вими контактами виникає електрична дуга, яка швидко руйнує поверхні контактів і виводить їх з роботи.

Для зменшення часу існування дуги і запобігання її перекиданню на сусідні апарати силові контакти розташовують у дугогасильні камери 8 із вогнестійкого матеріалу.

В машинах і установках для стикового зварювання оплавленням ввімкнення зварювальних трансформаторів звичайно використовуються електро-механічні контактори, в яких тривалий струм не перевищує кількох сотень ампер, а струм комутації до 1000 А.

Для комутації струмів до 6000 А в установках контактної зварювання використовуються контактори бездугової комутації типу КБК (рис. 15.7).

Під час роботи бездугових контакторів в момент переходу струму через нульове значення контакти розмикаються. Контакти 1-3 замикаються електромагнітом 4, який і утримує контакти в замкнутому стані. Основна частина струму навантаження проходить через контакт 1, тому що паралельні ланцюги з послідовно ввімкненими діодами та електромагнітами мають відносно великий опір. При розмиканні контакту 5 у ланцюзі електромагніту 4 утримується вплив останнього на контакти 1-3. Контактна система відрегульована таким чином, що контакт 1 розмикається першим.

З цього моменту струм навантаження буде текти по одному із паралельних ланцюгів. Якщо в момент розмикання контакту 1 полярність струму збігатиметься з напрямком провідності діода 6, то до кінця цього півперіоду струм буде проходити по обмотках обох електромагнітів 7 і 9, ці контакти утримують в замкнутому стані відповідні контакти 2 і 1. Після переходу струму через нуль діод 6 зачиняється і в наступний півперіод струм протікає тільки через діод 8 у ланцюзі контакту 3. При цьому електромагніт 7 не має

струму керування і контакт 2 розмикається. Електромагніт 9 до кінця півперіоду знаходиться під струмом і утримує контакт 3 у замкнутому стані. Після переходу струму через нуль діод 8 є зачиненим, електромагніт 9 знеструмлюється і контакт 3 вимикається.

Якщо в момент розмикання контакту / полярність струму навантаження збігається з напрямком провідності діода 8, струм тече у ланцюзі цього діода і електромагніту 9, а електромагніт 7 є знеструмленим тому, що діод б зачинено. Контакт 2 розмикається без затримки безпосередньо за розмиканням контакту 1. Контакт 3 буде замкнутим до кінця півперіоду струму.

В обох випадках вимикання контакт 2 розмикається раніше, ніж контакт 3, і напруга зачинення діода б не перевищує падіння напруги на контакті 3 і діоді 8 (декілька вольт). Зворотна напруга діода б повинна бути не нижчою за лінійну напругу мережі.

Таким чином, комутація зварювального ланцюга здійснюється в момент, коли струм зварювання практично дорівнює нулю, що набагато підвищує довговічність контактів.

Електромеханічні контактори порівняно з тиристорними мають невисоку надійність, малу бистродію та довговічність, більш масивні і мають низький ККД.

## 16. ТРАНСФОРМАТОРИ КОНТАКТНИХ МАШИН

Трансформатори контактних машин використовують для відокремлення зварювальної мережі від силової, зниження напруги мережі до потрібної для зварювання, а також для отримання зварювального струму необхідної сили.

Означення типів зварювальних трансформаторів включають в себе літерну та цифрову частини. Літерна частина відображає вид трансформатора, кількість фаз, рід та частоту струму чи конструктивні особливості. Цифрова частина означає енергетичні характеристики: значення вторинного номінального струму  $I_{2н}$ , кА, вторинної напруги холостого ходу на номінальному ступені регулювання  $i_{2н}$ , В, або тільки номінальне значення тривалого вторинного струму, кА, і реєстраційний номер, або номінальну потужність при  $TВ = 50 \%$ . Далі у цифровій частині вказується номер модифікації трансформатора або особливості його виконання (з обмотками, залитими епоксидним компаундом — ЕП(К)) та вид виконання і категорія розміщення.

Наприклад, трансформатори, що виготовляє Хмельницький завод "Укр-електроапарат", позначаються наступним чином: ТВК-75УХЛ4, де Т - трансформатор, В - з водяним охолодженням, К - для контактного зварювання, 75 - номінальна потужність, кВ А, при  $TВ = 50 \%$ , УХЛ4 - вид кліматичного виконання та категорія розміщення згідно з вимогами ГОСТ 15150-69 та ГОСТ 15543-70. Інші трансформатори: ТК-32.08-2 ЕП(К), Т - трансформатор, К - контактний, 32 - номінальний вторинний струм, кА, 08 - номінальна вторинна напруга, В, 2 - номер модифікації, ЕП(К) - блок обмоток залито епоксидним компаундом; ТНЧ-69,09, Т - трансформатор, НЧ - низької частоти, 69 - величина максимального зварювального струму, кА, 09 - напруга вторинна номінальна, В; ТКПА-8.08-4, Т - трансформатор, К - контактний, П - підвісний, А - матеріал вторинного витка алюмінію, а далі так, як у першому прикладі; ТТ-63.05-ЕП, ТТ - трансформатор трифазний; КН-80.164, К - трансформатор контактний, Н - низької частоти; ТВТ-40.04, Т - трансформатор, В - з випрямленням струму, Т - трифазний і далі, як у першому прикладі.

Структура позначення трансформаторів нової серії ТК-301, ТК-302, ТК-401, ТК-501 є такою: ТК-301УХЛ4, Т - трансформатор, К — контактний, 3 - тривалий вторинний струм, кА (на одному витку), 01 - реєстраційний номер, УХЛ4 - вид кліматичного виконання.

$\Phi$  Г

р в

$\Phi$  ^ — -

**Рис. 16.1. Трансформатор  
броньового типу:**

- 1 - магнітопровід;
- 2 - котушки первинної обмотки; 3 - диск вторинного витка; 4 - колодка вв'їдна;
- 5 - трубка водяного охолодження; 6- колодка вв'їмкнення мережі живлення;
- 7- кабель живлення;
- 8 - рама; 9 - шпильки, болти;
- 10- шайба ізоляційна;
- 11 - клин ізоляційний



## Характеристики однофазних трансформаторів

Тип трансформатора	Тип машини	Ступінь		ТВ, %	Струм				
		кількість	номінальний		кА		А		
						1,е	ном	і і	
TK-301	$\zeta > 2 = 1$	Багатоелектродні машини	4	4	50	8	5,6	111	78
	$I'2 = 2$	Те саме	4	4	50	4	2,8	111	78
TK-302	$I'2 = 1$	»	4	4	50	9	6,4	173	123
	$I'2 = 2$	»	4	4	50	4,5	3,2	173	123
TK-401	$I'2 = 1$	»	4	4	50	10	7,1	278	197
	$I'2 = 2$	»	4	4	50	5	3,55	278	197
TK-501	$I'2 = 1$	»	4	4	50	12,9	9,1	495	350
	$I'2 = 2$	»	4	4	50	6,45	4,55	495	350
ТВК-75	$I'2 = 1$	MT-2023	8	7	13	25	9	410,5	148
	$I'2 = 1$	MT-1818	8	7	13	25	9	410,5	148
	$I'2 = 1$	MTM-74	8	7	13	25	9	410,5	148
	$I'2 = 1$	MTM-166	8	7	13	25	9	410,5	148
	$I'2 = 2$	МТП-1110	8	7	13	12,5	4,5	410,5	148
	$I'2 = 2$	МТП-1111	8	7	13	12,5	4,5	410,5	148
	$I'2 = 2$	МТП-1409	8	7	13	12,5	4,5	410,5	148
К-8.02К	-	МТР-1201	4	4	19,5	6,6	2,9	53,5	23,6
К-12.04-11	-	MT-1222	8	7	32	12,5	7,1	154	88
TK-21.05-43П	-	MT-1927	6	5	50	21	15	364	258
TK-32.08-43П	-	MT-2102	8	7	20	32	14,3	760	340
		MTM-35	8	7	20	32	14,3	760	340
TK-14.08-3П	-	MT-2827	6	6	32	25,4	14,5	565	320
TK-10.10-3П	-	MT-4019	8	8	10	32	10	915	290
TK-40.08-3П	-	MT-4218	8	8	20	40	18	1080	480
		MP-6918	8	8	20	40	18	1080	480
TK-21.05-63П	-	MP-3818	6	6	50	21	14,8	372	264
К-16 04-2	-	МШ-2201	8	7	50	16	11,3	196	138
TK-32.06-2311	-	МШ-3207	6	6	100	32	32	650	650
		МШ-3208	6	6	100	32	32	650	650
TK-20.05-43Г1	-	МШ-2001-1	6	5	50	20	14,1	336	237
К-4.02	-	МСС-901	16	15	1,6	3,56	0,45	18,4	2,3
К-5.03	-	МСС-1901	8	7	8	5	1,4	32	9,1
К-16.06-4	-	МС-1602	8	7	19	16	7	254	111
TK-15.08	-	АС ГЦ-15-3	4	3	60	15	11,6	320	248
TK-2008-6	-	МС-2008	16	15	20	20	9	428	168
TK-2201	-	КСО-3201	16	15	20	48	21,5	1263	565
TKП-10.13-33П	-	МТП-1409	6	6	50	10	7	345	245
TK-12.07	-	МТМК-3x 100-4	16	15	20	11,7	5,3	224	100

Примітка.  $i > i_2$  - кількість первинних та вторинних обмоток.

Таблиця 16.1

## машин контактного зварювання

Напруга, В			Потужність, кВ-А		Опір обмоток х 1С <sup>8</sup> , Ом			Маса, кг
УХ	Уматп ~У20тах	Шоном	5,,и	5	г <sub>г</sub>	Х <sub>г</sub>	2 <sub>г</sub>	
365	3-5	5	40	28	31	35	46,7	56,7
365	6-10	10	40	28	124	140	186,4	56,7
365	5-7	7	63	45	33,4	44,8	55,7	75,6
365	10-14	14	63	45	133,6	179,2	222,8	75,6
365	7-10	10	100	70	46,6	53,2	70,8	109,2
365	14-20	20	100	70	186,4	212,8	283,2	109,2
365	9,6-14	14	180	127	38	52	64,5	176,7
365	19,2-28	28	180	127	156	208	258	176,7
365	2,92-6,3	5,9	100	36	40,8	23,8	47,2	91
365	2,92-6,3	5,9	100	36	40,8	23,8	47,2	91
365	2,92-6,3	5,9	100	36	40,8	23,8	47,2	91
365	2,92-6,3	5,9	100	36	40,8	23,8	47,2	91
365	5,84-12,6	11,8	100	36	163,2	95,2	188,8	91
365	5,84-12,6	11,8	100	36	163,2	95,2	188,8	91
365	5,84-12,6	11,8	100	36	163,2	95,2	188,8	91
365	1,45-2,9	2,9	19,5	6,6	36,5	33	49,2	37
325	2,23-4,45	3,87	50	28,4	16	20,6	26,2	100,6
340	3,82-5,67	5,67	124	88	11,2	22,3	25	168
335	4,2-8,4	7,3	254	114	16,2	23	28,2	239
335	4,2-8,4	7,3	254	114	16,2	23	28,2	239
340	5,06-7,24	7,24	194	110	16,2	25,3	30,1	239
340	3,26-9,5	9,5	310	98	19	23	29,8	225
335	4,3-8,6	8,6	360	160	11,2	27	29,2	279,2
335	4,3-8,6	8,6	360	160	11,2	27	29,2	279,2
340	3,82-5,67	5,67	124	88	11,2	21,3	25	168
325	2,14-4,28	3,78	64	45	10	13	16,4	132,6
325	4,5-6,5	6,5	220	220	6	10,2	11,8	363
325	4,5-6,5	6,5	220	220	6	10,2	11,8	363
325	4-6	5,32	110	78	18,2	23,4	29,8	161
380	0,54-2,3	1,97	7	0,9	29,8	30	42,5	16,6
380	1,1-2,92	2,44	12,2	3,45	25,6	9,8	28	64,2
380	3,4-6,8	6,03	97	42,2	16	20,6	26,2	139
380	5,3-10,6	7,9	122	95	11,9	6,4	12,7	296,4
380	4,23-8,46	7,86	162	72,8	13,6	16	21	231,6
380	3,66-11,2	10	480	215	8	9,6	12,5	504
380	3,65-13,1	13,1	135	96	16,6	35,1	39	227
380	2,6-8,8	7,03	85	38	18	20,7	27,4	165

### Характеристики трансформаторів

Тип трансформатора	Тип машини	Ступінь			Струм			
		кількість	номінальний	13, %	кА		А	
					імпульсний	К	*j) <.»* імпульсний	'1
ТНЧ-32.04-1	МРН-24001	8	7	-		32	-	250
ТНЧ-30.02	МШН-3701	6	6	1,4	30	3,6	185	22
ТНЧ-40.03	ІУШН-8501	4	4	80	40	36	290	260

Примітка,  $r_r$  - активний опір трансформатора, приведений до вторинної обмотки;  $I_L$  - з мережі на номінальному ступені.

### Характеристики трансформаторів

Тип трансформатора I	Тип машини II	З'єднання обмоток		ТВ, %	Для однієї фази			
		I	II		Ступінь		Потужність, кВ-А	
					кількість	номінальна	ном	5
ТТ-4004	МТВ-4801	А	А/А	12,5	4	4	74,1	26,3
ТВТ-40.06	МТВР-4801	Д	А	6,7	16	15	192	50
ТВТ-36.06.-23П	МШВ-7501	Д	А	32	8	7	192	110
ТТ-72.01	МТВ-8002-1	Д	А	20	16	15	224	100
ТТ-50.05	МШВ-6303	Д	А	64	8	7	122	98

Примітка.  $G_L$  - активний опір фази, приведений до вторинної обмотки трансформатора.

### Характеристики трансформаторів

Тип трансформатора	Тип машини	Потужність		Стл батареї, МКФ	Ступінь		Струм	
		5 споживання (номінальна), кВ-А	Накопичувана, !Вт-с		кількість	номінальний	кА	А
							ном (амплітуда)	'2
К-20.10	МТК-2001	2	800	1200	4	4	20	2
ТНЧ-50.06	МТК-5502	40	8 900	19 600	2	2	50	12,5

Примітка.  $C_{TAK}$  - ємність батареї конденсаторів,  $g_i$  /л - див. табл. 16.2.

Таблиця 18.11

низькочастотних машин

Напруга, В			Потужність, кВ А		Опір обмоток		Маса, кг
№20 тип - №20 тдх	0 <sub>ном</sub>	5 <sub>ном</sub>	5	Г <sub>т</sub> x Ю Л Ом	Ц x 10 <sup>6</sup> , Гн		
450	2-4	3,52	-	115	7,3	0,045	2442
450	1,28-2,55	2,55	-	9,5	13,4	0,2	407
450	2,02-3	3	-	112	15,2	0,07	2059

індуктивність трансформатора; 8 - максимальна трифазна потужність, що споживається

Таблиця 16.3

трифазних машин постійного струму

Для однієї фази									Маса, кг
Струм				Напруга, В				Г <sub>ф</sub> x 10 <sup>6</sup> ®, Ом	
кА		А		0 <sub>ном</sub>	0 <sub>ф</sub>	0 <sub>гост.н-02</sub> о™	0 <sub>н</sub> , ,ом		
	'2								
11,5	4,1	380	135,6	335	195	2,27-4,53	4,53	24	213
40	10,3	600	155	320	320	1,88-5,4	2,69	10	460
36	20,8	565	325	340	340	2,57-5,15	4,77	8	500
42	19	660	295	340	340	1,98-6,07	5,32	13	627
50	23	360	290	340	340	2,43-4,86	4,25	7,2	604

тора; Л, А — з'єднання обмоток трикутником та зіркою відповідно.

Таблиця 16.4

конденсаторних машин

Струм		Напруга, В			Параметри обмоток			Маса, кг
кА	А	0 <sub>н</sub>	'Ло тип - Цго тах	«20 ,ом	Г,х 10 <sup>6</sup> ®, Ом	Ц x 10 <sup>6</sup> ®, Гн		
'ном (амплітуда)		(на батареї)						
220	21,8	950	4,75-9,5	9,5	31,5	0,086	122,4	
276	68	950	4,75-9,5	9,5	17	0,092	1037	

Головні технічні характеристики деяких трансформаторів, котрими комплектуються сучасні машини для контактного зварювання, наведені у табл. 16.1-16.4.

Відомо, що ці характеристики впливають на технологічні можливості зварювального обладнання (діапазон регулювання вторинної напруги та струму, зовнішні вольт-амперні та навантажувальні характеристики, запас "стійкості" для збудження оплавлення для стикового зварювання опаленням і т. ін).

За конструкцією трансформатори контактних машин складаються, як і інші трансформатори, із магнітопроводу (частіше всього броньового типу), первинних та вторинної обмоток (рис. 16.1). Магнітопроводи броньового типу виготовляють із електротехнічних гарячекатаних чи холоднокатаних сталей зі спеціальними електроізоляційними покриттями.

Завдяки своїй конструкції трансформатори броньового типу відрізняються від інших зменшеними потоками магнітного розсіяння, зменшеною маєю, забезпечують надійне закріплення обмоток на магнітопроводі і т. ін.

Первинні обмотки таких трансформаторів звичайно є дисковими. Виготовляються вони з обмоткової міді марок ПВД, ПСД і ін. або з алюмінію марок АПСД, АПВД і т. ін. Обмотки поділені на секції. Виводи від частин секцій первинних котушок - можуть підключатися до мережі живлення послідовно, паралельно чи послідовно-паралельно за допомогою спеціальних пристроїв-перемикачів ступенів для регулювання коефіцієнта трансформації (вторинної напруги та вторинного струму).

Перемикачі ступенів за конструкцією бувають штепсельного (ГШ) і барабанного (ПБ) типів, а також пластинчасті або з використанням звичайних пакетних перемикачів.

Вторинні витки виготовляють також у вигляді плоских мідних чи алюмінієвих дисків, що з'єднуються між собою паралельно.

Звичайно в конкретних трансформаторах передбачається один або два вторинних витки.

Влаштування трансформатора типу ТВК-75 наведено на рис. 16.2. Його магнітопровід складається з двох тороїдальних пакетів (виготовлених з холоднокатаної сталі 3414 завтовшки 0,35 мм і на поверхню якої нанесено ізоляційне покриття). Дискові первинні та вторинні обмотки чергуються і залиті епоксидним компаундом у єдиний моноблок 2. Котушки первинної обмотки виготовляють із обмоткового проводу марки ПСД. Вторинна обмотка має два незалежних витки із товстої мідної шини марки ШММ. Початок та кінець диска кожного витка 3 виведені за габарити трансформатора, де за допомогою мідних плит, перемичок або шин можуть бути з'єднані паралельно (один вторинний виток) або послідовно (два вторинних витки). При цьому кожний виток має можливість бути з'єднаним безпосередньо зі зварювальним вторинним контуром машини. Диски вторинних витків охолоджуються проточною водою в трубах, що паяють по периметру кожного диска.

Охолодження первинних обмоток відбувається теплопередачею дискам вторинних витків.

Вторинна напруга (коефіцієнт трансформації) регулюється вісьмома ступенями пакетним перемикачем.

Блок обмоток та магнітопровід стягуються двома рамами, чотирма болтами та шпильками 5 (див. рис. 16.2).

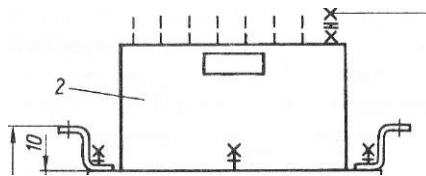
Для комплектації багаточислових машин в останній час почали використовувати трансформатори нової серії типів ТК-301, ТК-302, ТК-401 та ТК-501 (рис. 16.3, табл. 16.5). Магнітопроводи таких трансформаторів виготовляють із окремих витких розрізних О-подібних пакетів /, які влаштовані поряд у одній площині. На цей загальний стрижень установлюють обмотки.

Магнітопроводи трансформаторів ТК-301, ТК-302 і ТК-401 складені відповідно з 4, 6 і 8 таких пакетів, завдяки чому магнітопровід

є легким та компактним. Обмотки трансформаторів є дисковими і залиті у загальний моноблок 2 епоксидним компаундом. Котушки первинної обмотки і виробляються із мідного голого проводу типу ЛММ. Витки між собою ізолювані склотканиною марки АСК-0,12 у два шари 4.

Регулювання коефіцієнта трансформації в трансформаторах ТК-301, ТК-302 і ТК-401 виконують перемикачем ступенів (рис. 16.3, в), який має один нульовий та чотири робочих ступеня.

Перемикач може бути розташований з будь-якого боку на поверхні трансформатора або окремо від нього.



1-

Ж

"I  
374

5

Ж

/

50 116  
400

Ж і

Рис. 16.2. Трансформатор типу ТВК-75:  
/ - пакет магнітопроводу; 2 - моноблок обмоток;  
i - виводи витків вторинної обмотки; -I - рама;  
5 - шпилька

Розміри трансформаторів типу ТК

Трансформатор	Розміри, мм			Маса, кг	
	Ц	С	А	з перемикачем	без перемикача
ТК-301	580	470	290	86	80
ТК-302	670	560	360	106	100
ТК-401	805	695	480	141	135

У трансформаторі ТК-502 перемикання ступенів відбувається перемикачами безпосередньо на виводах первинної обмотки.

Вторинна обмотка - диски - виконуються із сплюснених мідних труб  $\delta$ , що охолоджуються проточною водою. Між котушками та дисками розміщують ізоляційні склотекстолітові шайби.

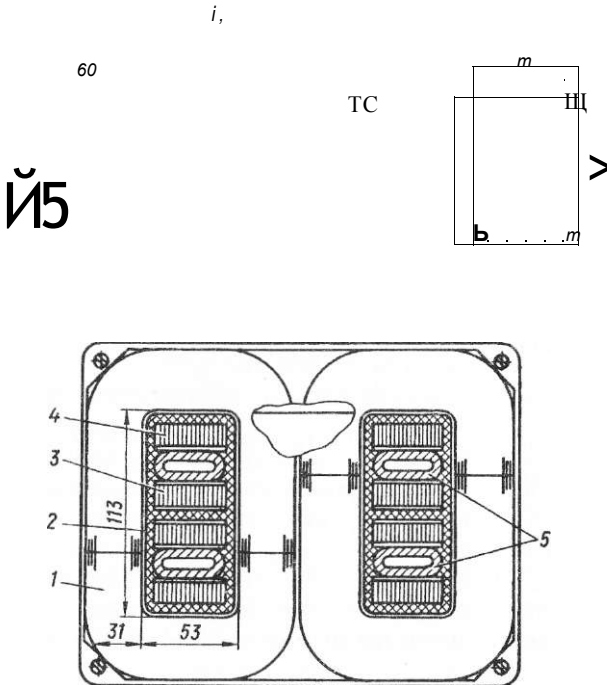


Рис. 16.3. Трансформатор типу ТК-301:

- $a$  - форма та розміри;  $b$  - поперечний розріз;  $\delta$  - перемикач ступенів ( $\perp$  - магнітопровід);  
 2 - епоксидний компаунд; 3 - обмотка первинна; 4 - шар ізоляції; 5 - виток вторинний;  
 6 - плити контактні; 7 - рама; 8 - шпилька)

Моноблок обмоток розташовують на середньому стрижні і все це стягнуто двома рамами 7, шпильками та болтами 8.

Трансформатори цієї серії можна використовувати не тільки в багатоелектродних (багатоточкових) машинах, але й в будь-яких інших машинах контактного зварювання, технічні характеристики яких відповідають параметрам того чи іншого типорозміру трансформатора.

У машинах стикового зварювання труб використовують трансформатори кільцевого типу з рознімними або нерознімними магінтопроводами.



## 17. УСТАНОВЛЕННЯ, МОНТАЖ ТА НАСТРОЮВАННЯ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ КОНТАКТНОГО ЗВАРЮВАННЯ

Спорудження та приміщення, що використовуються для робіт на машинах контактного зварювання, мають відповідати всім вимогам ГОСТ 12.3.003-75 "Роботи електрозварювальні. Загальні вимоги безпеки", "Правилам технічної експлуатації електроустаткування" та "Вимогам техніки безпеки і санітарії під час електрозварювальних робіт".

Ці приміщення повинні мати: електричні силові, освітлювальні та мережні заземлення із вимикальними пристроями і запобіжниками на кожну машину, водяні і повітряні мережі з відгалуженнями й запірними пристроями для охолодження струмопровідних частин та для живлення силових приводів, а також зливні канали чи труби для кожної машини, місцеві відсмоктувачі повітря у машинах стикового зварювання оплавленням та у машинах точкового, рельєфного і шовного зварювання деталей із легкоплавкими покриттями.

Підключають машини у трифазну силову мережу так, щоб навантаження розподілялось рівномірно на кожну фазу. Для цього визначають номінальні первинні тривалі струми для кожної машини. Потім визначається тривала потужність трансформатора підстанції та характеристики запобіжного обладнання. Силовий трансформатор вибирають з урахуванням його теплової потужності, яка має перевищувати еквівалентну теплову потужність усіх одночасно працюючих зварювальних машин.

Для підключення машин до силової мережі живлення використовується провід завдовжки до 25 м з перерізом, що визначається з урахуванням значень первинних тривалих струмів чи допустимого їх нагрівання.

Плавкі запобіжники визначаються також з урахуванням тривалих первинних струмів:

$$I_{\text{зап}} < 3 I_{\text{тр}}$$

де  $I_{\text{зап}}$  - струм запобіжної вставки, А;  $I_{\text{тр}}$  - тривалий струм навантаження, А.

Сила тривалого струму навантаження може бути розрахована за формулою:

$$I_{\text{тр}} = K \cdot I_2 \cdot \sqrt{t_{\text{тр}}}$$

де  $K$ — коефіцієнт, для однофазних машин дорівнює 1,05;  $1/2$  - номінальний тривалий вторинний струм машини;  $K_{тр}$  - коефіцієнт трансформації на номінальному (передостанньому) ступені.

За умовами техніки безпеки кожна машина повинна мати заземлення. Мінімальний переріз провідника (неізолюваного) заземлення із мідного дроту дорівнює  $4 \text{ мм}^2$ , із алюмінію -  $6 \text{ мм}^2$ , діаметр сталевого дроту — 5 мм. Можна використовувати для цих потреб сталеві косинці з товщиною полиці 2 мм, або сталеві смуги з перерізом, не меншим  $24 \text{ мм}^2$ .

Діаметри водяних та повітряних мереж вибирають згідно з витратами стиснутого повітря та охолоджувальної води (що застерігається технічною документацією до обладнання) з урахуванням кількості машин й тривалості їх роботи.

Для зливальних комунікацій діаметр зливної труби чи каналу має бути втричі більшим, ніж у труб підведення. Якість охолоджувальної води повинна відповідати вимогам ГОСТ 2874-82.

Більшість машин установлюють без фундаментів на анкерних болтах. Громіздкі машини для стикового зварювання установлюються на спеціальних фундаментах. Розміщують контактні машини поміж іншого технологічного обладнання з урахуванням безперервності виробничого процесу, зручності транспортування та складування заготовок і готових вузлів, а також експлуатації та ремонту обладнання.

Більш детальні рекомендації з монтажу, підготовки й експлуатації обладнання для контактного зварювання наведені у технічній документації до кожної машини.

Наладку та випробування машин виконують при вимкненому струмі в наступній послідовності.

Відчиняють вентилі стиснутого повітря та охолоджувальної води.

Установлюють потрібні розміри вильоту і розхилу, а також домагаються співвісності електродів. Площа, що охоплюється вторинним контуром зварювальної машини, має бути мінімальною, але достатньою та зручною для зварювання потрібних деталей. Не дозволяється центрування електродів за допомогою молотка, що викликає деформацію поверхонь самих електродів та посадочних отворів електродотримачів.

Слід пам'ятати, що вертикальне зміщення електродів при номінальних зусиллях стиснення не має перевищувати значень, що наведені нижче (табл. 17.1).

Потім необхідно перевірити цілісність заземлення на регуляторі. Після цього можна ввімкнути автоматичний вимикач машини. Тумблер "Струм" (умовні позначення на сучасних регуляторах див. у табл. 15.1) установлюють в положення "Вимкнено". Тумблер роду роботи встановлюють у положення "Одиночне зварювання". Після цього встановлюються потрібні тривалості кожної позиції циклу зварювання. Гіри цьому необхідно враховувати,

що величина позиції "Стиснення" має бути достатньою для опускання та стиснення деталей електродами, а також для наростання тиску повітря у приводі до потрібного рівня. Не дозволяється встановлювати тривалість жодної позиції у положення "0". Далі натискають педаль "Пуск" та перевіряють роботу одиночного циклу за світлодіодними індикаторами. Потім встановлюють робочі параметри режиму зварювання: величину зварювального струму (робочий ступінь зварювального трансформатора згідно з навантажувальними характеристиками для кожного розхилу) (рис. 17.1), час "Зварювання", "Стиснення", "Проковування" та "Паузи". Робочий ступінь, наприклад, при зварюванні деталей із сталі 08кп завтовшки 1,0+1,0 мм в режимі середньої жорсткості є третім. Опір металу у цьому випадку дорівнює 125 мкОм (див. табл. 1.2), а струм зварювання - 9,5 кА.

Далі тумблер "Струм" встановлюють у положення "Зварювання" та приступають до пробного зварювання і коректування режимів за допомогою технологічних проб. Діаметр зварювальної точки залежить також від величини робочої поверхні електродів. Тому періодично електроди очищають та заправляють наждачним полотном або за допомогою спеціальних фрезерних голівок і обойм.

Таблиця 17.1

Допустимі вертикальні зміщення електродів машин контактного зварювання

Виліт електродів номінальний, $\xi$ , мм	Зміщення вертикальне, мм			
	Машини групи А		Машини групи Б	
	пресові	радіальні	точкові пресові	шовні
1 < 500	1,0	1,5	2,0	2,5
500 > $\xi$ < 1200	1,5	2,0	2,3	3,8
> 1200	2,0	2,3	2,5	3,0

Величину контактної поверхні електродів вимірюють спеціальними шаблонами.

Витягують електроди із конусного гнізда електродотримача обертаннями або виштовхуванням, для чого застосовуються спеціальні ключі або пристрої.

Поверхні електродних плит рельєфних машин мають бути паралельними. Допуск непаралельності під час прикладання зварювального зусилля не повинен перевищувати 0,4 мм на 100 мм радіуса кола з центром по осі прикладення зусилля.

Зміщення електродів в горизонтальній площині (А/) у точкових та шовних машинах під впливом номінального зусилля стиснення не має перевищувати

Д

де  $E_m$  - зусилля (номінальне) стиснення, даН;  $K$  - коефіцієнт пропорційності, що дорівнює 0,01 для машин групи А та 0,025 для машин групи Б.

Незбіг центрів робочих поверхонь електродів у точкових машинах групи А не може перевищувати 0,5 мм.

Центрування губок стикових машин виконують затисненням готової деталі у незакріплених губках. При цьому кінцева відстань між плитами має бути 5-6 мм. Допуски співвісності деталей, що з'єднуються стиковим зварюванням, залежать від діаметра заготовок. Наприклад, відхилення співвісності деталей з діаметром від 5 до 25 мм не може перевищувати  $\pm 0,5$  мм, з діаметром від 100 до 115 мм -  $\pm 1,7$  мм, з діаметром від 210 до 250 мм відповідно -  $\pm 3$  мм.

Між електродами та електродотримачами необхідно забезпечувати у посадочних місцях надійний електричний контакт. Застосовувати будь-які прокладки у місцях посадок не допускається, а перехідники - не рекомендується.

Залежно від товщини деталей та їх конструктивних особливостей встановлюють оптимальну величину робочого ходу верхнього електрода чи контактної плити. Встановлюються також потрібні зусилля стиснення під час зварювання й проковування регулюванням тиску повітря редукторами. Регулюють і маслорозпилювачі на подачу 1-2 краплини масла ("Турбінне 22" ГОСТ 32-74) на 12-20 ходів верхньої рухомої частини машини.

Далі перевіряють працездатність і настроюють регулятори циклу зварювання.

У шовних машинах перевіряють наявність масла в планетарних редукторах ("Індустріальне 20"), у ковзних контактах вторинного контуру - графітокасторового мастила. Під час механічного налагодження шовних машин перевіряють рівномірність обертання приводного та не приводного електродів-роликів та границі регулювання швидкості зварювання. Неприводний ролик має обертатися від зусилля руки, а під час зварювання не має просковзувати відносно приводного ролика. Швидкість зварювання ( $V_{зв}$ ) перевіряють при вимкненому тумблері ("Струм") і визначають вимірюванням частоти обертання приводного ролика за допомогою тахометра з урахуванням діаметра самого ролика за формулою, м/хв:

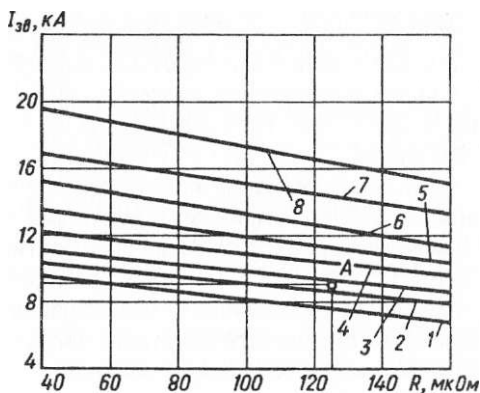


Рис. 17.1. Навантажувальні характеристики машини МТ-1816:  
1-8 - ступені регулювання струму;  
А -  $P_{060}$  чаточ кА

де  $\varnothing_p$  - діаметр ролика, м;  $p_p$  - частота обертання ролика, об/хв.

Швидкість зварювання може бути також визначена вимірюванням лінійного переміщення деталі між роликками протягом заданого часу.

Пробне зварювання виконується у наступній послідовності.

Вибирають один із режимів зварювання, встановлюють орієнтовні початкові величини струму зварювання (фазорегулятором або перемикачем), тривалість імпульсів струму та пауз між ними, а також тиск повітря у пневматичному приводі (пневморедуктором), швидкість зварювання (потенціометром, що є на пульті чи панелі керування). При необхідності згідно з якістю пробних швів здійснюють корекцію параметрів режиму зварювання.

Перед стиковим зварюванням звільнюють механізм затиснення, а рухома плита відводиться на відстань відповідно до потрібної встановлювальної величини.

Для цього положення налагоджують моменти вмикання зварювального струму та величину напруги холостого ходу трансформатора.

Встановлюють також положення кулака, кінцевого вимикача чи плунжера золотникового пристрою, що фіксують кінець оплавлення та момент початку осаджування.

Після цього підбирають таке зусилля затиснення деталей, щоб запобігти просковзуванню деталей у губках під час осаджування. Перевірку достатності величини зусилля затиснення допускається виконувати тільки при режимі зварювання, щоб вилучити переважання або поломку приводів подавання.

Підбір струму оплавлення починають із свідомо більшого ступеня; далі ступені знижують до мінімального, при якому процес оплавлення відбувається стало, а деталі нагріваються до потрібної температури.

Зусилля осаджування спочатку свідомо встановлюють меншим за оптимальне. Поступово його підвищують до отримання очікуваної якості зварного з'єднання.

Зусилля осаджування визначається зусиллям руки оператора-зварника в машинах із ручним приводом, розмірами виступу на кулаку, або зміною тиску масла (програмується пропускна здатність золотникових або дросельних пристроїв) відповідно в машинах з моторним і гідравлічним приводами.

Швидкість оплавлення та осаджування задаються за допомогою пружин, кулаків (зміною частоти обертання або форми) чи зміною частоти обертання двигунів постійного струму в машинах з електричним приводом або програмуванням роботи золотникових пристроїв та дроселів в машинах з гідравлічними приводами.

В машинах з ручним приводом робітник-зварник сам задає потрібну швидкість оплавлення - переміщення рухомої плити.

## **18. ОРГАНІЗАЦІЯ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ КОНТАКТНИХ МАШИН**

Своєчасний ремонт та кваліфікована експлуатація обладнання для контактного зварювання визначають термін його служби, експлуатаційну надійність і довговічність.

До самостійної роботи на контактних машинах допускаються працівники й оператори з кваліфікаційною групою з електробезпеки не нижче II, які опанували курс відповідного теоретичного навчання та підтвердили свої знання складанням іспитів спеціальної комісії.

Робітник-зварник відповідає за правильну експлуатацію та збереження обладнання, інструмента і оснастки.

До роботи зварник повинен перевірити стан обладнання, при виявленні несправності - викликати наладника. Експлуатувати несправне обладнання чи ремонтувати його робітнику забороняється.

В аварійній ситуації зварник повинен негайно вимкнути зварювальну машину та повідомити про це майстра або енергетика цеху.

Зварник відповідає за додержання оптимальних режимів зварювання, вимог безпечної експлуатації обладнання та за утримання робочого місця в чистоті.

Наладниками зварювального обладнання можуть бути робітники з кваліфікацією зварника 3-6-го розряду, які атестовані з техніки безпеки з наданням не нижче III кваліфікаційної групи.

Наладник відповідає за безперебійну експлуатацію обладнання, що закріплюється за ним. На одного наладника звичайно припадає до 8-10 однотипних однофазних машин або до 5 трифазних.

Наладник здійснює налагодження на потрібні режими зварювального обладнання, виконує дрібний ремонт обладнання на робочому місці, систематично перевіряє виконання робітником-зварником усіх правил експлуатації обладнання.

Наладник спостерігає також за роботою та терміном дії вимірювальних приладів, що є у зварювальному обладнанні та відповідає за їх своєчасну державну перевірку.

Налагодження, огляд, змазування й ремонт контактних машин звичайно виконується між змінами, під час перерви, у середині змін та у вихідні дні.

Окрім зварника й наладника за безпечну експлуатацію зварювальних машин, а також за дотриманням потрібних параметрів режиму відповідають

виробничий майстер або майстер по зварюванню. Майстер повинен своєчасно інструктувати робітників про правила безпечної експлуатації та догляду за обладнанням, забезпечувати робітників і наладників інструментами, матеріалами, запасними частинами, перевіряти стан обладнання, що передається попередньою виробничою зміною наступній зміні.

Забезпеченням зварювальних машин усілякими видами енергоживлення займається служба головного енергетика підприємства. Вона ж контролює працездатність цехових енергетичних комунікацій, що відносяться до зварювального обладнання, якість ремонтних робіт та технічний стан зварювального обладнання між ремонтами, упорядковує разом із службою головного зварника заявки щодо придбання потрібної апаратури, приладів і запасних частин для експлуатації та ремонту зварювального обладнання.

За електрозварювальне обладнання відповідає також цеховий енергетик або інший службовець, якому передано це обладнання. Він повинен перевіряти технічний стан, спостерігати за роботою обладнання та з'ясувати при необхідності причини виходу його з ладу, інструктувати персонал, що обслуговує та експлуатує обладнання, а також організувати ремонтні роботи, які передбачаються графіками планово-попереджувальних ремонтів (ГППР), забезпечувати загальне технічне керівництво робіт з ремонтів зварювального обладнання, котре потім як член спеціальної комісії приймає відремонтоване обладнання.

Окрім енергетика до цієї комісії входять представники відділів головного енергетика і головного зварника та майстер зварювальної дільниці.

Службовці відділів головного зварника та головного технолога забезпечують раціональне розташування та максимальне використання технологічних можливостей зварювального обладнання, розробляють технічну документацію на проектування спеціальних обладнання та оснастки, допомагають цехам і ділянкам у автоматизації та механізації зварювальних процесів, в освоєнні нового обладнання, організують підвищення кваліфікації робітників-наладників і зварників.

До обов'язків співробітників відділу головного зварника належать: організація майстерень та ділянок, на яких виготовляються запасні частини до зварювального обладнання, розробка спільно із відділом головного енергетика графіків ППР та заявок на нове обладнання та оснастку, а також приймання участі у списанні старого або спрацьованого обладнання.

Характерні несправності контактних машин для різних способів контактного зварювання, причини і методи їх усунення наведено в табл. 18.1-18.12.

### Характерні несправності машин точкового та рельєфного контактного зварювання і методи їх усунення

Несправності	Ймовірні причини	Методи усунення
При натисненні на кнопки пускового пристрою (педальну кнопку) верхній електрод не опускається	Зношені електричні контакти у кнопках або в ланцюгах електричної схеми  Заїдання поршня приводу стиснення електродів	Перевірити цілісність та надійність замикання контактів кнопок та працездатність електричної схеми  Перевірити наявність масла у маслорозпилювачі та подавання масла з нього до циліндра; змазати шток поршня
	Не спрацьовує гідравлічне реле тиристорного контактора при недостатньому тиску води в системі охолодження або при великому підпорі на зливі	Встановити потрібний тиск води в магістралі охолодження, перевірити працездатність гідравлічного реле
	Не вмикається електропневматичний клапан, відсутня напруга, обрив провода в котушці або сам клапан несправний	Виміряти напругу на котушках по ввімкненій машині, перевірити цілісність самих клапанів і, якщо необхідно, розібрати клапан та усунути несправності
При натисненні на пускову кнопку підвісної машини електроди стискаються, але зварювальне зусилля не утворюється	Наявність повітря в гідравлічній системі	Випустити повітря з гідравлічної системи спускним клапаном
При натисненні на педальну кнопку верхня плита (електрод) опускається, а цикл зварювання не відбувається	Несправність регулятора часу	Див. паспорт регулятора часу
Машина працює в автоматичному режимі, але зварювання не відбувається	Обрив у ланцюгах керування роботою тиристорів або вийшов з ладу запобіжник  Несправність тиристорів	Перевірити ланцюги керування тиристорів  Замінити тиристори або елементи ланцюгів їх керування
	Занадто мала тривалість "Стиснення" при недостатній тривалості "Зварювання"	Збільшити тривалість "Стиснення"
	Відсутність контакту (обрив) в ланцюгах зварювального трансформатора	Визначити пошкодження та усунути несправності
	Під час опускання верхнього електрода (плити) деталі не стискаються	Підняти нижній електрод (плиту) або електродотримач
	Надзвичайно великим є опір вторинного контуру машини	Зачистити поверхні контактів вторинного контуру. Підтягнути нарізні з'єднання
	Занадто великим є забруднення зварювальних деталей	Зачистити поверхні деталей



Несправності	Ймовірні причини	Методи усунення
Постійно спрацьовує автоматичний вимикач мережного захисту, не забезпечується потрібна міцність зварних з'єднань	Несправність тиристорного контактора	Див. паспорт тиристорного контактора
Не регулюється тривалість "Зварювання", підпалюються поверхні електродів та деталей	Несправності у регуляторі циклу зварювання	Див. несправності регулятора циклу зварювання (паспорт регулятора)
Не вимикається клапан, не регулюється величина зварювального струму	Те саме	Те саме

Таблиця 18.2

**Характерні несправності шовних машин електричного контактного зварювання та методи їх усунення**

Несправності	Ймовірні причини	Методи усунення
Після подачі напруги живлення машина не працює	Не зачинені дверці машини, не ввімкнуті вимикачі блокування	Зачинити дверці машини, при зачинених дверцях відрегулювати положення вимикачів блокування
При натисненні на педаль верхній електрод-ролик не опускається	Не замикаються контакти педальної кнопки. Не вмикається електропневматичний клапан; несправність в регуляторі циклу зварювання; перекоси у напрямних приводу стиснення	Перевірити та зачистити контакти педальної кнопки; перевірити наявність напруги (24В) на катушках клапанів. Відрегулювати положення напрямних
Електроди-ролики не обертаються	Не працює двигун приводу роликів. Відсутнє живлення на тиристорному приводі. Не вмикається електромагнітна муфта	Перевірити комутаційні реле і наявність живлення на блоці приводу. Перевірити цілісність заземлення, змінити або підтиснути щітку, зачистити наждачним папером колектор муфти
Після другого натиснення на педаль не вимикається струм зварювання та не підіймається верхній електрод	Несправності у регуляторі циклу зварювання (переривнику)	Знайти та усунути несправність регулятора (див. паспорт регулятора)
Шарошки не притискуються до електродів	Недостатньо масла у пневмогідролічній системі машини	Долити масла у пневмогідролічну систему до рівня не нижче вісі показника рівня масла
Не обертається нижній ролик	Мастило (графітокасторове) неякісне; можлива наявність абразивних включень в ньому	Змінити мастило. Обкатати машину на холостому ході з поступовим підвищенням тиску до номінального значення протягом 10-20 год.

Несправності	Ймовірні причини	Методи усунення
Після стиснення деталей електродами зварювальний струм відсутній	Не вмикається гідравлічне (струминне) реле	Перевірити наявність охолоджувальної води на тиристорному контакторі
Після опускання верхньої електродної частини і затиснення виробу тривалий час не відбувається обертання електродів і зварювальний струм відсутній; після відпускання педалі верхній електродний вузол підіймається	Не вмикається комутуючий пристрій у ланцюзі тиристорного контактора Реле часу налагоджено хибно	Перевірити цілісність мережі, що комутує тиристорний контактор Відрегулювати витримку часу у реле
Дуже повільно відбувається розгін муфти на початку шва, далі відбувається прискорене обертання і нарешті стало обертання електродів	Невідрегульований опір регулятора швидкості зварювання Невідрегульована витримка часу у реле	Підібрати опір регулятора швидкості зварювання Відрегулювати правильно тривалість часу у реле
Не регулюється швидкість обертання роликів	Відійшли або зносилися щітки тахогенератора; несправності у блоці керування приводом обертання роликів	Притиснути або замінити щітки тахогенератора, перевірити або замінити блок керування приводом обертання роликів
При повторному натисненні на педаль у кінці зварювання не вмикається зварювальний струм, а верхній електрод не підіймається	Не спрацьовують відповідні реле	Перевірити ланцюги відповідних котушок і контактів реле

Табл(а)я 18.3

**Характерні несправності багатоелектродних машин та методи їх усунення**

Несправності	Ймовірні причини	Методи усунення
Погано працює механізм подання поперечних прутків	Низька якість рихтування або різання поперечних прутків	Налагодити правильно відрізне устаткування, що заготовлює поперечні прутки
Поперечні прутки не переходять із горловини у пази зірок	Невірно відрегульовано положення зірок відносно горловини	Установити потрібне положення вала за допомогою диска фіксатора
Поперечні прутки не падають у захвати каретки	Невірно відрегульовано положення штовхача	Встановити потрібну позицію штовхача механізму подавання поперечних прутків
Зупинки каретки у крайніх положеннях супроводжуються різкими поштовхами	Дроселюючі клапани та пружинні амортизатори невідрегульовані	Налагодити дроселюючі клапани на мінімальну швидкість переміщення каретки. Амортизатори встановити так, щоб каретка доходила до упору з мінімальними поштовхами

Несправності	Ймовірні причини	Методи усунення
Не переміщується каретка транспортування каркаса	Тиск стиснутого повітря у циклі є недостатнім	Регулятором переміщення підняти тиск повітря до 0,3 МПа
	Вивернення манжетів у циліндрах через відсутність (або недостатність) мастила	Перебрати циліндр. Відрегулювати подачу мастила маслорозпилювачем
Електроди не опускаються. Тиск (зусилля) між електродами є меншим за потрібний	Відсутність мастила у підшипниках каретки	Наповнити мастилом маслянку
	Наявність повітря у гідравлічній системі	Випустити повітря крізь відвернуті заглушки під час заливання масла у пневмогідравлічні циліндри
Електроди не підіймаються	Недостатньо стиснуті зворотні пружини	Підтягнути гайки стиснення у пружинах
	Гідравлічна система заповнена дуже в'язким маслом	Замінити масло у гідравлічній системі
Електрод швидко виходить із ладу (зношується)	Зусилля на електродах є з великим	Встановити нормальний тиск повітря у приводі стиснення
	Наявність іржі або окалини на поверхні зварних прутків	Очистити прутки від іржі та окалини
Порушення кроків між поперечними прутками	Поздовжні прутки під час транспортування каркасів труться з нижніми електродами	Відрегулювати положення нижніх електродів так, щоб поздовжні прутки не терлися з електродами
	Зусилля фіксації поздовжніх прутків у притискуючому пристрої є недостатнім	Підвищити натяг стягуючої пружини
Неочікувана зупинка машини	Внаслідок заїдання механізму подавання поперечних прутків штовхач проскочив та спрацював аварійний вимикач	Ліквідувати причину заїдання, встановити штовхач у нормальну позицію
Порушення роботи електропневматичного клапана	Вихід із ладу електропневматичного клапана	Див. несправність електропневматичних клапанів
Зварювання відсутнє	Наявність іржі та окалини на поверхнях прутків	Зачистити поверхні прутків від іржі та окалини
	Не працює регулятор циклу зварювання	Див. несправності регулятора циклу зварювання
	Недостатнім є тиск охолоджувальної води	Збільшити витрати охолоджувальної води
	Не спрацьовує один із кінцевих вимикачів	Відрегулювати вимикач, зачистити контакти вимикача
При роботі в автоматичному режимі каретка зупиняється біля електродів	Хибно вибрано режим зварювання	Встановити оптимальний режим зварювання
	Вийшов із ладу кінцевий вимикач	Зачистити контакти, замінити при необхідності кінцевий вимикач

Таблиця 18.11

**Характерні несправності мягані, стикового контактного зварювання  
з ручним і електричним приводом та методи їх усунення**

Несправності	Ймовірні причини	Методи усунення
Підвищене гудіння трансформатора. Потужне нагрівання. Оплавлення або вигорання частини обмоток	Міжвиткове замикання	Замінити трансформатор; якщо можливо, замінити вигорілу котушку
Проковзування виробу у затискаючих пристроях	Недостатнє затиснення виробу	Збільшити зусилля стиснення
При затискуванні у затискачах відбувається викидання ексцентриків. Важіль при цьому не тримається у нижньому положенні	Масило потрапляє на вісь ролика	Усунути мастило
Не спрацьовують елементи електричної системи	Відсутність напруги на трансформаторі. Обрив у ланцюзі (у котушці) керування	Перевірити і замінити запобіжники. Змінити котушки
Витік повітря із електропневматичного клапана	Знос діафрагм	Замінити діафрагми
Різкий відкіт рухомого затискача	Дроселюючі клапани не є відрегульованими або справними	Відрегулювати або замінити дроселюючі клапани
Не вмикається електронпневматичний клапан затискувачів	Не спрацьовують кінцеві вимикачі	Перевірити цілісність мікрровимикачів; відрегулювати положення кінцевих вимикачів і кулачка
Не вмикається двигун механічного приводу	Не спрацьовують кінцеві вимикачі	Перевірити працездатність мікрровимикачів; відрегулювати положення кінцевого вимикача й кулачка
Виходить із ладу запобіжник	Замикання первинного ланцюга на корпус машини	Перевірити стан ізоляції первинного ланцюга. Несправності вилучити
При зварюванні у холодному стані або при осадженні затискуючі пристрої переміщуються вгору	Недостатнє затиснення	Підтягнути з'єднання нерухомого затискача
Підвищений підігрів контактних з'єднань	Послаблення контактних з'єднань. Окислення контактних поверхонь	Підтягнути болтові з'єднання. Розібрати, зачистити контактні поверхні, щільно підігнати їх один до одного та підтягнути затискачі
При вимірюванні опору виявляється поганий стан обмоток зварювального трансформатора	Тривале зберігання машин у непридатних умовах (сиромо приміщенні)	Просушити трансформатор

**Характерні несправності обладнання  
для стикового контактної зварювання труб та методи їх усунення**

Несправності	Ймовірні причини	Методи усунення
<i>Механізми устаткування</i>		
Труба або секція рухається на рольганзі поштовхами чи зупиняється	Труба торкається важелів або скидача внаслідок зносу робочих поверхонь приводних роликів	Підняти приводні ролики вище за відсікачі, скидачі та холості ролики (біля 3 мм), підклавши прокладку під корпус підшипників роликів
Вал електродвигуна внутрішнього гратознімача обертається, але не обертається його било	Пошкоджені кулачкові муфти, що з'єднують частки штанг внутрішнього гратознімача між собою, або немає зчеплення у муфті	Замінити кулачкові муфти або відрегулювати їх зчеплення
<i>Хибне висування штанги</i>		
Під час вмикання штанга внутрішнього гратознімача висувається, але електродвигун не вмикається	Кінцевий вимикач не натиснуто	Перевірити і відрегулювати кінцевий вимикач
Внутрішній та зовнішній грати знімаються нерівномірно за периметром труби	Порушено центрування зовнішнього та головок внутрішнього гратознімачів	Перевірити та відрегулювати центрування гратознімачів
<i>Гідро- та пневмосистеми</i>		
Шум у гідросистемі	У фільтрі та всмоктуючій системі є сміття; підсмоктування повітря у всмоктуючій трубі або в ущільнювачах валів насосів; є повітря у всмоктуючому маслі	Очистити фільтри та всмоктуючі труби; перевірити та підтягнути муфти, замінити манжети валів насосів. Розібрати, очистити та промити бензином запобіжний клапан
Пневматичні зупиняючі пристрої, відсікани та скидачі не спрацьовують одночасно	Хибно відрегульовано пневмодросель, подавання повітря у пневмоприводи; засмітилися прохідні отвори пневмодроселів; механічні пошкодження конструктивних елементів агрегатів	Відрегулювати подавання повітря дроселем; прочистити внутрішні порожнини дроселя, виправити деформовані елементи конструкції
Нерівномірний рух механізмів приводних гідроциліндрів	В гідросистемі є повітря або бракує масла в баці	Перевірити рівень масла та наявність піни у баці; долити (при необхідності) масло та усунути причини попадання повітря до гідросистеми; випустити повітря із трубопроводів та гідроциліндрів. Відрегулювати переливний гідроклапан на тиск, який на 0,5 МПа перевищує робочий
Перегрів масла у гідросистемі	Хибно відрегульовано переливний клапан	Відрегулювати переливний клапан на тиск, що на 0,5 МПа перевищує робочий

Несправності	Ймовірні причини	Методи усунення
<i>Електродвигуни</i>		
Двигун вмикається ривком	Коротке замикання в обмотках ротора двигуна	Замінити двигун
Вал двигуна не обертається при ввімкненні; спрацьовують захисні пристрої	Обрив у ланцюзі однієї з фаз ротора двигуна	Виявити місце обриву фази, вилучити несправність
Вал двигуна обертається з меншою швидкістю, двигун дуже гуде	Обрив у ланцюзі однієї з фаз ротора	Те саме
Двигун не створює обертаючого моменту потрібної величини	Обрив однієї з фаз статора при з'єднанні обмоток двигуна зіркою	Те саме
Знос колектора та щіток двигуна	Невірно вибрано зусилля притиснення щіток	Відрегулювати зусилля притиснення щіток
Рольганг не обертається, хоча його електродвигун працює	Зниження напруги на електромагнітній муфті. Відсутнім є контакт між щітками струмознімача муфти	Перевірити випрямляч, що живить муфту; замінити щітки і щіткотримачі; очистити контактні кільця
Штанга внутрішнього гратознімача не рухається	Не спрацьовує електромагніт пневматичного клапана	Перевірити працездатність мережі електромагнітів; замінити несправну котушку

Таблиця 18.6

**Характерні несправності машин стикового контактного зварювання оплавленням з електричним механізмом подавання і методи їх усунення**

Несправності	Ймовірні причини	Методи усунення
Витік повітря із електропневматичного клапана	Знос діафрагм	Замінити зношену діафрагму
Різкий відкід рухомого затискача	Дросельний клапан не є відрегульованим або справним	Відрегулювати або замінити дросельний клапан
Не вмикаються електропневматичні клапани затискачів	Не спрацьовує кінцевий вимикач	Перевірити працездатність мікрровимикачів; відрегулювати положення кінцевих вимикачів і кулачків
Електродвигун механічного приводу не вмикається	Не спрацьовує кінцевий вимикач	Те саме
При натисненні на кнопку "Зварювання" контактор вмикає зварювальний трансформатор не працює	Обрив ланцюгів живлення контактора, вийшов із паду запобіжник	Перевірити надійність замикання контактів комутаційних реле, замінити запобіжник

Таблиця 18.7

Характерні несправності регуляторів циклу зварювання типу РКС і методи їх усунення		
Несправності	Ймовірні причини	Методи усунення
Сигнальний світлодіод "Мережа" не світиться	Перегорів мережний запобіжник або вийшов із ладу блок стабілізації	Замінити несправні елементи
Електрод не опускається після натиснення на кнопку "Пуск"	Вийшов із ладу випрямляч \Ю12- \ГО15, або транзистор \Т3 (Див. паспорт регулятора)	Те саме
Не прикладається підвищене зусилля	Вийшов із ладу випрямляч \Д)12-\Л315, або тиристор У86 (Див. паспорт регулятора)	
Після натиснення педалі електрод опускається, але зварювальний струм не проходить	Вийшов із ладу транзистор \Т1 або \П"2, або блок регулювання струму	
Регулятор не працює за циклом	Не працює блок рахування або блок циклу (Див. паспорт регулятора)	Замінити регулятор
Не вмикається підвищене зусилля кування	Значення позиції "Кування 1" є меншим за потрібне	Встановити потрібне значення позиції "Кування 1"

Таблиця 18.8

Характерні несправності регуляторів циклу зварювання типу РВИ та методи їх усунення		
Несправності	Ймовірні причини	Методи усунення
Подано сигнал "Запуск", але електропневматичний клапан не вмикається	Обрив у ланцюзі електропневматичного клапана	Перевірити наявність напруги (+24 В) в ланцюзі живлення клапана
	Несправним є відповідний підсилювач у блоці підсилювачів або блок програмного пристрою	Перевірити та вилучити несправність у блоці підсилювачів та в блоці програмного пристрою
Подано сигнал "Запуск", але не відбувається відлік витримки часу "Стиснення попереджувальне"	Несправним є генератор у блоці лічильника	Перевірити і замінити генератор у блоці лічильників
	Несправним є лічильник у блоці лічильників	Перевірити працездатність лічильника
	Несправним є блок програмного пристрою	Перевірити блок програмного пристрою
	Не працює блок елементів	Перевірити та замінити, якщо потрібно, блок елементів
Подано сигнал "Запуск", відбулася зупинка циклу на будь-якій позиції	Бракує контактів у перемикачах, відповідно до конкретної позиції	Перевірити наявність сигналу на повзунах перемикачів, що задають тривалість позиції
	Не працює блок лічильника	Перевірити блок лічильника

Несправності	Ймовірні причини	Методи усунення
Подано сигнал "Запуск", відбулася зупинка циклу на будь-якій позиції	Несправним є блок програмного пристрою (коли на його входах відповідно до конкретної позиції регулювання є одиничні імпульси)  Не працює блок елементів, якщо зупинка відбувається на позиціях "Імпульс 2" або "Інтервал"	Перевірити працездатність блока програмного пристрою  Перевірити та замінити блок елементів
Не вмикається клапан 2	Обрив ланцюга клапана 2  Не працює відповідний підсилювач у блоці підсилювачів або блок програмного пристрою	Перевірити цілісність ланцюга клапана 2  Перевірити та вилучити несправності в блоці підсилювачів і в блоці програмного пристрою
Відсутні імпульси керування на імпульсному трансформаторі	Не працює відповідний підсилювач у блоці підсилювачів  Не працює блок фазового регулювання Задано режим "Без струму"	Перевірити блок підсилювачів  Перевірити працездатність блока фазового регулювання Встановити перемикач в положення "Струм ввімкнено"

Таблиця 18.9

**Характерні несправності й методи їх усунення  
щодо регуляторів контролерів циклу зварювання типу РКМ**

Несправності	Ймовірні причини	Методи усунення
Після подавання напруги до регулятора на індикаторах № 3 висвітлюється код "888" замість "000"	Уракування із запам'ятовуючого пристрою відбулося невірно	Вимкнути та повторно ввімкнути регулятор. Якщо нічого не змінюється, усі параметри ввести ще раз
Після уракування значень параметрів будь-якого набору із запам'ятовуючого пристрою на індикаторах № 3 висвітлюється код "888"	Уракування відбулося невірно	Повторити виклик повторного набору параметрів. Якщо нічого не змінюється, ще раз записати цей набір
Після запису будь-якого набору параметрів індикатори № 3 висвітлюють код "888"	Запис у запам'ятовуючому пристрої відбувся невірно	Повторити запис потрібного набору параметрів. Якщо після декількох спроб нічого не змінюється, це є ознакою зіпсованості регулятора. Замінити регулятор
Не відбувається ввімкнення обох клапанів або реле муфти; на відповідному контакті вихідного розніму "0"	Обрив ланцюга живлення виконуючого пристрою	Перевірити наявність +24 В у ланцюзі пристрою
На відповідному контакті вихідного розніму "1"	Якщо на А3Х2 (16А), А3Х2 (5В) відповідно "0", не працює підсилювач у блоці БЗ-182	Перевірити працездатність підсилювача у блоці БЗ-182



Продовження табл. 18.16

Несправності	Ймовірні причини	Методи усунення
На відповідному контакті вихідного розніму "1"	Якщо на цих контактах "1", то не працює блок БЗ-183	Перевірити працездатність блока БЗ-183
Не вмикається тиристорний контактор:		
на контакті Х1А (2В) присутні імпульси	Обрив у ланцюзі ввімкнення тиристорного контактора	Перевірити лінію зв'язку контактора із регулятором
на контакті Х1А (2В) відсутні імпульси	Якщо на АЗХ2 (14А) є імпульси, то несправним є підсилювач у блоці БЗ-182	Перевірити працездатність підсилювача у блоці БЗ-182
	Якщо на АЗХ2 (14А) імпульсів бракує, то не працює блок БЗ-183	Перевірити працездатність блока БЗ-183
	Задано режим "Без струму"	Встановити режим "Із струмом"
Після натиснення педалі "Запуск" цикл не розпочинається:		
на контакті Х1А (1С) "0"	Обрив у ланцюзі педалі	Перевірити наявність напруги +24 В у ланцюзі педалі
на контакті Х1А +24 В	Не працює адаптер у блоці БЗ-182	Перевірити працездатність адаптера та цілісність шинного формувача у блоці БЗ-182
індикація згасла	Відсутні синхроімпульси під час переходу напруги мережі через "0"	Перевірити працездатність схеми синхронізації у блоці БЗ-182
Під час проходження циклу хибно відпрацьовуються сигнали від пульта зварника:		
на відповідних контактах розніму "0"	Обрив у ланцюзі тумблера на пульті зварника	Перевірити наявність +24 В у ланцюзі відповідного тумблера.
на відповідному контакті розніму +24 В	Не працює адаптер у блоці БЗ-182	Перевірити наявність +24 В у ланцюзі відповідного тумблера. Перевірити працездатність адаптера та шинного формувача у блоці БЗ-182

Таблиця 18.10

Характерні несправності тиристорних контакторів серії КТ і методи їх усунення

Несправності	Ймовірні причини	Методи усунення
Сигнальна лампа не світиться, контактор постійно ввімкнено, у тому числі і при вимкнутих рознімах	Несправним є один із тиристорів	Замінити тиристор, якщо опір ланцюгів анод-катод 1 кОм
Сигнальна лампа світиться постійно. Контактор не вмикається	Відсутні імпульси керування	Перевірити і налагодити регулятор циклу зварювання
Робота контактора не є сталою (працює з перервами)	Полярність імпульсів керування є переплутаною	Перевірити правильність з'єднань ланцюгів контактора із регулятором циклу зварювання

Таблиця 18.11

**Характерні несправності трансформаторів (броньового типу)  
контактних машин і методи їх усунення**

Несправності	Ймовірні причини	Методи усунення
На холостому ході первинний струм значно перевищує розрахований струм холостого ходу	Міжвиткове замикання у первинних обмотках  Пробій ізоляції між первинною та вторинною обмотками і осердям  Переплутано є схема з'єднання виводів первинних обмоток із перемикачем ступенів	За температурою нагрівання котушок знайти місце замикання; випучити котушки, перемотати або замінити новими  Усунути пробій, замінити пошкоджену ізоляцію  Правильно з'єднати схему обмоток трансформатора із перемикачем
В нормальному режимі котушки первинних обмоток перегріваються	Не працює система охолодження  В трубах вторинних витків виникли накип або забруднення  Недостатнє стиснення первинних котушок із вторинними витками	Перевірити шляхи проходження води в системі охолодження та усунути несправність  Промити систему охолодження розчином, що усуває накип  Підтягнути притискні болти
Опір ізоляції первинних обмоток є меншим за 1 МОм (при відсутності води у системі охолодження)	Ізоляція обмоток є сирого	Висушити обмотки трансформатора у режимі короткого замикання або в печі. При цьому вторинну обмотку замкнути накоротко, а до первинної підвести напругу 10-20 В; пропускати струм таким чином, щоб трансформатор не перегрівся (допускається температура обмоток 100-110 °С)

Примітка. Несправності наведені для трансформаторів, обмотки яких незапиті епоксидним компаундом.

Таблиця 18.12

**Характерні несправності  
електропневматичних клапанів типу КЕШ 16-**

Несправності	Ймовірні причини	Методи усунення
Не спрацьовує електропневматичний клапан	Не подається напруга на його котушку	Перевірити схему керування клапана та усунути несправності
Електропневматичний клапан не ввімкнено, але відбувається інтенсивний витік повітря крізь атмосферні клапани	Недостатнє зусилля пружини в клапані або пружина вийшла з ладу	Замінити пружину

Несправності	Ймовірні причини	Методи усунення
Електропневматичний клапан ввімкнено. При цьому відбувається інтенсивний витік повітря крізь атмосферні клапани	Тиск повітря керування є нижчим за норму. Витік повітря із мембранної камери	Встановити необхідний тиск керування, змінити мембрану
Клапан працює, але відбувається інтенсивний витік стиснутого повітря крізь один з атмосферних клапанів	Ушкодженими є затвори або прилягання клапанів до сідел не є щільним	Встановити нові затвори

Залежно від особливостей виробництва і рівня автоматизації виробничих процесів використовуються різні форми обслуговування зварювального обладнання.

У масовому та багатосерійному виробництві доцільною є бригадна форма обслуговування. За бригадою наладників закріплюється окрема виробнича ділянка, а наладники несуть відповідальність і за виконання виробничої програми на ділянці, і за надійну та правильну експлуатацію обладнання.

В умовах комплексно механізованих і автоматизованих виробництв більш доцільними вважаються комплексні бригади, до складу яких входять наладники, слюсарі-ремонтники, електромонтери, електроніки та ін.

Робота з обслуговування і ремонту зварювального обладнання виконується у плановому порядку за графіками планово-попереджувальних ремонтів (ППР) відповідно з рекомендаціями експлуатаційної технічної документації. До складу цих робіт входять: міжремонтні обслуговування, огляди (О), дрібні ремонти (ДР), середні ремонти (СР), капітальні ремонти (КР) і позапланові ремонти (табл. 18.13). Проведення капітальних ремонтів, їх кількість до списання визначають технічною або економічною доцільністю.

Таблиця 18.13

## Структура ремонтного циклу контактних машин

Контактні машини	Загальна кількість капітальних ремонтів до списання	Ремонтні роботи в циклі			
		Чергування ремонтів та періодичних оглядів	Кількість у циклі		
			середніх	дрібних	планових
Точкові, рельєфні і стикові	3	КР-О-ДР-О-СР-О-ДР-О-СР-О-ДР-О-СР-О-О-ДР-О-СР-О-ДР-О-КР	4	5	10
Шовні	3	КР-О-ДР-О-ДР-О-СР-О-ДР-О-ДР-О-СР-О-ДР-О-КР	2	5	8

Прим ітка. Зміст робіт при обслуговуванні та ремонтах обладнання є у технічній документації до кожної машини.

До складу планово-попереджувальних робіт входять (табл. 18.4): перевірки технічного стану машини та усунення незначних директив; виявлення

дефектів, що повинні бути виправлені під час чергових планових ремонтів; визначення об'єму та змісту робіт при середньому та капітальному ремонтах і підготованні до них; перевірки міцності та надійності закріплення машин до фундаментів, підлоги або тумб, стану підвісок машин, надійності стояків, колон, монорельсів або інших опорних конструкцій, що використовуються для встановлення машин; перевірки працездатності електричних, пневматичних і водяних мереж.

Таблиця 18.14

Зміст профілактичних (періодичних) оглядів та контролювання функціонування контактних машин

Найменування вузлів машини	Найменування роботи	Періодичність
Механічна частина та машина в цілому	Зовнішній огляд, протирання від пилу, бруду; вилучення непотрібного мастила	Щодня
	Перевірка зовнішнім оглядом надійності заземлення машини і блокування дверцят та підтягнення болтів	Те саме
	Перевірка герметичності загальної системи охолодження, протікання води крізь її канали та температури води на виході	
	Перевірка герметичності пневматичної системи	
	Теж саме для гідравлічної системи	
	Перевірка наявності мастила у змазувальних системах, стану прес-маслянок, наявність масла та регулювання маслорозпилювача	
	Перевірка шуму в рухомих й обертових вузлах і деталях	
	Перевірка шуму у гідравлічних улаштуваннях, температури масла, відсутність піни на маслі під час роботи	
	Перевірка нагрівання деталей, що обертаються та труться між собою, а також вторинного контуру	
	Перевірка роботи сигнальних пристроїв	
	Перевірка правильності встановлення параметрів режиму зварювання	
	Перевірка стану робочих поверхонь електродів	
	Огляд приводу зусилля, перевірка роботи рухомих частин та їх взаємодії	Щотижня
	Продування машини і шаф керування сухим стиснутим повітрям	Те саме
Продування системи охолодження стиснутим повітрям		
Огляд та перевірка роботи приводу крокового обертання роликів-електродів		
Випускання конденсату із ресиверів та відстійників машини		
Змазування штоків, циліндрів та кліщів	Раз на 2 тижні	
Механічна частина та машина в цілому	Змазування деталей (що труться) у пневматичному приводі	Те саме
	Перевірка в процесі роботи взаємодії частин механічних приводів	Щомісяця
	Вимірювання зусилля стиснення електродів	Те саме

Найменування вузлів машини	Найменування роботи	Періодичність
Механічна частина та машина в цілому	Перевірка пневматичної системи, затягнення хомутів на з'єднаннях, роботи пневмоапаратури, відсутність витоків повітря та наявність масла у маслорозпилювачах	Щомісяця
	Змазування усіх вузлів приводів зусилля та зубчастих зчеплень	Те саме
	Перевірка шпонкових з'єднань вузлів і деталей	
	Перевірка опору ізоляції електросхем	
	Перевірка стану посадочних отворів у електродотримачах	
	Продування сухим стиснутим повітрям внутрішніх частин машини	
	Перевірка затягнення болтів контактних з'єднань вторинного контуру	
	Промивання бензином та продування стиснутим повітрям глушників шуму	
	Перевірка затягнення болтів усіх болтових з'єднань	
	Очищення металокерамічних фільтрів водовіддільника	Раз на 2 місяці
	Перевірка стану ізоляції усіх елементів	Раз на 3 місяці
	Перевірка приводів із електродвигунами (двигун, редуктор, система заземлення і т. ін.)	Раз на 6 місяців
	Вимірювання швидкості обертання електродів-роликів	
	Перевірка й регулювання пневматичної та електричної апаратури	
	Зварювальний контур, випрямляючі блоки та трансформатор	Вимірювання зміщення та прогину електродів
Розбирання та перевірка приводів роликів, зміна зношених деталей		
Перевірка та регулювання пускокеруючої апаратури		
Вимірювання опору ізоляції машини та шаф керування		
Перевірка роботи манометрів		
Вимірювання опору вторинного контуру постійному струму та зачищення перехідних контактів у підвісних машинах		
Перевірка (та виправлення) форми робочих поверхонь електродів і роликів, прямолінійності губок та плит		Щотижня
Перевірка співвісності електродів		Те саме
Перевірка нагрівання вторинного контуру (особливо в болтових та гнучких з'єднаннях, гнучких кабелях підвісних машин)		
Змазування ковзних контактів шовних машин		
	Перевірка герметичності системи охолодження, протікання води крізь усі канали охолодження зварювального контуру	Не менше 2 разів на 3 місяці
	Перевірка підтягнення болтів випрямляючих блоків ключем із регульованим крутильним моментом	Щодня
	Огляд трансформатора, перевірка його охолодження	Те саме
	Огляд і промивання ковзних контактів шовних машин	Щотижня

Найменування вузлів машини	Найменування роботи	Періодичність	
Зварювальний контур, випрямляючі блоки та трансформатор	Підтягнення болтів рознімних з'єднань струмопровідних елементів контуру, очищення їх від пилу та бруду	Щомісяця	
	Перевірка зносу ковзних контактів шовних машин	Те саме	
	Перевірка опору вторинного контуру при постійному струмі (який не повинен бути більшим на 15-20 % паспортних величин для однофазних машин, на 5-10 % - для трифазних із випрямленням струму та на 3-5 % - для імпульсних машин). При підвищенні опору - потрібне зачищення струмопровідних контактних поверхонь та підтягнення болтів Перевірка опору ізоляції зварювального трансформатора Перевірка витрат води у системі охолодження Перевірка конусів електродотримачів точкових машин Огляд перемикачів ступенів, перевірка щільності з'єднання контактів, фіксації рукояток, надійності з'єднань проводів Перевірка підтягнення болтів вторинного контуру	Раз на місяць	
	Перевірка та підтягнення болтів, що стискають диски первинних обмоток із витками-дисками вторинних обмоток на магнітопроводі	Те саме	
	Перевірка підтягнення болтів та гнучких з'єднань у випрямляючих блоках	Раз на 6 місяців	
	Розбирання, промивання та припасування ковзних контактів шовних машин	Раз на 6 місяців	
	Електрична схема, апаратура і шафи керування	Огляд електричних схем апаратури та шаф керування, перевірка шуму у електромагнітних пристроях	Щодня
		Перевірка відсутності постійних складових під час роботи тиристорних та ігнітронних контакторів	Те саме
		Огляд фазорезонансних стабілізаторів	
		Перевірка робочої напруги	
Перевірка системи стабілізації первісної напруги за моделлю			
Перевірка роботи електродвигунів та електроапаратури			
Перевірка роботи тиристорних або ігнітронних контакторів, відсутність пропусків імпульсів ввімкнення (підпалювання) тиристорів, протікання води			
Перевірка в кінці робочої зміни нагрівання котушок електроапаратури, контактних з'єднань, підшипників електродвигунів			
Огляд та очищення шаф керування та пускової апаратури		Раз на місяць	
Очищення та промивання контактів реле, перевірка їх прилягання		Те саме	
Продування апаратури та станції керування сухим стиснутим повітрям			
Перевірка опору ізоляції електричних схем			
Перевірка перемикачів ступенів, щільності прилягання контактів, фіксації рукояток, надійності приєднання провідників			

Найменування вузлів машини	Найменування роботи	Періодичність
Електрична схема, апаратура і шафи керування	Перевірка надійності з'єднань елементів схем	Раз на місяць
	Перевірка наявності струму на одному із ступенів	Те саме
	Перевірка тривалості проходження зварювального струму	
	Перевірка роботи апаратури керування за циклом	
	Перевірка зазору між статором та ротором (якорем та магнітною системою) електродвигунів	
	Очищення та продування електродвигунів (без розбирання), перевірка та змазування підшипників; перевірка опору ізоляції вивідних кінців обмоток; надійності контактних з'єднань плавких вставок і струму нагрівальних елементів теплових реле	
	Підтягнення усіх болтових та контактних з'єднань електросхем і апаратури	
	Перевірка системи стабілізації струму	Раз на 3 місяці
	Огляд та регулювання пускової апаратури і педалей лідівських машин, електромагнітних пускачів, перемикачів, кнопок і т. ін.	Раз на 6 місяців
	Контроль параметрів	Вимірювання опору вторинного контуру
Вимірювання зусилля зварювання та кування		Щомісяця
Перевірка роботи апаратури за потрібним циклом		Те саме
Вимірювання зварювального струму на будь-якому ступені		
Вимірювання тривалості зварювального струму		
Вимірювання тривалості прикладення зусилля кування та тривалості його підвищення		
Вимірювання лінійної швидкості обертання роликів-електродів		Раз на 3 місяці
Вимірювання взаємного зміщення електродів (взаємного зміщення плит у рельєфних машинах та губок у стикових машинах)	Те саме	
Перевірка відповідності параметрів машини її паспортним характеристикам		

При дрібному ремонті (ДР) перевіряються стан обладнання, встановлювальні розміри та величини допустимих зазорів, наявність, кількість та якість мастила (при необхідності його замінюють); герметичність охолоджувальних водяних систем та мереж стиснутого повітря; визначається працездатність електричних, пневматичних і гідравлічних схем. Вилучаються з них елементи, що не працюють, а в разі потреби їх налагоджують й регулюють. Замінюються електроди, електродотримачі, ролики і електроди-губки стикових машин, пістолети багатоточкових машин, манжети у пневматичних циліндрах, клапани, шланги, електромагнітні котушки та інші деталі апаратури пневматичних та гідравлічних схем керування. Ремонтується реле, контактори, регулятори циклу зварювання, переривники, шафи керування, електродвигуни та ін.

Під час середніх ремонтів (СР) окрім робіт, що виконують при ДР, здійснюють часткове розбирання машин з відновленням несправних та зношених деталей; замінюють манжети й ущільнювачі пневматичних приладів та гнучких шин вторинних контурів; очищають, промивають деталі електрообладнання та перевіряють опір щодо ізоляції; ремонтують комутаційну апаратуру панелі керування; замінюють робоче рідке мастило у шарикопідшипниках, редукторах та в інших вузлах, де деталі зношуються тертям (з попереднім промиванням їх в розчиннику); вимірюють опір вторинних контурів постійному струму; очищають контакти; перебирають та очищають болтові з'єднання; ремонтують струмопровідні кабелі, електродні головки шовних машин; перевіряють, прочищають та промивають системи водяного охолодження; перевіряють й підтягують усі з'єднання пневмо- та гідросистем; замінюють у плунжерних і золотникових пристроях деталі, що зносилися; замінюють зубчасті колеса, шпонки, що є зім'ятими, та інші деталі; замінюють зварювальні трансформатори, приводи зусилля у багатоточкових машинах; випробовують і перевіряють параметри машин після ремонту і порівнюють з їх параметрами у технічній документації.

Капітальний ремонт (КР) передбачає виконання наступних робіт: розбирання машини та її вузлів; очищення та промивання усіх деталей після розбирання; складання дефектної відомості; заміну або відновлення усіх зношених деталей; перевірку опорів електроізоляції електрообладнання; продування стиснутим повітрям; монтаж, збирання електро-, пневмо- і гідросхем, їх регулювання і настроювання; ремонт джерел живлення у шафах керування; зміну зварювальних трансформаторів; ремонтування напрямних, електродних головок і приводів обертання роликів шовних машин; фарбування машин і загальні їх випробування та перевірка параметрів після ремонту.

Структура ремонтного циклу залежить від складності обладнання, тривалості роботи, навантаження обладнання за прийнятою системою експлуатації.

Тривалість міжремонтних циклів і трудомісткість ремонту обладнання контактної зварювання наведені у табл. 18.15, 18.16.

Таблиця 18.15

Тривалість міжремонтних періодів контактних машин\*

Тип машини	Середній час, год			міжремонтного циклу
	між оглядом та ремонтом	між дрібним і черговим ремонтом	між середніми ремонтами	
Точкові, рельєфні та стикові	370	750	1500	7500
Шовні	350	700	2000	6000

\* За рекомендаціями ВНИИЗСО та заводу "Злектрик".



Таблиця 18.16

## Трудомісткість ремонтних робіт машин контактного зварювання\*

Тип машини	Трудомісткість ремонту, нормо-год			Категорії складності ремонту
	капітального	середнього	дрібного	
Однофазні машини змінного струму точкового і рельєфного зварювання вуглецевих сталей з вильотом 300-500 мм і струмами короткого замикання до 50 кА (МТ-1818)	200	100	16	14
Те саме для точкового зварювання - з вильотом 1500 мм (МТ-2102)	300	140	25	20
Те саме для рельєфного зварювання із струмами короткого замикання до 100 кА (МР-6303)	330	168	32	22
Те саме для підвісних машин з довжиною кабелю до 2000 мм та струмом короткого замикання до 16 кА (МТП-1111)	270	128	24	18
Однофазні машини для точкового зварювання вуглецевих та легованих сталей, титанових сталей із вильотом до 500 мм та струмом короткого замикання ДО 50 кА (МТ-2827)	300	140	24	20
Те саме для точкового зварювання алюмінію, титану, вуглецевих, жароміцних, корозійностійких та сталей, що гартуються (МТ-4019)	330	168	32	22
Те саме для шовного зварювання вуглецевих сталей з вильотом до 1000 мм та струмами короткого замикання до 50 кА (МШ-3201)	300	140	24	20
Трифазні машини з випрямленням струму у вторичному контурі для точкового та шовного зварювання з вильотом до 1000 мм та струмами короткого замикання до 50 кА (МТВ-4002)	330	168	32	22
Те саме, з вильотом до 2000 мм та струмом короткого замикання до 150 кА (МТВ-6304)	600	280	48	40
Трифазні машини низької частоти для точкового та шовного зварювання з вильотом до 1500 мм та струмом короткого замикання до 100 кА (МТН-6301)	400	180	32	26
Конденсаторні машини для точкового та шовного зварювання з вильотом до 1000 мм і струмом короткого замикання до 100 кА (МТК-5502)	420	240	32	28
Те саме з вильотом до 1500 мм та струмом короткого замикання до 150 кА (МТК-8004)	525	280	48	35
Стикові машини для зварювання деталей із компактним або розвинутим профільним перерізом із зусиллям осаджування до 20 кН (МС-802)	220	80	12	10
Те саме із зусиллям осаджування до 100 кН (МСО-602)	450	210	36	30

Продовження табл. 18.16

Тип машини	Трудомісткість ремонту, нормо-год			Категорії складності ремонту
	капітального	середнього	дрібного	
Те саме із зусиллям осаджування до 500 кН (К-190П)	675	320	54	45
Багатоелектродні машини для зварювання плотних та об'ємних арматурних конструкцій (МТМ-35)	525-675	245-315	42-54	35-40

\* За даними ВНИИЗСО.

В табл. 18.17—18.20 наведені середні терміни роботи різних вузлів та деталей контактних машин, які застерігаються заводом "Злектрик" та ВНИИ ЗСО (Росія, м. С.-Петербург).

Таблиця 18.17

Орієнтовні норми часу ремонтних робіт  
на одиницю категорії складності ремонту\*

Ремонтні роботи	Норми часу на одиницю категорії складності ремонту, год		
	дрібного	середнього	капітального
Електрослюсарні	1,0	5	11
Верстатні	0,2	1	2
Інші	-	1	2
Усього	1,2	7	15

\* За даними ВНИИЗСО та заводу "Злектрик".

Таблиця 18.18

Строки служби, ресурс до списання  
і першого капітального ремонту контактних машин\*

Тип машини	Строк служби до списання, років		Ресурс, год			
			до списання		до першого капітального ремонту	
	мінімальний	середній	мінімальний	середній	мінімальний	середній
Стаціонарні точкові, рельєфні, стикові	7	10	21000	29000	6000	8000
Стаціонарні шовні	6	8	18000	23700	6000	8000
Підвісні точкові рухомі стикові	4	5	12000	14800	5000	6000

\* За даними ВНИИЗСО та заводу "Злектрик".

Примітка. Коефіцієнт технічного використання (відношення напрацювання виробу в одиницях часу за деякий період експлуатації до суми цього напрацювання та часу простою, що пов'язані з технічним обслуговуванням і ремонтами) для усіх машин дорівнює 0,9.

Таблиця 18.19

## Показники надійності контактних машин\*

Показники надійності	Тип машини			
	ГОМШЕІ	рельєфні	стикові	шовні
Середній ресурс, не менше ГОМ до списання	<b>29600-40000</b>	29600-30000	29600-36000	23700-29600
до 1 го капітального ремонту	6000-8000	8000-8000	8000-10000	6000-8000
до середнього ремонту	і 800-4000	1500-1800	2500-5000	3000-4000
до дрібного ремонту (напрацювання на відмову)	1000-1500	1000-1500	1000-1500	1000-1500
Середня оперативна трудомісткість ремонту, не більше, нормо-год				
капітального	<b>200-400</b>	200-350	120-150	100—450
середнього	50-250	100-200	50-400	50-300
дрібного	10-32	16-32	10-20	10-40
Коефіцієнт технічного винорж,-гакня	0,9	0,9	0,9-0,93	0,9
Середній строк служби, не менше, років	10	10	10	8-10

\* За інформацією заводу 'Зл ;ктях' та ВНИИ ЗСО, м. С.-Петербург.

Таблиця 18.20

## Середні строки служби деяких вузлів та деталей контактних машин\*

Найменування вузлів та деталей	Строк служби, год
Електроди:	
точкових машин	10-15
шовні»; машин	15-20
стикових машин	100-200
Манжети пневмати іні:	
поршневі вушкові	4000-5000
поршневі круглі	1500-2000
ущільнюючі	2500-3500
Манжети гідравлічні поршневі	2000-3000
Напрявні точкових і рельєфних машгк:	
із тертям-ковзанням	2500-3500
із тертям-котінням	15000-20000
Напрявні стикових машин:	
із тертям-ковзанням	2500-3500
із тертям котінням	15000-20000
Циліндр пневматичний	10000-11000
Поршень пневматичний	10000-11000

Найменування вузлів та деталей	Строк служби, ГОД
Елементи вторинних контурів:	
гнучкі з'єднання	1500-2000
болтові з'єднання (до розбирання, очищення, шабрування)	2000—2500
Редуктори та механічні передавачі із зубчастими зчепленнями	8000-10000
Шестерні, підшипники хотіння	10000-12000
Корпус точкових, рельєфних та шовних машин	30000-32000
Корпус стикових машин	25000-30000
Трансформатор зварювальний	8000-10000
Перемикач ступенів зварювального трансформатора	4000-5000
Реле гідравлічне струминне	2000-2500
Пневморозподільники електромагнітні	8000-10000
Блоки керування зварюванням	20000-25000
Тиристорні контактори	25000-30000
Переривники для точкового та шовного зварювання типів РКС, РВИ, ПК та ПКТ	25000-30000
Шафи керування:	
машин з випрямленням зварювального струму у вторинному контурі ШУ-255-2, ШУ-341-1, ШУ-34С1 і т. ін.	25000-30000
низькочастотних точкових машин ШУ-349	25000-30000

За рекомендаціями ВНИИ ЗСО та заводу "Злектрик", м. С.-Петербург.

У технічній документації, що входить до комплекту постачаного обладнання, заводи-виготовлювачі зазначають гарантійні терміни безаварійної роботи. Для більшості контактних машин гарантійний термін (відповідно з ГОСТ 297-80) 1 рік із моменту впровадження їх у експлуатацію, але не пізніше 6 місяців **бід** дня надходження на діюче підприємство та 9 місяців від дня надходження на підприємство, що будується.

У випадках відмови у роботі обладнання в період гарантійного терміну необхідно скласти технічно обґрунтований акт і направити його заводу-виготовлювачу для заміни елемента, що зламався.

Підставою для списання машин (окрім підвісних та стикових пересувних) є необхідність у четвертому капітальному ремонті, а для підвісних та стикових пересувних машин - необхідність у третьому капітальному ремонті.

## **19. ОХОРОНА ПРАЦІ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ОБЛАДНАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО КОНТАКТНОГО ЗВАРЮВАННЯ**

Нагляд на державному рівні за виконанням вимог безпечної експлуатації виробничого обладнання, в т. ч. і зварювального, за організацією безпечної праці на виробництві взагалі та за попередженням промислового травматизму на підприємствах України покладено на комітет Держнаглядохоронпраці при Раді Міністрів.

Для безпечної та безаварійної експлуатацій' обладнання при контактному зварюванні необхідно дотримуватись "Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів" та "Правил техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів" Держенергонаглядача та вимог Державного стандарту України - ДСТУ 2456-94 (Система стандартів безпечної праці контактного зварювання. Вимоги безпеки).

Контактні машини випускають із ступенями захисту електродної частини ІРОО (ІР20) згідно з ГОСТ 14254-80 - відповідно для частин, що знаходяться під напругою мережі.

Розміщення обладнання контактного зварювання, а також їх органів керування повинно забезпечувати вільний, зручний та безпечний доступ до них, а також можливість швидкого вимикання обладнання і зупинку всіх його механізмів.

Ширина проходів між машинами точкового, рельєфного і шовного зварювання при розташуванні робочих місць одно напроти іншого має бути не меншою 2 м, а між машинами стикового зварювання - не меншою 3 м. Якщо машини стоять затиллям одна до іншої, ширина проходів має бути не меншою 1 м, при розташуванні передніми і тильними боками - не меншою 1,5 м.

Машини для стикового зварювання повинні мати огороження, яке захищає обслуговуючий персонал від виплесків металу й іскор та дає можливість спостерігати за процесом зварювання, відкидні прозорі екрани, а також пристрої для місцевої витяжної вентиляції.

У приміщеннях, де експлуатуються обладнання контактного зварювання, не можна зберігати пальні та легкозаймисті матеріали.

Вторинна напруга холостого ходу зварювального трансформатора не може перевищувати 42 В, для ланцюгів постійного струму - 110 В.

Головною небезпекою при роботі на контактних машинах є електричний струм, розплавлені частки металу та рухомі частини машин.

У сучасних машинах передбачена система блокування для запобігання ураженню струмом великої напруги: (наприклад, закрито доступ до перемикача при невимкненій первинній мережі; заблоковані дверцята шаф, пультів, станин з відкритими струмоведучими частинами, щоб забезпечити зняття напруги при їх відкриванні). Експлуатація обладнання з несправними блокуваннями заборонена.

До роботи на контактних машинах допускаються робітники після спеціального навчання, інструктажу (ввідного, первинного на робочому місці та періодичного) з техніки безпеки та задачі іспитів.

Перед початком роботи зварник повинен ретельно оглянути і перевірити машину.

Особливу увагу звертають звичайно на цілісність заземлення, пускових та вимикаючих пристроїв, закриття дверей, стан ізоляції дротів, наявність захисних кожухів та попереджуючих надписів. Не дозволяється попадання води, масла на ізоляцію електропровідних елементів.

Зварнику також треба пам'ятати, що не можна зачищати, заправляти і змінювати електроди на машині, що не вимкнено із мережі живлення, змащувати частини машини під час роботи. Необхідно своєчасно перевіряти і усувати витікання води, масла та повітря.

До роботи з електричною схемою машини допускаються тільки електрики-наладники. Робітнику-зварнику, який експлуатує зварювальну машину, забороняється виконувати будь-які ремонтні роботи.

Захист робітників від бризок металу і запобігання опіків забезпечується спеціальною із вогнестійкої бавовняної чи брезентової тканини, куртками, рукавицями, безкольоровими окулярами закритого типу, а при стиковому зварюванні - додатковим шоломом. Для захисту ніг робітника від опіків та механічних травм використовується спеціальне взуття.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Глебов Л. В., Филлипов Ю. И., Чулошников П. Л. Устройство и эксплуатация контактных машин. - Л.: Энергоатомиздат, 1987. - 307 с.
2. Кабанов Н. С. Сварка на контактных машинах. - М.: Высш. шк., 1985. - 271 с.
3. Контактная стыковая сварка сопротивлением с формированием соединения //Сб. науч. тр. - К.: ЙЗС им. Е. О. Патона, і 988. - 96 с.
4. Контактная стыковая сварка трубопроводов / С. И. Кучук-Яценко, В. Г. Кривенко и др. - К.: Наук, думка, 1986. - 208 с.
5. Контроль точечной и роликовой электросварки /Б. Д. Орлов, П. Л. Чулошников. В. Б. Верденский и др. - М.: Машиностроение, 1973. - 304 с.
6. Кучук-Яценко С. Н., Лебедев В. К. Контактная стыковая сварка непрерывным оплавлением. - К.: Наук, думка, 1976. - 212 с.
7. Моравский В. З., Ворона Д. С. Технология и оборудование точечной и рельефной конденсаторной сварки. - К.: Наук, думка, 1985. - 271 с.
8. Папков О. С., Хоменко **В. И.** Контактные установки для сварки газонефтепродуктопроводов: Учеб. для ПТУ. - М.: Высш. шк, 1989. - 240 с.
9. Піньковський І. В., Биковський О. Г. Технологія та обладнання електричного контактної зварювання: Довідковий посібник. - Запоріжжя: РВП "Видавець", 1997.-224 с.
10. Правила гехнической зкеплуатации електроустановок нотребителей; Правила техники безопасности при зкеплуатации електроустановок нотребителей. - М.: Энергоатомиздат, 1986. - 392 с.
11. Производство сварных железобетонных изделий: Справочник. - М.: Стройиздат, 1989.-447 с.
12. Слиозберг С. К., Чулошников **П. Л.** Электроды для контактной сварки. - Л.: Машиностроение, 1972. - 96 с.
13. Технология и оборудование контактной сварки / Под ред. Б. Д. Орлова. - М.: Машиностроение, 1986. - 352 с.
14. Чулошников П. Л. Точечная и роликовая электросварка легированных сталей и сплавов. - М.: Машиностроение, 1974. - 232 с.

## ЗМІСТ

Передмова.....	3
<b>1. Точкове зварювання.....</b>	<b>4</b>
1.1. Принципова схема та сутність точкового зварювання.....	4
1.2. Технологія точкового зварювання.....	5
2. Рельєфне зварювання.....	41
2.1. Принципова схема та сутність рельєфного зварювання.....	41
2.2. Технологія рельєфного зварювання.....	42
<b>3. Шовне зварювання.....</b>	<b>60</b>
3.1. Принципова схема та сутність процесу шовного зварювання.....	60
3.2. Технологія шовного зварювання.....	61
<b>4. Дефекти точкового, рельєфного та шовного зварювання.....</b>	<b>70</b>
<b>5. Стикове зварювання.....</b>	<b>72</b>
5.1. Принципова схема та сутність процесу стикового зварювання опором.....	72
5.2. Технологія стикового зварювання опором.....	74
5.3. Принципова схема та сутність процесу стикового зварювання оплавленням.....	79
5.4. Технологія стикового зварювання безперервним оплавленням.....	82
<b>6. Дефекти з'єднань ари стиковому зварюванні.....</b>	<b>101</b>
7. Контроль якості контактного зварювання.....	103
8. Матеріали для електродів.....	109
9. Класифікація, вимоги та галузі раціонального використання обладнання для електричного контактного зварювання.....	111
10. Машини для стикового зварювання.....	115
10.1. Машини для стикового зварювання опором.....	115
10.2. Машини для стикового зварювання безперервним оплавленням.....	120
<b>11. Однофазні машини змінного струму для точкового, рельєфного та шовного зварювання.....</b>	<b>134</b>
11.1. Однофазні машини для електричного контактного зварювання.....	134
11.2. Багатоточкові машини.....	146
11.3. Машини для рельєфного зварювання.....	148
11.4. Машини шовного зварювання.....	151
12. Контактні машини постійного струму.....	154
13. Низькочастотні машини.....	159
14. Маши: и для конденсаторного зварювання.....	162
<b>15. Апаратура керування.....</b>	<b>164</b>
15.1. Регулятори циклу зварювання.....	164
15.2. Контактори.....	192



16. Трансформатори контактних машин.....	198
17. Установлення, монтаж та налаштування обладнання для контактної зварювання.....	208
18. Організація технічного обслуговування і ремонту контактних машин.....	213
19. Охорона праці при експлуатації обладнання електричного контактної зварювання.....	236
Список використаної літератури.....	238

*Навчальне видання*

Биковський Олег Григорович  
Лутов Дмитро Михайлович  
Піньковський Ігор Вікторович

ТЕХНОЛОГІЯ ТА ОБЛАДНАННЯ  
ЕЛЕКТРИЧНОГО КОНТАКТНОГО ЗВАРЮВАННЯ

Редактор *О.К. Лртеменко*  
Оформлення художника *В.О. Гур.ієва*  
Художній редактор *С.В. Анненков*  
Комп'ютерна верстка *Л.О. Ємець*  
Коректор *І.В. Іванюць*

Підписано до друку 26.12.2001. Формат 60x84/16.  
Папір офсетний. Гарнітура Тітез Котам. Друк офсетний.  
Умов. друк. арк. 15,0. Обл.-вид. арк. 14,96. Тираж 22 050 прим. Зам. № 411/116.

Видавництво «Техніка».  
04053. Київ, вул. Обсерватори». 25.  
Свідоцтво про внесення до державного реєстру України  
суб'єктів видавничої справи ДК № 357 від 12.03.2001 р.

Виготовлено ^ готових діапозитивів у ТОВ «Факт».  
61057. Харків, вул. Донець-Захаржевського. 4а/4б.  
Тел./факс: (0572) 128-124, 127-712