

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-енергетичний факультет

Кафедра тракторів та сільськогосподарських машин,
експлуатації і технічного сервісу

Марченко Д.Д.

Проектування технологічних процесів

Технічного сервісу

курс лекцій (модуль 1, 2) для здобувачів вищої освіти ступеня «Магістр»
спеціальності 208 «Агроінженерія» денної форми навчання та
спеціальності 015 «Професійна освіта (Технологія виробництва і переробка
продуктів сільського господарства)» заочної форми навчання

УДК 656.071.8 (075)
ББК 39.33–08я73
А98

Друкується за рішенням науково-методичної комісії інженерно-енергетичного факультету Миколаївського національного аграрного університету від 30.11.2017 р., протокол № 4.

Автор:

Д. Д. Марченко – канд. тех. наук, в.о. доцента кафедри тракторів та сільськогосподарських машин, експлуатації і технічного сервісу, Миколаївський національний аграрний університет.

Рецензенти:

Г. О. Іванов – канд. тех. наук, професор кафедри загальнотехнічних дисциплін, Миколаївський національний аграрний університет.

В. С. Наливайко – канд. тех. наук, професор кафедри двигунів внутрішнього згоряння, Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова.

© Миколаївський національний аграрний університет, 2017

ЗМІСТ

	стор.
ВСТУП.....	4
ЛЕКЦІЯ 1. ВИХІДНА ІНФОРМАЦІЯ Й ПОСЛІДОВНІСТЬ ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВИГОТОВЛЕННЯ МАШИН.....	7
ЛЕКЦІЯ 2. ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ.....	14
ЛЕКЦІЯ 3. ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ СКЛАДАННЯ МАШИН.....	27
ЛЕКЦІЯ 4. ПРОЕКТУВАННЯ ТИПОВИХ І ГРУПОВИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ.....	36
ЛЕКЦІЯ 5. ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИРОБНИЦТВА.....	40
ЛЕКЦІЯ 6. ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ДЛЯ ВЕРСТАТІВ ІЗ ПРОГРАМНИМ КЕРУВАННЯМ.....	50
ЛЕКЦІЯ 7. ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ОБРОБКИ ЗАГОТОВОК НА ВЕРСТАТАХ ЗІ ЧПК.....	64
ЛЕКЦІЯ 8. ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ ТА МОДУЛЬНА ТЕХНОЛОГІЯ.....	70
ЛЕКЦІЯ 9. АВТОМАТИЗОВАНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ (АПТП).....	77
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	85

ВСТУП

Підтримка автомобілів в технічно справному стані в значній мірі залежить від рівня розвитку і умови функціонування виробничо-технічної бази підприємств автомобільного транспорту, що представляє собою сукупність будівель, споруд, обладнання, оснащення та інструменту, призначених для технічного обслуговування (ТО), поточного ремонту (ПР) і збереження рухомого складу. При цьому слід зазначити, що внесок ПТБ в ефективність технічної експлуатації автомобілів досить високий і оцінюється в 18-19% [1].

Нині розвиток ПТБ відстає від темпів зростання парку автомобілів. Випереджаюче зростання чисельності парку автомобілів призвів до того, що в середньому по країні забезпеченість АТП виробничими площами становить 50-65%, постами для ТО і поточного ремонту 60-70% від нормативу, а рівень оснащеності виробництва засобами механізації процесів ТО і ПР не перевищує 30%. Такий стан призводить до значних простоїв автомобілів в очікуванні ТО і ПР і, як наслідок, до збільшення витрат на підтримку їх в справному стані.

Однак слід мати на увазі, що створення розвиненої ПТБ вимагає залучення великих капіталовкладень на основі всебічного техніко-економічного обґрунтування.

Поряд з розвитком автомобільного транспорту з кожним роком зростає число легкових автомобілів індивідуального користування. Збільшення парку легкових автомобілів також значно випереджає зростання ПТБ, яка в силу цього не повністю забезпечує потреба в послугах з ТО і ремонту. Підтримка парку цих автомобілів в технічно справному стані вимагає подальшого вдосконалення і розвитку виробничо-технічної бази техобслуговування - станцій технічного обслуговування (СТО), автозаправних станцій (АЗС), стоянок і інших підприємств.

Будівництво нових, розширення, реконструкція і технічне переозброєння діючих підприємств автомобільного транспорту повинні відповідати сучасним вимогам науково-технічного прогресу і умов переходу економіки на ринкові відношення.

Ефективність розвитку ПТБ багато в чому визначається якістю проектних рішень, які повинні забезпечувати: реалізацію в проектах досягнень науки, техніки, передового вітчизняного та зарубіжного досвіду з тим, щоб побудовані знову або реконструйовані підприємства до часу введення їх в дію були технічно передовими і забезпечували високу якість ТО і ремонту рухомого складу відповідно до науково обґрунтованими нормативами за витратами праці, сировини, матеріалів і паливно-енергетичних ресурсів; високу ефективність капітальних вкладень; високий рівень містобудівних та архітектурних рішень; раціональне використання земель, мінімальний негативний вплив на навколишнє середовище, а також сейсмостійкість, вибухо- і пожежобезпечність об'єктів.

При цьому ефективність капіталовкладень забезпечується за рахунок: першочергового нарощування потужностей шляхом реконструкції та технічного переозброєння діючих підприємств; механізації та автоматизації виробничих процесів і подальшого скорочення ручної праці; застосування індустріальних методів будівництва та ефективних форм його організації, що забезпечують підвищення ефективності праці; вдосконалення об'ємно-планувальних і конструктивних рішень будівель і споруд і, зокрема, їх об'єднання (блокування), раціонального застосування монолітного залізобетону; широке використання легких конструкцій і матеріалів, ефективного інженерного обладнання.

Найважливішими напрямками в проектуванні повинні бути типізація проектних рішень на базі уніфікації об'ємно-планувальних рішень, вузлів, конструкцій і виробів, а також широке застосування типових проектів. З метою скорочення трудомісткості і термінів проектування, підвищення економічності проектних рішень, якості роботи і продуктивності праці проектувальників розробляються і реалізуються програми по автоматизації проектних робіт, широкого використання ПЕОМ, персональних комп'ютерів. Скорочення трудомістких робіт, оснащення робочих місць і постів високопродуктивним обладнанням слід розглядати як один з головних напрямків технічного прогресу при створенні і реконструкції підприємств автомобільного транспорту.

Розширення, реконструкція та технічне переозброєння (далі реконструкція) забезпечують можливість нарощування потужності в більш короткі терміни і з

меншими витратами капітальних вкладений-ний, ніж при новому будівництві. Концентрація рухомого складу, спеціалізація і кооперація виробництва при інших рівних умовах дозволяють знизити витрати на ТО і ремонт і підвищити технічний рівень виробництва в цілому.

Результати технологічного проектування є основою для розробки інших частин проекту (будівельної, сантехнічної, електротехнічної та ін.) і багато в чому визначають якість проекту в цілому.

Метою викладання навчальної дисципліни «Проектування технологічних процесів технічного сервісу» є надання майбутнім інженерам знань по проектуванню технологічних процесів технічного сервісу машинно-тракторного парку господарств.

Основними завданнями вивчення навчальної дисципліни «Проектування технологічних процесів технічного сервісу» є підготовка фахівців агропромислового виробництва, які здатні забезпечити самостійне розв'язування виробничих проблем технології технічного обслуговування машинно-тракторного парку.

Кредитно-трансферна схема вивчення дисципліни «Проектування технологічних процесів технічного сервісу» для здобувачів вищої освіти ступеня «Магістр» спеціальності 208 «Агроінженерія» і спеціальності 015 «Професійна освіта (Технологія виробництва і переробка продуктів сільського господарства)»

№ п/п	Найменування розподілу	К-ть годин/кредитів		
		Лекції	ЛЗ (ПЗ)	Всього
9-й семестр				
1	Модуль 1. Технічна експлуатація с.г. техніки.	8	16	24/0,8
2	Модуль 2. Організація планування технічного обслуговування с.г. техніки.	8	16	24/0,8
Всього		16	32	48 (1,6)
10-й семестр				
1	Модуль 3. Технічна діагностика.	10	18	28/0,94
2	Модуль 4. Використання ПММ у аграрному виробництві.	8	18	26/0,86
Всього		18	36	54 (1,8)
Всього за курс		34	68	102 (3,4)

ЛЕКЦІЯ 1

Тема: Вихідна інформація й послідовність проектування технологічних процесів виготовлення машин

1.1. Технологічна підготовка виробництва машин

До складу виробничого процесу виготовлення машин включаються також усі роботи по технічній підготовці їх виробництва. Технічна підготовка виробництва містить у собі в якості основних етапів конструкторську, технологічну й організаційно-виробничу підготовку [8].

Конструкторська підготовка має своєю метою розробку конструкцій і створення креслень загального складання виробів, складальних елементів і окремих деталей виробів, що запускаються у виробництво, з оформленням відповідних специфікацій і іншої конструкторської документації.

На всі вироби промисловості встановлені наступні стадії розробки конструкторської документації: технічне завдання, технічна пропозиція, ескізний проект, технічний проект і розробка робочої документації.

Технологічна підготовка виробництва – це сукупність взаємозалежних процесів, що забезпечують технологічну готовність підприємства до випуску виробів заданого рівня якості при встановлених строках, обсязі випуску й витратах. Основними функціями технологічної підготовки виробництва (ТПП) є: забезпечення технологічності конструкції виробу, розробка технологічних процесів, проектування й виготовлення засобів технологічного оснащення.

ТПП базується на Єдиній системі технологічної підготовки виробництва (ЕСТПВ), яка безупинно удосконалюється на основі досягнень науки й техніки. ЕСТПВ передбачає широке застосування прогресивних технологічних процесів, високопродуктивного встаткування й оснащення, засобів механізації й автоматизації виробничих процесів, інженерно-технічних і управлінських робіт. Організаційно-виробнича підготовка включає календарне планування виробничого процесу виготовлення виробів у встановлений термін і в заданому обсязі випуску.

1.2. Вихідна інформація для проектування технологічних процесів

Вихідну інформацію для проектування технологічних процесів (ТП) підрозділяють на базову, довідкову й керівну.

При розробці ТП для нових заводів або виробництв базовими вихідними даними є: робітники креслення деталей, вузлів і машин; технічні умови й опис службового призначення машини; обсяг випуску виробів, який включає кількість необхідних для складання виробу деталей і запасних частин; планований інтервал часу випуску виробів і запасних частин.

При розробці ТП для діючих або реконструюючих підприємств на додаток до вищевказаних базових даних необхідно також мати відомості про наявність устаткування, засобів технічного оснащення (СТО), виробничих площ і інших місцевих умовах. Можливості технолога можуть бути обмежені існуючими на підприємстві технологічними методами одержання заготовки й механічної обробки.

Довідкова інформація включає нормативні матеріали, каталоги й паспорта технологічного встаткування, альбоми СТО, стандарти й нормалі на ріжучий і вимірювальний інструмент; нормативи точності, шорсткості, розрахунків припусків, режимів різання й технічного нормування часу; тарифно-кваліфікаційні довідники й інші допоміжні матеріали.

Керівна інформація містить дані про перспективні ТП у галузі, стандарти на ТП і їх документацію, основні вимоги по стану й перспективам розвитку виробництва на підприємстві й ін. Ступінь подробиці технологічних розробок залежить від типу виробництва.

При проектуванні ТП ремонту виробів, крім вищевказаної інформації, необхідні наступні дані:

- 1) ремонтне креслення деталі, виконаний відповідно до вимог на ремонтну документацію;
- 2) відомості про можливі дефекти зношеної деталі й про кількість деталей з певними комбінаціями дефектів;
- 3) довідкові матеріали про технологічні методи усунення окремих дефектів і про рівень відновлення службових властивостей деталей різними методами;

- 4) креслення складальної одиниці, у яку входить ремонтвана деталь, як основа аналізу умов роботи деталі;
- 5) ТП виготовлення деталі на заводі для технологічної наступності між виготовленням і ремонтом.

1.3. Послідовність проектування технологічних процесів

Проектування ТП виконується в певній послідовності взаємозалежних етапів.

1. Проводять аналіз технічних вимог і умов виготовлення виробу на даному підприємстві, тобто виявляють технологічні завдання.
2. Установлюють тип виробництва й методи роботи із програми випуску виробів.
3. Проводять технологічний контроль креслень виробу на відповідність вимогам технологічності для умов даного або проектного підприємства.
4. Визначають вид заготовки й метод її одержання.
5. Установлюють маршрути обробки основних поверхонь заготовки, тобто послідовність операцій (переходів), що забезпечують одержання необхідної точності і якості поверхневого шару.
6. Становлять маршрут виготовлення деталі з вибором схеми установки, визначенням послідовності виконання технологічних операцій, а також з вибором типу встаткування й оснащення; підготовляють замовлення на проектування спеціального оснащення.
7. Розраховують припуски, визначають операційні допуски й розміри, а також вихідні розміри заготовки.
8. Проводять завершальні технологічні розробки: визначають схему побудови операцій; вибирають моделі технологічного встаткування, засобів технологічного оснащення (приспосовування, що ріжуть і вимірювальні інструменти); визначають режими виконання технологічних переходів; проводять розрахунки точності одержання розмірів, форми й розташування поверхонь.
9. Визначають техніко-економічні показники можливих варіантів ТП, з яких вибирають найбільш раціональний.

10. Оформляють необхідну для даного типу виробництва технологічну документацію.

Послідовність проектування ТП складання аналогічна вищевказаним етапам, але має ще кілька специфічних етапів:

1. Установлення порядку комплектування вузлів і виробу в процесі складання й складання схеми складання.
2. Визначення методів і організаційних форм складання.
3. Визначення раціональних способів транспортування напівфабрикатів і виробів.
4. Добір і проектування транспортних засобів.

Проектування ТП ремонту виробів має таку послідовність:

- 1) аналіз ТП виготовлення нової деталі;
- 2) аналіз даних про характер дефектів;
- 3) вибір можливих способів усунення окремих дефектів;
- 4) визначення послідовності виконання технологічних операцій із призначенням технологічних баз, вибором технологічного встаткування й оснащення;
- 5) установлення режимів роботи з обґрунтуванням операційних припусків і допусків на обробку;
- 6) обґрунтування економічної ефективності прийнятого варіанта;
- 7) складання технологічної документації на процес ремонту деталі.

1.4. Технологічна документація

Технологічна документація розділяється на основну й допоміжну. До основної ставляться документи, які містять зведену інформацію для розв'язку однієї або комплексу інженерно-технічних, планово-економічних і організаційних завдань. Основні документи визначають технологічний процес (операцію) виготовлення або ремонту виробу, наприклад, маршрутна карта, операційна карта, карта ескізів, технологічна інструкція й ін.

До допоміжних ставляться документи, які використовуються при розробці, впровадженні й функціонуванні технологічних процесів і операцій, наприклад,

карта замовлення на проектування технологічного оснащення, акт впровадження технологічного процесу, карта зміни технологічного процесу (операції) і ін.

У таблиці 1 наведені категорії найпоширеніших технологічних документів.

Таблиця 1

Технологічні документи і їх зміст

Категорія документа	Позначення	Призначення
Титульний аркуш	ТА	Документ, який визначає назва ТП і відомості про розроблювачів
Маршрутна карта	МК	Документ, який містить опис ТП по всіх операціях у технологічній послідовності із вказівкою встаткування, матеріальних і трудових витрат
Карта ескізів	КЕ	Документ, який містить ескізи, схеми, таблиці, розміри з допусками й інші дані, необхідні для виконання технологічного процесу (операції)
Операційна карта	ОК	Документ, який містить опис технологічної операції із вказівкою переходів, режимів обробки й відомості про СТО
Операційна карта технологічного контролю	ОКТК	Документ, у якому визначений перелік контрольованих розмірів у технологічній послідовності із вказівкою способів і приймань контролю
Відомість оснащення	В	Документ, який містить перелік оснащення, необхідного для здійснення даного технологічного процесу (операції)
Карта налагодження	КН	Документ, у якому зазначені дані по налагодженню СТО
Карта кодування інформації	ККІ	Документ, який містить додаткові дані про операцію, налагодження СТО, а також зміст керуючої програми (УП)

Категорія документа	Позначення	Призначення
Карта типового технологічного процесу	КТТП	Документ, який містить опис типового процесу виготовлення або ремонту групи деталей і (або) складальних одиниць у технологічній послідовності із вказівкою операцій і переходів, що відповідають даних про СТО й матеріальних нормативах
Операційна карта типова	ОКТ	Документ, який містить опис типової технологічної операції із вказівкою переходів, даних про СТО
Комплектувальна карта	КК	Документ, який містить відомості про деталі, складальні одиниці й матеріалах, які входять у комплект виробу
Відомість складання виробу	ВСВ	Документ, який містить перелік деталей, складальних одиниць, які надходять на складання, із вказівкою їх основних характеристик
Технологічна інструкція	ТІ	Документ, який містить опис приймань роботи або технологічних процесів виготовлення або ремонту виробів, правил експлуатації СТО, опис фізичних і хімічних явищ, які виникають в окремих операціях
Відомість розцеховки	ВР	Документ, який містить дані про маршрут проходження виготовленого або ремонтного виробу по цехах підприємства
Відомість матеріалів	ВМ	Документ, що містить дані про заготовки, норми витрати матеріалу
Відомість технологічних документів	ВТД	Документ, який визначає склад і комплектність технологічних документів, необхідних при виготовленні або ремонті виробів

Крім зазначених у табл. 1, Єдина система технологічної документації (ЕСТД) передбачає й інші технологічні документи. Комплектність документації залежить від типу виробництва, виду технологічного процесу й визначається галузевими й заводськими стандартами. Затверджена технологічна документація може змінюватися тільки після оформлення карти зміни (КЗ).

Усі технологічні документи розділяються на три групи: текстові, графічні й комбіновані.

Запис у текстових документах повинна бути точною й лаконічною. У графах форм, обведених товстою лінією, розміщують інформацію, оброблювану способами обчислювальної техніки.

Запис даних у бланках слід виконувати в технологічній послідовності виконання операцій, переходів, приймань робіт, фізичних і хімічних процесів. Операції треба нумерувати числами ряду арифметичної прогресії (5, 10, 15 і т.д.). Допускається до чисел додавати ліворуч нулі до тризначного числа (005, 010, 015 і т.д.).

Переходи слід нумерувати арабськими цифрами натурального ряду (1, 2, 3 і т.д.). Установи нумерують більшими буквами алфавіту (А, Б, В і т.буд.).

Розмірні характеристики й позначення оброблюваних поверхонь указують арабськими цифрами. Для позначення осей і позицій допускається використання римських цифр.

Допускається скорочений запис найменувань і позначень даних, якщо раніше в одному з документів комплекту був зазначений повний запис.

У графічних документах ескізи можуть бути виконані без витримування масштабу, але із приблизним дотриманням пропорцій між елементами. Оброблювані поверхні слід проводити подвоєною товщиною.

Зображувати виріб на ескізі впливає в робочому положенні на операції. Якщо ескіз розробляється для декількох операцій, то допускається зображення виробів у неробочому положенні. Ескіз повинен містити, що витримуються розміри із граничними відхиленнями; позначення шорсткості, баз, опор і затисків.

На операційних ескізах усі розміри або конструктивні елементи оброблюваних поверхонь умовно нумерують арабськими цифрами для зручності

запису змісту переходів в операційній карті. Номер розміру або конструктивного елемента проставляють в окружності діаметром 6...8 мм і з'єднують із розмірної або виносною лінією.

Технічні вимоги слід поміщати на вільній частині документа праворуч від зображення виробу або під ним.

Вимоги до оформлення комбінованих документів аналогічні вимогам, які пред'являються до текстових і графічних документів у тій частині, яка їх стосується. Додатково слід лише зазначити, що на комбінованих документах можуть мати місце таблиці й графіки.

Правила заповнення основних граф технологічної документації регламентовані відповідними стандартами ЕСТД.

Конструкторська й технологічна документація може бути введена в єдину базу даних підприємства й за допомогою комп'ютера можна одержати необхідні відомості для виробництва виробів.

Лекція 2

Тема: Проектування технологічних процесів виготовлення деталей

2.1. Аналіз вихідної інформації й вибір методу одержання заготовки

По розрахованому такту випуску й коефіцієнту серійності визначається тип виробництва. Якщо такт випуску значно перевершує передбачувану тривалість окремих операцій обробки, то деталь повинна виготовлятися по принципах серійного або одиничного виробництва й обробку заготовок доцільно вести партіями. Розраховані або встановлені партії коректуються при наступній детальній розробці технологічного процесу.

Перед проектуванням технологічного процесу необхідно вивчити робоче креслення деталі, технічні умови на її виготовлення й умови її роботи у виробі.

Спочатку по геометричних проекціях і перетинам усвідомлюється конфігурація деталі, виявляються форми всіх поверхонь деталі і їх просторове взаємне розташування, тобто повинне бути чітка просторова вистава про деталь.

При наступному обході поверхонь вивчаються їхні розміри й необхідна точність (допуски, посадки). Особлива увага слід приділяти при цьому проставлянню розмірів з метою виявлення можливості сполучення технологічних і вимірювальних баз.

Потім вивчається необхідна по кресленню точність форми поверхонь і точність їх взаємного розташування (перпендикулярність, паралельність, співвісність і т.п.).

Аналіз точності форми й розмірів основних або службових поверхонь дає підставу скласти уявлення про методи остаточної обробки й про число щаблів обробки зазначених поверхонь, а аналіз системи проставляння лінійних координуючих розмірів – виявити конструкторські бази й попередньо намітити послідовність обробки основних поверхонь.

Потім необхідно вивчити матеріал деталі, проаналізувати вимоги по механічних властивостях і по термічній обробці. Це необхідно для правильного розв'язку питань про методи обробки, про членування технологічного процесу на етапи, про способи виконання остаточної, оздоблювальних і зміцнюючих операцій.

Вибір заготовки є різноманітним завданням. Ухвалюється варіант заготовки, при якому забезпечується мінімум суми технологічних собівартостей по заготівельному й механічних цехах.

Основними факторами, що визначають вид заготовки, є матеріал деталі, її конфігурація й габаритні розміри. Часто вид заготовки визначається кресленням: якщо це ливарний сплав, то заготовкою буде виливок; якщо деформуючий сплав, то заготовкою буде прокат або кування.

Великий вплив на вибір заготовки й спосіб її одержання виявляє обсяг випуску виробів, строки виготовлення, наявність відповідного встаткування, технологічні характеристики матеріалу (ливарні властивості, здатність перетерплювати пластичні деформації при обробці тиском і т.п.).

Після розв'язку питань про вид заготовки й спосіб її одержання можна розв'язати завдання про її форму. Остання визначається з урахуванням можливостей і вимог технології заготівельного процесу (лиття, штампування).

2.2. Складання планів обробки основних поверхонь і маршруту технологічного процесу виготовлення деталі

Роботу із проектування технологічних процесів виготовлення деталей доцільно почати із установаження планів (маршрутів) обробки її окремих поверхонь по операціях або переходах у порядку підвищення точності. Такі маршрути необхідні також для розрахунків проміжних і загальних припусків на механічну обробку, а також проміжних розмірів заготовки по технологічних операціях (переходам) обробки.

При неавтоматизованому методі розробки технологічних процесів ця робота виконується технологом одночасно з аналізом робочого креслення деталі й документально не фіксується. При автоматизованому проектуванні техпроцесів «плани обробки поверхонь» є важливим вихідним технологічним документом, багато в чому визначальним рівень техпроцесу.

На число щаблів обробки й на склад планів обробки поверхонь деталі впливають наступні фактори:

- точність форми й розмірів заготовки;
- необхідна по кресленню точність форми й розмірів розглянутої поверхні;
- наявність і характер термічної обробки;
- необхідна по кресленню точність співвідношень (розташування) поверхонь;
- поверхні, що виконують роль технологічних баз, вимагають на 1...2 щаблі обробки більше в порівнянні зі звичайними;
- вимоги по якості поверхні.

Для встановлення числа щаблів обробки поверхонь використовуються довідкові й заводські нормативи, а також практичний досвід технологів.

До складу технологічного процесу ввійдуть усі щаблі обробки, які були намічені в планах обробки окремих поверхонь. Для складних деталей доцільно весь масив планів обробки окремих поверхонь зафіксувати у вигляді таблиць.

При виготовленні точних деталей маршрут механічної обробки ділять на етапи (стадії): попередню (чорнову), проміжну (чистову) і остаточну (оздоблювальну).

На першому етапі знімають основну масу металу у вигляді припусків і напусків на всіх поверхнях; на другому – поступово підвищують точність поверхонь (для деяких поверхонь він може бути остаточним); на третьому – забезпечують задані точність і якість поверхневого шару.

Розподіл технологічного процесу на етапи обґрунтовується наступними обставинами:

1. Якщо обробляти точну поверхню відразу й остаточно, то в результаті перерозподілу внутрішніх напружень, викликаних чорновий обробкою інших поверхонь, вона неминуче втратить свою точність; крім того, ця поверхня може бути ушкоджена при наступному закріпленні й при транспортуванні між операціями.

2. При знятті більших припусків при чорновій обробці відбувається нагрівання заготовки і якщо відразу обробити поверхня начисто, те виникнуть погіршеності форми й розмірів.

3. При наявності термообробки відділення чистової обробки від чорнової стає обов'язковим.

4. Поділ процесу обробки на етапи доцільно також з погляду раціонального використання технологічного встаткування й робітників.

Наступним кроком у проектуванні технологічного процесу виготовлення деталі є поділ процесу на операції, тобто складання маршруту обробки. Проектований техпроцес, залежно від складності деталі, обсягу випуску й конкретних виробничих умов, може бути розділений на різне число операцій. При цьому потрібно виходити із двох різних принципів: принципу концентрації й принципу диференціації операцій.

Більш прогресивним є шлях побудови процесу з використанням принципів механічної концентрації (заміна позиціями або механізована зміна інструмента; самі переходи при цьому органічно не поєднуються) або технологічної концентрації (прості переходи поєднуються в складні – на багаторізцевих, багатошпиндельних, агрегатних і т.п. верстатах).

Ціль складання маршруту обробки – дати загальний план обробки заготовки, намітити зміст операцій техпроцесу й вибрати тип устаткування.

При встановленні послідовності обробки потрібно керуватися наступними положеннями:

1. Спочатку обробляють поверхні, які будуть базовими на наступних операціях; потім обробляють інші поверхні в послідовності, зворотному ступені їх точності.

2. У початок маршруту виносять обробку тієї поверхні, щодо якої на кресленні координоване більше число інших поверхонь.

3. При невисокій точності вихідної заготовки спочатку слід обробляти поверхні, що мають найбільшу товщину матеріалу, що віддаляється (для раннього виявлення ливарних і інших дефектів).

4. Операції обробки поверхонь, що мають другорядне значення параметрів, що й не впливають на точність, деталі (свердління дрібних отворів, зняття фасок, видалення заусенців і т.п.), слід виконувати наприкінці ТП, але до операцій остаточної обробки відповідальних поверхонь.

5. У кінець маршруту бажане також виносити обробку легкопошкоджуваних поверхонь (зовнішні різьблення, шліци, зуби й т.п.).

6. У тому випадку, коли заготовку піддають термічній обробці, для усунення можливих деформацій потрібно передбачати виправлення заготовок або повторну обробку окремих поверхонь для забезпечення заданої точності й шорсткості.

7. При досить твердій заготовці остаточну обробку окремих поверхонь можна виконувати на початку маршруту. Кількість і місце розташування в маршруті операцій технологічного контролю залежить від складності, точності й габаритів деталі. Контрольні операції обов'язково передбачаються перед термообробкою й після виготовлення деталі.

Вибір устаткування залежить від наступних факторів:

- конфігурація й габаритні розміри заготовки;
- необхідна по характеру операції точність обробки;
- обсяг випуску виробів, розмір партії запуску;
- вид заготовки (штучна або із прутка) і ін.

По виду (методу) обробки встановлюється група верстата (усього 9 груп): токарський (1 - а група), свердлильний або розточувальної (2 - а група) і т.д.

Відповідно до призначення верстата, його компонованням, ступенем автоматизації або видом застосовуваного інструмента визначається тип верстата: токарський одношпindelний, токарський багатошпindelний, токарно-револьверний напівавтомат, вертикально-фрезерний консольний і т.п.

Вибір типу верстата, насамперед, визначається можливістю забезпечити технічні вимоги, пропоновані до деталі, що виготовляється. Якщо ці вимоги здійсненні на різних верстатах, то при виборі враховуються наступні фактори [17]:

- 1) відповідність основних розмірів верстата габаритним розмірам оброблюваної заготовки або декількох одночасно оброблюваних заготовок;
- 2) відповідність продуктивності верстата річній програмі випуску деталей;
- 3) можливість повного використання верстата, як за часом, так і по потужності;
- 4) мінімальна верстатоемкість обробки;
- 5) найменша собівартість обробки;
- 6) найменша відпускна ціна верстата;
- 7) реальна можливість придбання верстата;
- 8) необхідність використання наявних верстатів.

Вибір верстата залежить від типу виробництва. Для одиничного виробництва найчастіше застосовують верстати, що відрізняються гнучкістю й універсальністю формоутворення поверхонь, відсутністю автоматизації (універсальні верстати з ручним керуванням).

У дрібносерійному й середньосерійному виробництвах для обробки партій заготовок використовують верстати з меншою універсальністю, але з більшою продуктивністю й автоматизацією керування: токарно-револьверні напівавтомати, барабано-фрезерні, токарно-гвинторізні зі ЧПК, вертикально-свердлильні зі ЧПК й ін.

У крупносерійному і масовому виробництві використовуються верстати з великою продуктивністю й з високим рівнем автоматизації: агрегатні верстати, гнучкі автоматичні лінії з верстатів зі ЧПК, тверді автоматичні лінії з агрегатних і спеціальних верстатів.

Для деяких специфічних деталей (колінчаті вали, лопатки компресорів і турбін і ін.) вибір устаткування для більшості операцій визначений незалежно від типу виробництва.

Матеріальні й трудові витрати на виконання ТП вказуються в маршрутній карті після остаточної розробки всіх операцій.

2.3. Проектування операцій технологічного процесу обробки заготовок

Для проектування окремої операції необхідно знати маршрут обробки заготовки, схему її базування й закріплення, які поверхні й з якою точністю потрібно обробляти; які поверхні й з якою точністю були оброблені на попередніх операціях, припуск на обробку, такт випуску (для потокової лінії).

При проектуванні операції вирішуються наступні завдання:

- 1) розробляється операційний ескіз;
- 2) визначається раціональна структура операції, що дозволяє скласти або уточнити зміст, послідовність виконання й можливість сполучення в часі переходів операції;
- 3) вибираються СТО, засобу механізації виконання операції, включаючи транспортні обладнання для переміщення заготовок;
- 4) призначаються й розраховуються режими різання;
- 5) визначається норма часу на виконання операції;
- 6) визначаються налагоджувальні розміри й складаються схеми налагодження.

Можливі варіанти операції оцінюються по продуктивності й собівартості.

Структура операції механічної обробки визначається числом і послідовністю виконання технологічних і допоміжних переходів. Число поєднаних в операцію переходів залежить від серійності виробництва, такту випуску й характеризує ступінь концентрації або диференціації переходів.

Можливості перекриття елементів оперативного часу при сполученні технологічних переходів залежить від схеми побудови операції. Схеми розрізняють по наступних ознаках:

а) по числу одночасно встановлюваних для обробки заготовок (одномісні й багатомісні схеми);

б) по числу що брав участь в обробці інструментів (одноінструментальні й багатоінструментальні схеми);

в) по послідовності роботи інструментів при виконанні операції (послідовна, паралельна й паралельно-послідовна схеми обробки).

На рис. 1 показані схеми побудови операцій. Найбільш сприятливі умови для сполучення елементів оперативного часу створюються при здійсненні багатомісних схем з безперервною установкою заготовок на верстатах з безупинно обертовим столом або барабаном (рис. 1, е).

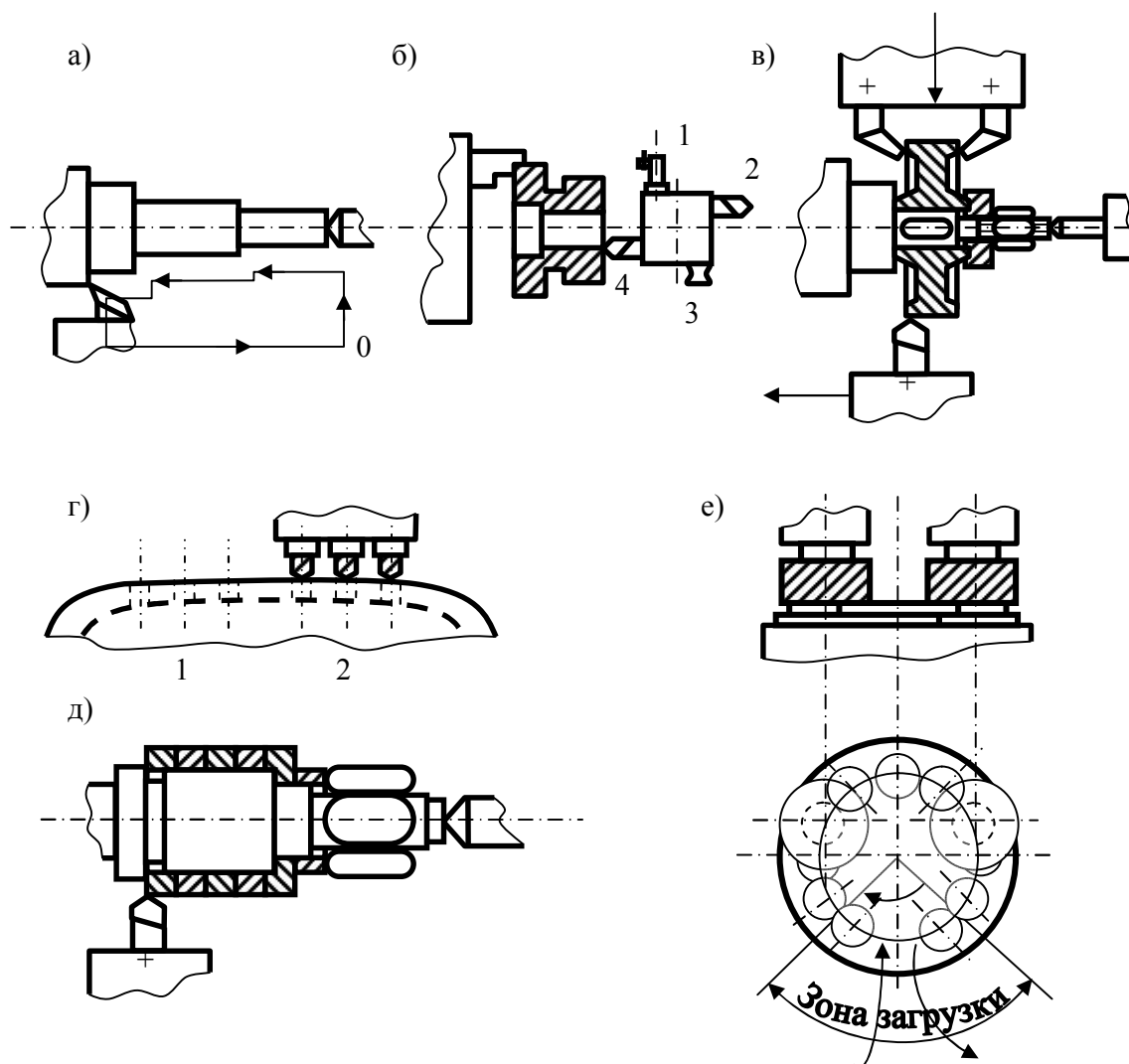


Рис. 1. Схеми побудови операцій:

а, б - послідовна; в - паралельна; г - паралельно-послідовна;

д - багатомісна послідовна; е - багатомісний паралельно-послідовна

з неперервною установкою заготовок

На послідовність обробки окремих поверхонь деталі впливає характер розмірному зв'язку, який визначається системою проставлення лінійних координуючих розмірів і системою допусків на неточність взаємного розташування поверхонь.

На рис. 2 показані схеми проставлення розмірів східчастого вала.

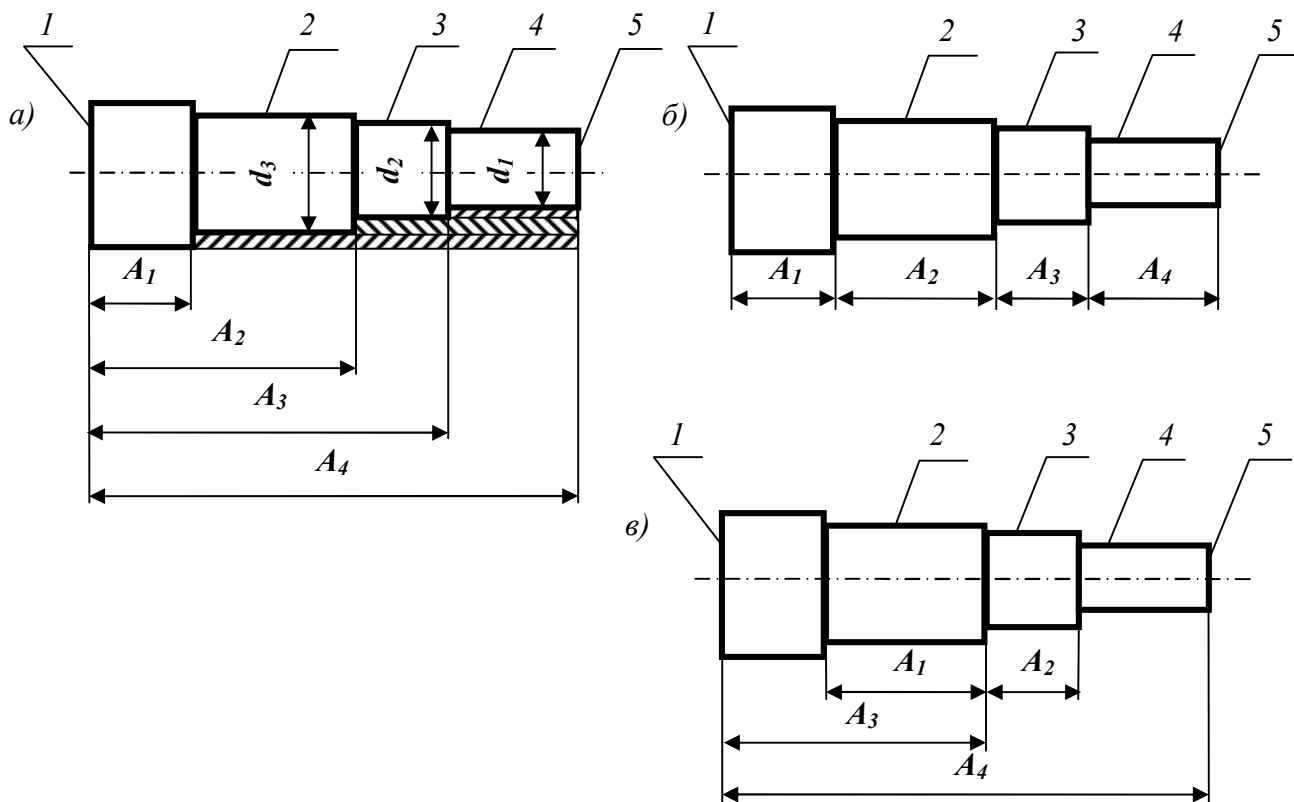


Рис. 2. Схеми проставлення розмірів ступеневого валу:

а - координатна; б - ланцюгова; в - змішана

У координатній системі вибирають одну поверхню й щодо неї координують положення всіх поверхонь даного координатного напрямку (рис. 2, а). При такій системі на кожному етапі обробки першої потрібно обробляти поверхню, від якої проставлені всі розміри (поверхня 1 на рис. 2, а), послідовність же обробки інших поверхонь може бути кожний.

Якщо ж почати обробку не з поверхні 1 (рис. 2, а), а з якої-небудь іншої, то необхідно зробити перерахування розмірів і на деякі з операційних розмірів

прийняти допуски більш тверді, чому по кресленню. На мал.3.2,а показана обробка поверхонь у послідовності 2-3-4.

У ланцюговій системі розміри проставляються безперервним ланцюгом один за іншим (рис. 2, б). При цій системі починати обробку можна з будь-якої поверхні, але потім обробка інших поверхонь повинна виконуватися в послідовності, яка диктується проставлянням розмірів. Якщо першої обробити поверхню 5, то інші поверхні треба обробляти в послідовності 4-3-2-1 (рис. 2, б). І при ланцюговому проставлянні розмірів відхилення від рекомендованої послідовності обробки приведе до необхідності перерахування розмірів і до жорсткості допусків на деякі з них.

На рис. 2, в, показана найбільше часто використовувана змішана або комбінована система проставляння розмірів. Правила для встановлення послідовності обробки поверхонь також будуть комбінованими й відповідними до вищевказаних рекомендацій, залежно від системи проставляння розмірів на окремих ділянках деталі. Так, для прикладу, по рис. 2, в, першими повинні оброблятися поверхні 1 і 5, а потім – поверхні 3-2-4.

Призначення технологічних баз є важливим етапом проектування технологічної операції, тому що вибір тих або інших поверхонь як баз визначає систему проставляння розмірів, схему й конструкцію пристосування, можливість виконання операцій по настроюванню.

Для зменшення погрішностей базування й спрощення конструкції пристосування доцільно використовувати типові схеми установки заготовок, зазначені в довідковій літературі.

При змушеній зміні баз слід переходити від менш точної до більш точної бази. При виборі баз необхідно враховувати зручність установки й зняття заготовки, надійність і зручність закріплення заготовки, можливість підведення різальних інструмент.

По обраних базах повинні бути зазначені вимоги по точності й шорсткості базових поверхонь.

Вибір верстатних пристосувань визначається схемою установки заготовки, змістом виконання операції, обраними режимами різання. Якщо існує готове

пристосування в парку СТО заводу або по каталогу, то необхідно лише перевірити відповідність даного СТО необхідному. При відсутності готового пристосування слід видати замовлення на проектування цього спеціального пристосування.

Метод обробки поверхні заготовки визначає групу різального інструменту (наприклад, фреза). Залежно від оброблюваного матеріалу й типу заготовки встановлюється підгрупа інструмента (наприклад, фреза торцева із твердосплавними ріжучими вставками). Конфігурація оброблюваної поверхні виявляє форму й розташування ріжучих лез, тобто визначає вид (типорозмір) різального інструменту.

Паралельно з вибором різального інструменту вибирається й допоміжний інструмент. Доцільно використовувати стандартний і нормалізований допоміжний інструмент (перехідні конуси й втулки, цанги, оправлення для фрез і ін.). Лише при відсутності стандартного призначають спеціальний допоміжний інструмент (наприклад, різцетримачі до багаторізцевим токарським верстатам).

При виборі типу й конструкції вимірювального інструмента, пристосування або приладу враховуються такі основні фактори: точність необхідного виміру, тип виробництва, розмір і якість вимірюваної поверхні.

У серійному й масовому виробництвах для підвищення продуктивності контролю доцільно використовувати шаблони, калібри, спеціальні вимірювальні інструменти, пристосування й прилади. При одиничному виготовленні деталей застосовується універсальний вимірювальний інструмент.

Характеристики універсальних вимірювальних засобів наведені в довідковій літературі. Там же поміщені принципові схеми виміру, які можуть бути використані при проектуванні спеціальних контрольно-вимірювальних пристосувань і приладів. Для скорочення часу на технічний контроль треба, по можливості, використовувати активний контроль у процесі виготовлення деталі.

Для правильного вибору засобів технічного контролю необхідна обов'язкова оцінка впливу погрешностей виміру на результати контролю. Залежно від номінального розміру й допуску на виготовлення визначається гранично припустима погрешність виміру. Вона повинна бути не більш 20...30% допуску вимірюваної величини.

Вибір засобів механізації й автоматизації технологічних процесів або окремих операцій залежить від серійності виробництва, габаритів, методу обробки деталі. Об'єктами механізації й автоматизації можуть бути: завантаження, переміщення й закріплення заготовки; керування верстатом; робочі рухи елементів верстата й оброблюваної заготовки; збирання й транспортування стружки; контроль розмірів; міжопераційний транспорт і ін. Вибираючи конкретні конструктивні розв'язки, у першу чергу слід використовувати типові розв'язки, описані в літературі. При відсутності типового розв'язку, технолог розробляє принципову схему, яка служить конструкторові підставою для проектування. Використання засобів механізації й автоматизації повинне бути економічно обґрунтоване.

У технічних вимогах (технічних умовах) на операції вказуються наступні параметри:

1) припустима погрішність форми (неплощинність, нециліндричність і т.п.), непаралельність площин і осей регламентуються лише в тих випадках, коли по службовому призначенню деталі вони повинні бути менше допуску на відповідний розмір поверхні або координуючий розмір;

2) у всіх випадках потрібно обмовляти зігнутість осі циліндричних заготовок, жолоблення, припустиму неконцентричність циліндричних поверхонь (неспіввісність, биття) незалежно від того, у якому співвідношенні перебуває допуск на погрішності з допусками на розміри поверхонь;

3) припустима неперпендикулярність площин і осей повинна регламентуватися завжди (звичайно на операціях остаточної обробки).

Регламентація неточностей форми й розташування поверхонь може виконуватися в текстовій формі технічних вимог або умовними позначками.

Режими різання визначаються глибиною різання t , подачею s і швидкістю різання v . У порядку зростання впливу на стійкість інструментів складові режимів різання розташовуються в такий спосіб: $t \rightarrow s \rightarrow v$. Тому для одноінструментальної схеми обробки спочатку встановлюють глибину різання, а потім подачу й швидкість різання.

При обробці поверхні на попередньо настроєному верстаті глибина різання ухвалюється рівної максимальному припуску на заданий розмір цієї поверхні по виконуваному переходу.

Подача повинна бути встановлена максимально припустимої. При чорновій обробці вона обмежується міцністю й твердістю елементів системи, а при чистовій і оздоблювальної – точністю розмірів і шорсткістю оброблюваної поверхні.

Швидкість різання залежить від глибини різання, подачі, якості й марки оброблюваного матеріалу, геометричних параметрів ріжучої частини інструмента й інших факторів. Швидкість різання розраховують по відповідних до формул теорії різання або ухвалюють за нормативним даними. По швидкості різання визначається розрахункове значення частоти обертання шпинделя. По паспорту верстата підбирається найближче менше значення подачі s і частоти обертання шпинделя n .

По наведеній вище методиці визначаються режими різання при обробці заготовок послідовно рядом інструментів, які працюють незалежно один від іншого зі своїми режимами, а також при обробці паралельно діючими комплексами інструментів, кожний з яких працює незалежно від інших з різними режимами різання.

Режими різання на чорнових операціях повинні перевірятися по потужності двигуна верстата або по припустимому крутному моменту.

Для комплектів інструментів, що працюють одночасно з різними подачами або швидкостями різання (багаторізцеві напівавтомати, токарно-револьверні, поздовжньо-фрезерні, багатошпиндельні свердлильні верстати й т.п.), режими різання встановлюються по інструментах, що лімітують. По знайдених режимах різання розраховується сумарна потужність і крутний момент різання, вони рівняються з паспортними даними верстата й, при необхідності, коректують режими різання.

Після визначення режимів різання проводиться нормування операції (визначається штучне або штучно-калькуляційний час) за методикою.

При багатопозиційній обробці заготовок на револьверних верстатах і автоматах, агрегатних, свердлильно-фрезерних і т.п. верстатах з використанням різних інструментів проектують технологічні схеми інструментальних налагоджень.

Проектування налагоджень здійснюється в такій послідовності:

- розраховується точність настроювання верстата на налагоджувальні розміри з урахуванням погрішності настроювання й впливу систематично мінливих погрішностей обробки;
- складається попередній план розміщення інструментів у супортах і інструментальних голівках по окремих переходах і позиціям;
- розраховується доцільність ступеня концентрації налагодження верстата на підставі технічного нормування різних варіантів налагодження;
- остаточно komponується інструмент у налагодженні верстата й коректуються режими різання;
- остаточно оформляється схема налагодження верстата.

Оброблювана заготовка на ескізі в схемі налагодження показується в довільному масштабі з необхідною кількістю проєкцій. На заготовці вказуються розміри, що витримуються, із граничними відхиленнями, шорсткість, прив'язка оброблюваних поверхонь до технологічних баз.

При виготовленні деталей систематично повинна проводитися перевірка дотримання технологічного процесу на робочих місцях. У випадку порушення виконання операцій технолог повинен установити причини й вжити заходів по усуненню цих порушень.

Лекція 3

Тема: Проектування технологічних процесів складання машин

3.1. Структура й зміст технологічного процесу складання

Технологічний процес складання являє собою частина виробничого процесу, безпосередньо пов'язану з послідовним з'єднанням, взаємним орієнтуванням і фіксацією деталей і вузлів, для одержання готового виробу, що задовольняє встановленим вимогам.

До складу технологічного процесу складання як технологічних операцій або переходів включаються наступні роботи:

1. Підготовчі роботи із приведення деталей, а також покупних виробів у стан, необхідне умовами складання: деконсервування, мийка, сортування на розмірні групи, укладання в тару й ін.

2. Приганяльні роботи, пов'язані із забезпеченням збирання з'єднань і технічних вимог до них: обпилювання й зачищення, притирання, полірування, шабрування, свердління, розгортання, виправлення.

3. Властиво складальні роботи із з'єднання двох або більшого числа деталей з метою одержання складальних одиниць і виробів основного виробництва: згвинчуванням, запресуванням, клепокою й ін.

4. Регулювальні роботи, проведені в процесі складання або після її закінчення з метою досягнення необхідної точності у взаєморозташуванні деталей у складальних одиницях і виробі.

5. Контрольні роботи, виконувані в процесі складання й після її закінчення з метою перевірки відповідності складальних одиниць і виробів параметрам, установленим кресленням і технічними умовами на складання (точність, плавність рухів, безшумність, надійність функціонування окремих систем і т.п.).

6. Демонтажні роботи із часткового розбирання виробу, що збирається, з метою підготовки його до впакування й транспортуванню до споживача.

Технологічна операція складання являє собою закінчену частину цього процесу, виконувану безупинно над однією складальною одиницею або над сукупністю одиниць, що одночасно збираються (вузлів, деталей), одним або групою (бригадою) робітників на одному робочому місці.

Так само, як і при механічній обробці, складальна операція розділяється на переходи й робочі приймання.

При аналізі конструкторської документації особлива увага приділяється технічним умовам по точності складання, якості сполучень і їх герметичності, твердості стиків, методам проміжного й остаточного контролю виробів, методу забезпечення заданої точності замикаючих ланок розмірних ланцюгів виробу.

Відповідно до розподілу машини на складальні одиниці й деталі, крім загального складання машини, розрізняють складання вузлову, підвузлову й комплектну.

3.2. Організаційні форми складання

При виборі форми організації складального процесу враховується річний обсяг виробництва, номенклатура виробів, що збираються, ступінь повторюваності виробничого процесу, технологічна складність готової продукції (габарити, маса), використовувані при складанні СТО й технологія.

По переміщенню виробу, що збирається, складання підрозділяється на стаціонарну й рухливу, по організації виробництва – на непотокову, групову й потокову.

При непотоковому стаціонарному складанні весь процес складання виробу і його складальних одиниць виконується на одній позиції: стенді, верстаті, робітнику місці, на підлозі цеху й ін. Цей вид складання може виконуватися без розчленовування складальних робіт, коли все складання виробу проводиться однією бригадою робітників-збирачів послідовно від початку до кінця. У цьому випадку застосовується концентрований технологічний процес складання, що полягає з невеликого числа складних операцій. Переваги цього методу: 1) збереження незмінного положення основної базової деталі, що сприяє досягненню більш високої точності виробу, що збирається; 2) використання універсальних транспортних засобів, пристосувань і інструментів.

Недоліками цього методу є: 1) тривалість загального циклу складання, виконуваної послідовно; 2) потреба у висококваліфіковані робітників. Непотокове стаціонарне складання найчастіше застосовується в одиничному й дрібносерійному виробництвах.

Непотокове стаціонарне складання з розчленовуванням складальних робіт припускає диференціацію процесу на вузлове й загальне складання. Складання кожної складальної одиниці й загальне складання виконуються одночасно різними бригадами й багатьма збирачами, що дозволяє значно скоротити цикл складання виробу. Даний метод складання використовується при виробництві виробів у невеликих кількостях.

Непотокове рухливе складання виконується із примусовим або вільним переміщенням виробу, що збирається, від однієї позиції до іншої. Технологічний

процес складання при цьому розчленовується на окремі операції, виконувані одним робочим або невеликим їхнім числом. Вільне переміщення об'єкта, що збирається, здійснюється за допомогою механізованих засобів або вручну. Складальні одиниці можуть також збиратися на візках, на рольгангах і т.п. При складанні із примусовим пересуванням об'єкта, що збирається, переміщення на наступну позицію здійснюється за допомогою конвеєра або візків, замкнених відомому ланцюгом. Непотокове рухливе складання застосовується при серійному виробництві виробів.

Потокове складання характеризується тим, що при побудові технологічного процесу складання окремі операції процесу виконуються за однаковий проміжок часу – такт, або за проміжок часу кратний такту. Синхронізація операцій досягається їхньою перебудовою або автоматизацією операцій, що лімітують. Потокове складання може бути організована з вільним або із примусовим ритмом. У першому випадку робітник передає, що збирається виріб на сусідню операцію в міру виконання власної роботи, а в другому випадку, момент передачі виконаної роботи на наступну операцію визначається сигналом (світловим або звуковим) або швидкістю безупинно або конвеєра, що періодично рухається. Головною умовою організації потокового складання є забезпечення взаємозамінності вузлів, що збираються, і окремих деталей. Якщо буде потреба використання приганяльних робіт, вони повинні здійснюватися за межами потоку. Потокове складання є рентабельним при досить великому обсязі випуску виробів, що збираються.

Потокове стаціонарне складання є однієї з форм потокового складання. Вона застосовується при складанні великих і громіздких виробів (наприклад, при складанні літаків і т.п. виробів). При цьому виді складання всі об'єкти, що збираються, залишаються на робочих позиціях протягом усього процесу складання. Робітники (або бригади) по сигналу всі одночасно переходять від одних об'єктів, що збираються, до наступних через періоди часу, рівні такту. Кожний робітник (або кожна бригада) виконує закріплену за ним (бригадою) ту саму операцію на кожному з об'єктів, що збираються.

Групове складання виробів застосовується в серійному виробництві за рахунок використання поточкових ліній з «гнучким» тактом (несинхронним), що мають між робочими позиціями міжопераційні накопичувачі, що забезпечують

незалежну роботу позицій без твердої синхронізації. Несинхронні лінії мають наступні переваги: 1) завдяки наявності міжопераційних заділів їх продуктивність на 10...30% вище, чим у ліній з «твердим» тактом; 2) вони зручні в експлуатації, тому що кожна позиція має автономну систему керування; 3) на одній лінії можна робити складання виробів декількох модифікацій у довільному порядку; 4) у несинхронну лінію можна вбудовувати додатково ручні позиції, що дозволяють, якщо буде потреба, дублювати автоматичні; 5) застосування несинхронних ліній поліпшує умови праці робітників, знижує монотонність виконання ручних операцій.

За такт роботи несинхронної лінії ухвалюється найбільше значення часу виконання автоматичної або ручної позиції.

3.3. Визначення послідовності й змісту складальних операцій

На підставі аналізу конструкції машини виявляються всі складальні одиниці, з яких полягає машина. У кожній складальній одиниці повинна бути знайдена базова деталь, що визначає положення ваги, що становлять дану складальну одиницю, інших складальних одиниць і деталей. Роль базової деталі звичайно виконують рами, станини, корпуси, підстави й т.п. деталі.

Після виявлення базової деталі визначається послідовність установки на неї всіх складальних одиниць і деталей. Для цього можна скористатися схемами розмірних ланцюгів, побудованих на основі розмірного аналізу й виявлених методів досягнення необхідної точності в кожній з розмірних ланцюгів, при цьому треба керуватися зазначеними нижче вихідними положеннями [3].

1. Складання слід починати з тих складальних одиниць або деталей, розміри й відносні повороти поверхонь яких є загальними ланками, що належать найбільшій кількості розмірних ланцюгів.

2. Слід поступово переходити до складання тих складальних одиниць і деталей, розміри й відносні повороти поверхонь яких є загальними ланками, що належать поступово зменшуваному кількості розмірних ланцюгів.

3. За інших рівних умов складання слід починати з того розмірного ланцюга, за допомогою якої вирішується найбільш відповідальне завдання.

4. У розмірних ланцюгах, у яких конструкцією машини намічено одержувати

необхідну точність замикаючого ланки методом регулювання або пригону, необхідно знайти, що компенсують ланки й деталі.

Намітивши на основі зазначених положень послідовність загального складання машини, слід перевірити можливість її дотримання на реальній машині з урахуванням конструктивних форм, габаритних розмірів, маси складальних одиниць і деталей.

Послідовність складання визначається також конструкцією виробу, компонуванням деталей і може бути представлена у вигляді технологічної схеми складання, що є умовним зображенням порядку комплектування виробу й вузлів при складанні. На схемі кожний елемент виробу позначається прямокутником, у якому вказуються найменування складеної частини, її індекс і кількість (рис. 3, а) [12].

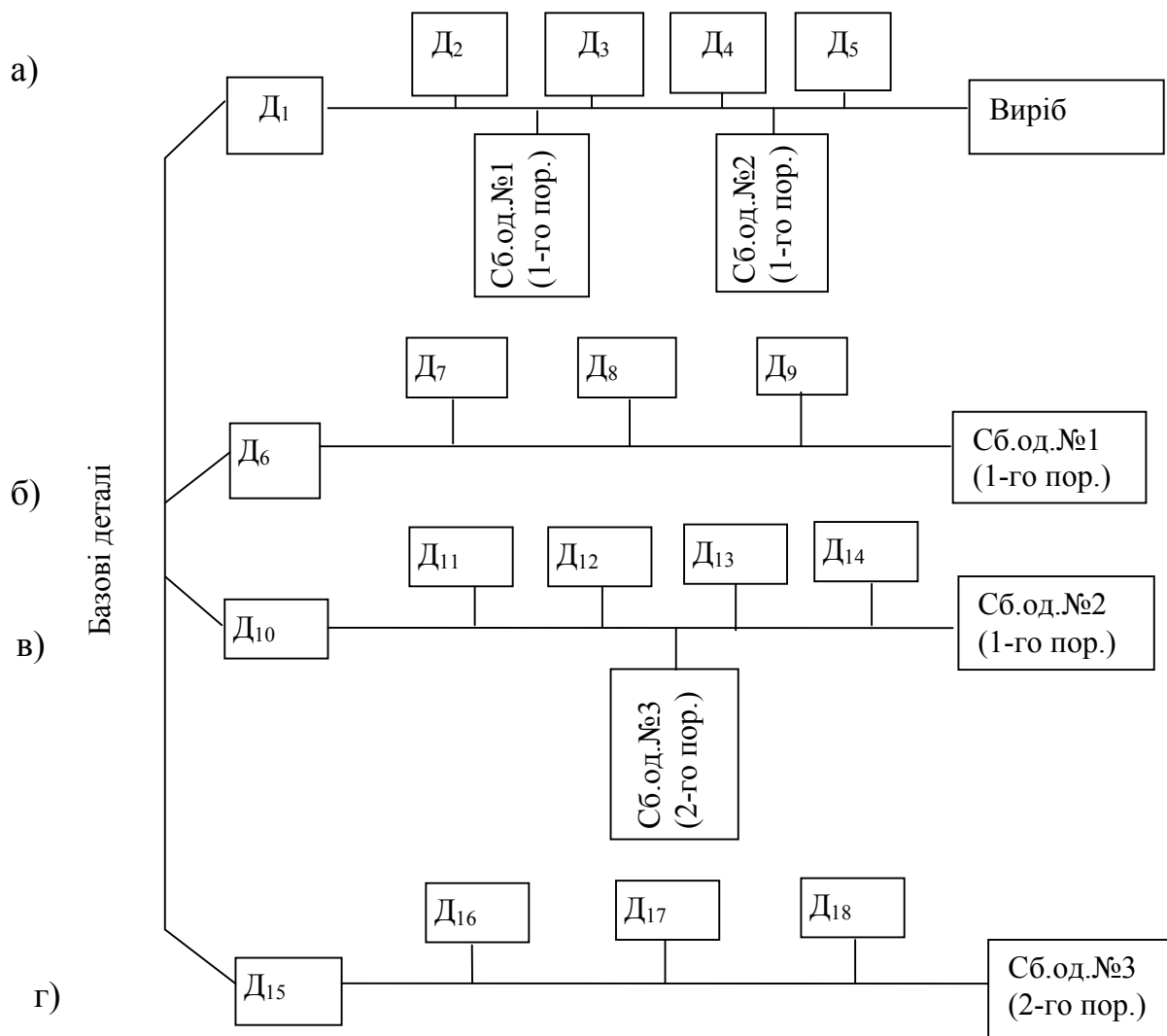


Рис. 3. Технологічні схеми складання виробу (а) і складальних одиниць більш високих порядків (б-г)

Процес складання зображується на схемі горизонтальною лінією в напрямку від прямокутника із зображенням базової складеної частини до прямокутника, що зображує готовий виріб (або складальну одиницю).

Вище горизонтальної лінії показуються в порядку послідовності складання прямокутники, що умовно позначають деталі, а нижче – прямокутники, що умовно зображують складальні одиниці.

Для кожної складальної одиниці першого й більш високих порядків можуть бути побудовані аналогічні схеми (рис. 3, б-г).

Технологічна схема складання є основою для проектування технологічного процесу складання; оперативним документом, по якому персонал складального цеху організує виконання складального процесу, робить комплектування машини, подачу складальних одиниць і деталей у належній послідовності до місць складання, веде облік, розставляє робітників, планує виробництво.

При складанні складного виробу доцільно спочатку розробити загальну схему складання виробу й після цього – схеми вузлових складань.

Деякі великогабаритні вироби транспортуються до замовника в розібраному виді, тому при розробці технологічної схеми складання таких виробів одночасно необхідно становити й схему демонтажу.

Після розробки схем складання встановлюється склад необхідних складальних, регулювальних, приганяльних, підготовчих, контрольних робіт і визначається зміст технологічних операцій і переходів.

В умовах одиничного виробництва обмежуються розробкою маршрутних технологічних карт і в роботі, в основному, керуються технологічними схемами складання. На виконання окремих відповідальних операцій (запресовування великих деталей, випробування й т.п.) складаються типові інструкції. У роботі широко використовується універсальне складальне встаткування й інструменти.

У серійному виробництві розробляються маршрутно-операційні й операційні технологічні карти й, при необхідності, випускаються технологічні інструкції, комплектувальні карти, відомість оснащення й інші документи.

Процес складання розчленовується на загальне складання й складання вузлів, а також на технологічні операції й переходи, а в крупносерійному і масовому виробництві – і на приймання. Частка приганяльних робіт може бути скорочена за рахунок широкого застосування регулювання розмірів за допомогою різноманітних компенсаторів, застосування селективного складання.

При формуванні технологічної операції до її складу, по можливості, включаються однорідні роботи, що сприяє спеціалізації збирачів і підвищенню продуктивності їх праці. З метою синхронізації операцій, необхідної для організації потокового складання, склад технологічної операції встановлюється з урахуванням трудомісткості окремих елементів складальних робіт.

На наступному етапі вибирається технологічне оснащення: пристосування, робітник і вимірювальні інструменти з урахуванням прийнятого типу виробництва й організаційних форм складального процесу. У серійному виробництві застосовується оснащення універсального й переналагоджуваного типів. У поточно-масовому виробництві використовується, переважно, спеціальне оснащення.

Після визначення структури й змісту складальних операцій установлюється норма часу на їхнє виконання. Для умов одиничного й дрібносерійного виробництва при нормуванні складальних робіт можуть бути використані укрупнені нормативи на слюсарно-складальні роботи. Для серійного й масового виробництва застосовується розрахунково-аналітичний метод нормування. При цьому операцію розбивають на ряд складальних елементів: переходів і приймань.

При ручному складанні оперативний час на виконання елементів операції визначається по нормативах на слюсарно-складальні роботи, а штучний час розраховується по формулі

$$t_{uu} = \sum_{i=1}^n t_{on} [1 + (\beta + \gamma)/100], \quad (1)$$

де t_{on} – оперативний час на виконання i -го елемента складальної операції;

β, γ – коефіцієнти, що визначають час на організаційне обслуговування й перерви (близько 6...9% від $\sum_{i=1}^n t_{on}$).

При складанні виробів партіями визначається штучно-калькуляційний час.

При механізованому й автоматизованому складанні час на виконання елементів складальної операції розраховується по формулі

$$t_i = l_i / v_i, \quad (2)$$

де l_i – довжина переміщення;

v_i – швидкість переміщення виконавчого складального механізму.

Компонування складальної позиції повинна забезпечувати мінімальний час допоміжних і холостих ходів, особливо для робототехнічних складальних комплексів і модулів, де всі переходи виконуються, як правило, послідовно. При проектуванні необхідно розглянути кілька варіантів компонувань зі складанням циклограми роботи складальних механізмів. По циклограмі визначається можливість сполучення елементів часу циклу й розраховується час складального циклу.

При конвеєрному складанні в штучний час операції входить час на переміщення виробу, що збирається, якщо воно не перекривається часом циклу.

Для механізованої й автоматизованої складальних операцій необхідно визначити режими складального процесу: складальну силу, швидкість поступального переміщення деталі, що приєднується, частоту її обертання, момент затягування, температуру нагрівання або охолодження деталей, що збираються, частоту й амплітуду коливань, що збираються деталей і т.п.

При проектуванні складальних ТП необхідно максимально використовувати для однакових і подібних по конструкції виробів типові ТП, які здійснюються загальними, найбільш зробленими й ефективними методами. До типових ставляться ТП складання типових вузлів: з підшипниками кочення й ковзання, зубчастих і черв'ячних передач, що направляють ковзання й т.п.

При виконанні ТП складання виникає необхідність систематичної перевірки якості, що збирається машини і її складальних одиниць. Це необхідно робити щораз, коли необхідна точність, у тих або інших розмірних і кінематичних ланцюгах, досягається методами регулювання й, особливо, пригону. Необхідність контролю виникає навіть у тих випадках, коли для досягнення необхідного якості використовується метод повної взаємозамінності, тому що в процесі складання

виникає ряд додаткових погрішностей, пов'язаних із впливом пружних деформацій, зміною баз і т.д. Тому необхідно включати в розроблювальний ТП складання переходи й операції, пов'язані з перевіркою досягнутої якості об'єкта, що збирається, із вказівкою методики й засобів контролю.

Машини й складальні одиниці, після складання, піддають випробуванням, що служать для перевірки їх відповідності службовому призначенню. Випробування складальних одиниць перед їх подачею на загальне складання знижують трудомісткість складання й скорочують цикл складання й випробування готової машини.

Випробування машини й складальних одиниць звичайно проводяться з максимальним наближенням до робочих режимів, на яких машини повинні працювати, виконуючи своє службове призначення. У ряді випадків випробування ведуть на форсованих режимах з метою найшвидшого виявлення наявних дефектів.

Для випробування машин і складальних одиниць малих і середніх габаритів створюють спеціальні стенди. Випробування важких машин більших габаритних розмірів роблять звичайно на складальних стендах. До таких машин ставляться, наприклад, парові турбіни, важкі верстати, дизелі й ін.

Лекція 4

Тема: Проектування типових і групових технологічних процесів

4.1. Проектування типових технологічних процесів

У машинобудуванні використовується більша номенклатура деталей і ще більша різноманітність технологічних процесів їх виготовлення з коливаннями трудомісткості виготовлення однієї й тієї ж деталі на різних підприємствах у десятки раз. У зв'язку із цим виникла необхідність класифікації деталей машин і типізації ТП обробки окремих поверхонь, типових комбінацій поверхонь і виготовлення деталей (у цілому).

Технологічна класифікація деталей, запропонована проф. А.А. Соколовським, передбачає 14 класів, характеризуючих спільністю технологічних завдань. Вона має

загальномашинобудівний характер (вали, диски, важелі, корпуси, і т.д.) і може бути розширена додаванням нових класів деталей, характерних для окремих галузей промисловості.

Розподіл класів на групи й підгрупи закінчується типом – сукупністю деталей одного класу, що мають у певних виробничих умовах однаковий маршрут типових операцій, що характеризуються конструктивними й технологічними ознаками. У межах типу можливі деякі відхилення в порядку обробки, тобто виключення або додавання окремих переходів і операцій.

Робота з типізації ТП починається із проведення класифікації, що дозволяє привести все різноманіття заготовок, поверхонь і їх комбінацій до мінімальної кількості типів, для яких можна розробити типові ТП обробки.

Ознаками для класифікації елементарних поверхонь є: форма поверхні, розміри, матеріал виробу, необхідна точність обробки, якість поверхневого шару. Типовий процес обробки певного комбінації поверхонь і, особливо, типовий процес обробки заготовок не завжди складається з комбінацій типових процесів обробки окремих поверхонь. Приклади побудови типових технологічних маршрутів обробки різних поверхонь заготовки, залежно від точності й шорсткості, наведені в керівних і довідкових матеріалах.

Під типовими комбінаціями поверхонь розуміються комбінації поверхонь, оброблених при незмінній технологічній базі, однаковій послідовності операцій, установ і переходів на тих самих верстатах, однаковими інструментами.

Ознаки для класифікації типових комбінацій поверхонь наступні: конфігурація, розміри й точність обробки окремих поверхонь; матеріал оброблюваної заготовки; співвідношення розмірів окремих поверхонь і точність їх взаємного розташування. Прикладами таких типових процесів можуть служити процеси обробки перпендикулярних або паралельних поверхонь, концентрично розташованих поверхонь обертання; забезпечення співвісності отворів і точності міжосьової відстані між отворами і т.д.

Ознаками для класифікації деталей є: конфігурація деталі, її розміри; точність обробки і якість поверхневого шару; матеріал і метод одержання заготовки. Додаткові ознаки: обсяг випуску, розміри окремих партій оброблюваних заготовок,

наявність СТО (верстати, пристосування, інструменти), система планування й організація виробництва й т.п. ураховуються при створенні декількох варіантів ТП.

Документація типових ТП містить у собі класифікатор деталей, типові маршрутні й операційні карти. В операційних картах вказуються: ескіз заготовки із граничними габаритними розмірами; матеріал, точність обробки й шорсткість оброблюваних поверхонь; послідовність і зміст переходів; устаткування, пристосування й інструменти; режими обробки й норми часу, із вказівкою меж їх зміни для різних розмірів заготовок. Представником типу ухвалюється деталь, виготовлення якої вимагає найбільшої кількості операцій. На базі типових ТП проєктують ТП для виготовлення конкретних деталей.

Типізація ТП дозволяє: 1) звести велика кількість процесів до мінімуму й внести однаковість в обробку подібних деталей; 2) використовувати найбільш прогресивні технологічні розв'язки й скоротити строки технологічної підготовки виробництва; 3) зменшити кількість типів спеціального устаткування й оснащення й створювати їх на базі типових схем і уніфікованих вузлів, використовуючи принцип агрегаткування.

Використання типових ТП для виготовлення деталей найбільше характерно для крупносерійного й масового виробництва. Типові ТП є важливою вихідною інформацією при автоматизованому проєктуванні ТП виготовлення деталей за допомогою ЕОМ.

4.2. Проєктування групових технологічних процесів

В умовах дрібно- і середньосерійного виробництва, при виготовленні деталей невеликими партіями, виникають більші втрати часу, пов'язані з переналагодженням верстата при переході від виготовлення однієї деталі до іншої. У цих умовах доцільно використовувати груповий метод обробки, запропонований проф. С.П. Митрофановим. В основі методу лежить технологічна класифікація заготовок, що дозволяє сформувати групи виробів з наступною розробкою технології їх групової обробки без переналагодження або з мінімальним переналагодженням устаткування.

При груповій обробці формують класи заготовок по видах обробки (обробка на токарських верстатах, фрезерних, свердлильних і ін.). Створення класів є

попереднім етапом підготовки групової обробки. Кінцевим результатом класифікації є формування груп. Основною ознакою для об'єднання заготовок у групи по окремих технологічних операціях є спільність оброблюваних поверхонь або їх комбінацій, при цьому до складу групи можуть входити заготовки різної конфігурації.

При формуванні групи заготовок додатково враховуються також наступні ознаки: точність і шорсткість оброблюваних поверхонь; близькість розмірів вихідних заготовок, що дозволяє обробляти їх на тому самому встаткуванні й однотипних пристосуваннях; серійність випуску заготовок.

Групова обробка може обмежуватися окремими груповими операціями або використовуватися для побудови групового ТП обробки заготовок у цілому. Послідовність операцій у групових ТП і послідовність переходів у групових операціях повинні бути такими, щоб по них можна було обробляти будь-яку деталь групи без значних відхилень від загальної технологічної схеми. При обробці наступної деталі групи проводиться незначне підналагодження верстата (заміна різального інструменту, змінних настановних або затискних елементів групового пристосування, перестановка лінійних і діаметральних упорів і т.п.). При груповій обробці обов'язково використовується спосіб автоматичного одержання заданих розмірів. Тому для кожної операції розробляється схема групового налагодження верстата.

Групові ТП проектують у такій послідовності:

1. По кресленнях виробів відбирають деталі, що задовольняють вимогам групових налагоджень.
2. Укрупнену групу розділяють на групи деталей по типорозмірах верстатів, по методах установки заготовок і типам пристосувань, по точності і якості поверхонь.
3. Створюють комплексну деталь, тобто реальну або умовну (штучно створену) деталь, що містить усі основні елементи, характерні для деталей даної групи. Установлюють послідовність і зміст переходів групової операції для комплексної деталі й розробляють схему групового налагодження верстата.

На рис. 4 наведені деталі групи і їх комплексна деталь.

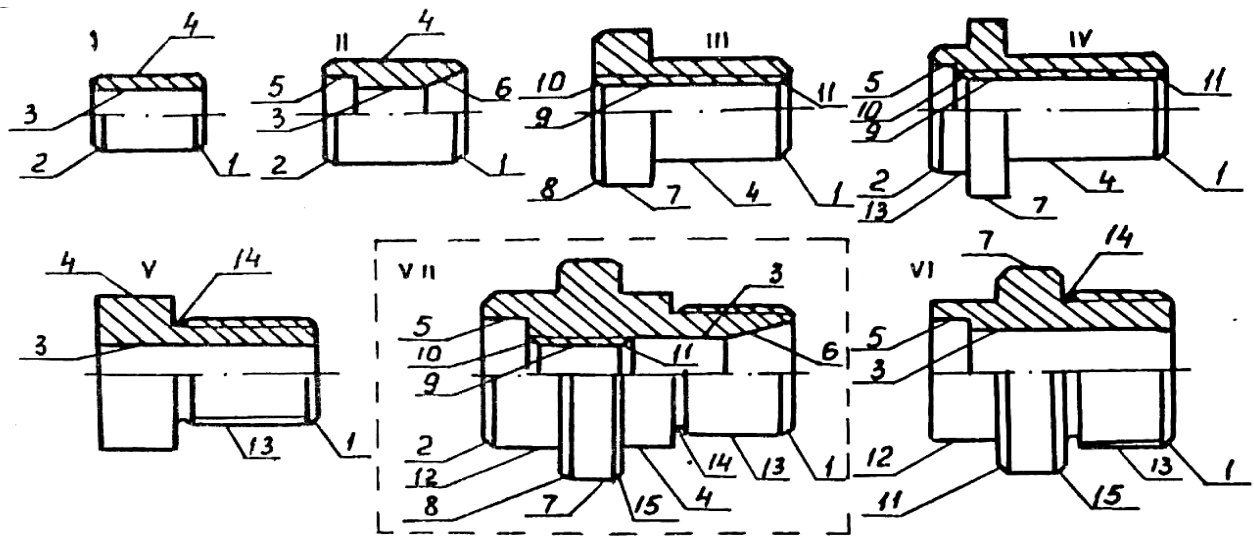


Рис. 4. Деталі групи (I ... VI) і комплексна деталь (VII)

Налагодження верстата, здійснена для комплексної деталі, дозволяє без значного переналагодження обробити будь-яку заготовку групи, виконуючи при цьому тільки необхідні переходи.

4. Проектують і виготовляють групове оснащення (приспособлення, інструмент).

Типізація ТП і групова обробка заготовок дозволяє перенести високопродуктивні методи масового виробництва в умови серійного й навіть одиничного виробництва; скоротити час на проектування ТП і оснащення, на виготовлення оснащення, на налагодження верстата; підвищити продуктивність виготовлення деталей.

Лекція 5

Тема: Проектування технологічних процесів для автоматизованого виробництва

5.1. Проектування технологічних операцій для автоматів і напівавтоматів

Автомати й напівавтомати ставляться до верстатів високої продуктивності. На цих верстатах можна точити зовнішні циліндричні, конічні й фасонні поверхні;

свердли, зенкувати, розгортати й цекувати отвір; нарізати зовнішнє й внутрішнє різьблення; обкатувати й накочувати поверхні; підрізати торці й відрізати від прутків заготовки. За допомогою спеціальних пристосувань можна обробляти деталі по копірові, свердли поперечні отвори, фрезерувати шліци гвинтів і т.п. Автомати й напівавтомати вимагають більших витрат часу на налагодження, тому широко використовуються тільки в умовах масового й крупносерійного виробництва.

Заготовкою для деталей, які виготовляються на пруткових автоматах, є прокат діаметром 3...100 мм. Закріплюється пруток цанговим обладнанням, яке забезпечує нормальну роботу автомата тільки при підвищених вимогах до точності розміру й форми перетину прутка. Тому для роботи на автоматах і револьверних напівавтоматах використовують лише калібрований холодноотягнений прокат 8...13-го квалітету точності.

Діаметр вихідного прутка підбирають так, щоб припуск на максимальному діаметрі деталі не перевищував 0,5...1 мм на діаметр. Мінімальний припуск для деталей малих діаметрів ухвалюють 0,1...0,15 мм на сторону. При виготовленні деталей з наскрізним отвором у якості заготовки, по можливості, треба використовувати трубу.

При складанні плану обробки деталі на пруткових автоматах необхідно враховувати ряд специфічних особливостей. Зовнішні циліндричні поверхні можна одержати поздовжньою подачею прохідних різців або поперечним переміщенням широких різців, установлених у поперечному супорті.

При відрізанні деталі від прутка звичайним відрізним різцем на торцевій поверхні деталі часто залишається бобишка; для її видалення головну ріжучу крайку різця роблять скошеної під кутом 12...15° вершиною убік деталі. При гострінні зовнішніх циліндричних поверхонь ріжучу крайку прохідного різця встановлюють на 0,5...1 мм вище осі обертання прутка (заготовки), щоб не вийшла гвинтова ризику на обробленій поверхні при відводі різця у вихідне положення.

Отвору глибиною $l \leq 2,5 d$ свердлять нерухомо закріпленим свердлом (обертається деталь). При свердлінні глибоких отворів ($l > 2,5 d$), з метою попередження відхилення осі свердла, дають обертання й свердлу убік, протилежну обертанням деталі.

Після кожного проходу на глибину $l = 2,5 d$, свердел виводять із отвору для видалення стружки. При свердленні отворів глибиною до одного діаметра попереднє зацентрування не роблять.

При виготовленні пустотілих деталей діаметром до 20 мм необхідно передбачати таку довжину робочого ходу свердла, яка перекривала б ширину різця при відрізанні деталі. У цьому випадку при свердлінні наступної деталі можна обійтися без зацентрування.

При складанні плану обробки необхідно максимально сполучати переходи, які виконують поздовжні й поперечні супорти. По можливості, слід ділити довжину руху на два й більш інструменти.

Слід уникати сполучення чорнових і чистових переходів на одній позиції. Доцільно найбільш навантажені переходи виконувати в першу чергу, коли заготовка має максимальну твердість. При розподілі переходів між окремими супортами й позиціями бажане їх завантажувати рівномірно й мати однакову тривалість обробки. Коли необхідно одержати поверхні точної концентричності, їх треба обробляти в одній позиції. Щоб одержати точні радіальні розміри й більш чисті поверхні при роботі поперечних супортів, впливає наприкінці ходу інструмента передбачати зупинку супорта по твердому упору з витримкою його якийсь час у нерухливому положенні, після чого відводити.

На автоматах і напівавтоматах використовуються наступні різальні інструменти: різці, свердли, зенкери, розгорнення, цековки, мітчики, гребінки, різьбонарізні голівки й т.п. При виборі матеріалу різців, при обробці сталі, твердосплавні різці використовують у тих випадках, коли різці зі швидкорізальної сталі не повністю використовують потужність верстата. Деталі із чавуну, як правило, обробляються твердосплавними різцями. В інших випадках використовують різці зі швидкорізальної сталі.

У якості допоміжного інструмента використовують різного роду державки, різцетримачі, оправлення й патрони, які в більшості нормалізовані. Пристосуваннями для пруткових автоматів і напівавтоматів служать затискні цанги, що подають і, люнети, а для напівавтоматів, які обробляють штучні заготовки, – патрони й оправлення.

На рис. 5 показана схема налагодження токарно-револьверного автомата [15].

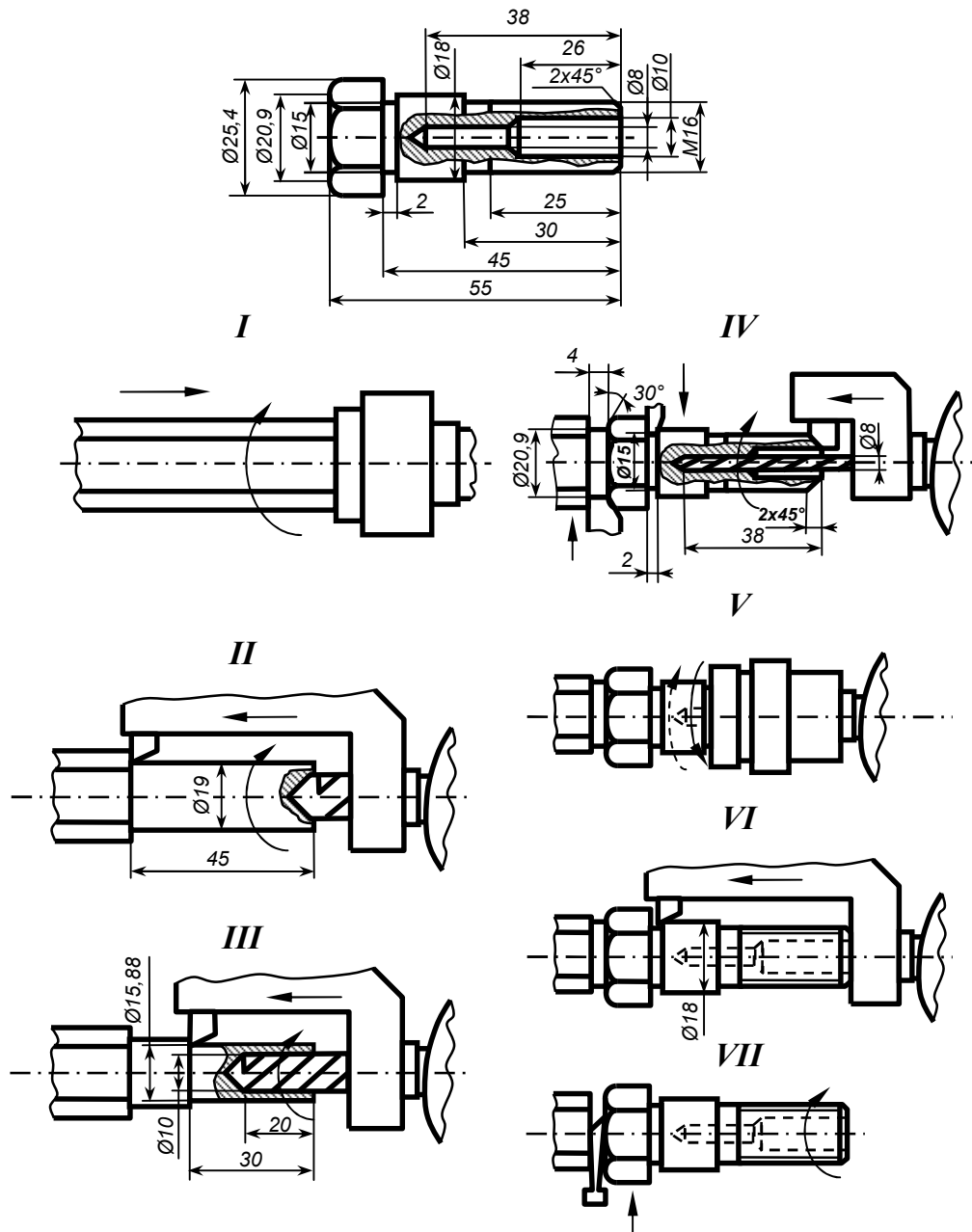


Рис. 5. Схема наладки для обробки пробки на токарно-револьверному автоматі:

- I - подача прутка до упору; II - обточування поверхні $\varnothing 19$ мм і центрування;
- III - обточування поверхні $\varnothing 15,88$ мм і свердління отвори $\varnothing 10$ мм; IV - зняття фаски і проточування канавки; V - нарізування різьблення; VI - чистове обточування поверхні $\varnothing 18$ мм; VII - відрізання

Після визначення плану обробки й технологічного оснащення проектують налагодження. У картах налагодження вичерчують ескіз загального розташування

шпинделів з нумерацією позицій і ескізи всіх технологічних переходів, виконуваних на кожній позиції із зображенням інструментів у кінцевому положенні. На ескізах проставляються налагоджувальні, що й витримуються розміри з відхиленнями й шорсткість поверхонь. Такі ескізи необхідні для визначення величин робітників і холостих ходів супортів, часу роботи інструментів на кожній позиції, добору змінних шестірень і розрахунків параметрів кулачків. Результати цих розрахунків, а також індекси ріжучих і допоміжних інструментів, пристосувань затягають у таблиці, розміщені на вільному полі ескізу.

При обробці на одношпindelних токарських автоматах режими різання встановлюються в певній послідовності.

1. Визначають довжину робочого ходу для кожного супорта $L_{р.х.}$, прийнявши її рівній довжині ходу того інструмента, який має найбільший хід.

2. Призначають подачу.

3. Визначають період стійкості інструмента, що лімітує.

4. Визначають швидкість різання для всіх інструментів налагодження й розраховують частоту обертання шпинделя.

5. Виходячи з розрахованих частот обертання шпинделя, що лімітує інструмента супортів, підбирають частоту обертання шпинделя верстата по паспорту й уточнюють фактичні швидкості різання.

6. Розраховують потужність різання для кожного інструмента, потім підраховують сумарну потужність різання й порівнюють із потужністю електродвигуна верстата. Якщо потужність електродвигуна недостатня, то необхідно зменшити частоту обертання шпинделя або величину подачі, або побрати верстат з більшою потужністю приводу.

Для багатошпindelних напівавтоматів послідовної дії режим різання для кожної позиції визначається в тому ж порядку й тими ж методами, які викладені вище. На кожній позиції можуть бути отримано при розрахунках кілька значень частоти обертання (наприклад, при гострінні – n_1 , свердлінні – n_2 і т.д.); із усіх значень яке-небудь одне (звичайно для гостріння) ухвалюють за розрахункову частоту обертання n .

Технічне нормування робіт, виконуваних на верстатах-автоматах і напівавтоматах, обумовлене особливостями роботи цих верстатів і можливістю їх багатOVERSTATного обслуговування. Тому в автоматизованому виробництві розрізняють два види норми часу:

- 1) норма часу на верстат, яка визначає його продуктивність, тобто верстатоемність (по ній розраховується необхідна кількість устаткування);
- 2) норма часу на робітника, тобто трудомісткість (по ній розраховується необхідна кількість робітників і фонд зарплати).

Для кожного типу верстатів існує своя методика розрахунків. Тому розрахунки режимів різання й визначення норм часу в кожному конкретному випадку необхідно проводити, використовуючи відповідні нормативні матеріали.

5.2. Проектування технологічних операцій для агрегатних верстатів

Агрегатні верстати компонуються зі стандартних вузлів – силових голівок, столів, що несуть вузлів і т.п. Агрегатні верстати можуть проектувати як спеціальні, непереналагоджувальні – для обробки конкретної деталі і як спеціалізовані, призначені для обробки групи закріплених деталей.

На агрегатних верстатах можна проводити такі роботи: центрування, свердління, розсвердлювання, зенкування, розгортання, розточування отворів, а із застосуванням різних насадок, – фрезерування майданчиків, пазів і фасонних поверхонь; підрізання зовнішніх і внутрішніх торців і бобишек; розточування кільцевих канавок, обточування зовнішніх поверхонь, нарізування й накочування різьблення й ін.

Технологічний процес може бути побудований для обробки заготовки на даній позиції одним різальним інструментом або групою інструментів з одночасною обробкою однієї або декількох поверхонь на одній або декількох, одночасно або послідовно оброблюваних заготовках. Особливо ефективні агрегатні верстати при обробці корпусних деталей коробчатої форми з більшою кількістю отворів, розташованих з різних сторін.

Загальні принципи проектування технологічних операцій використовуються й для агрегатних верстатів. Особливістю є те, що технологічна операція повинна проектувати паралельно з розробкою технологічного компоновання верстата.

Проектування технологічної операції для агрегатного верстата вимагає виконання таких етапів [15]:

- 1) визначення комплексної деталі або типового представника групи;
- 2) розробка маршруту обробки;
- 3) складання варіантів операційних карт агрегатної обробки з розрахунками режимів різання, нормуванням і вибором оптимального варіанта;
- 4) розробка схем технологічного компоновання й верстата;
- 5) визначення типорозмірів стандартних і спеціальних вузлів верстата;
- 6) визначення економічно доцільної кількості деталей одного найменування в оброблюваних партіях;
- 7) визначення продуктивності верстата з урахуванням часу на його переналагодження;
- 8) розрахунки техніко-економічної ефективності використання верстата;
- 9) уточнення остаточного переліку, оброблюваних деталей.

При проектуванні технологічної операції необхідно враховувати ряд особливостей:

- 1) оброблювані поверхні повинні бути зв'язані розмірами з технологічними базами деталі;
- 2) при одночасній обробці декількох отворів однієї силовою голівкою групувати деталі з однорідними по розмірах і видам обробки отворами;
- 3) особлива увага приділяти визначенню режимів різання, стійкості різального інструменту, зусиллю різання, осьовій силі подачі й ефективної потужності по кожній позиції окремо, тому що ці параметри визначають типорозміри силових голівок.

При визначенні режимів різання для агрегатних верстатів стійкість різальних інструмент ухвалюють рівної часу роботи однієї зміни або половині тривалості зміни; для цього рекомендовані для універсальних верстатів швидкості різання знижують на 15...30%.

На агрегатних верстатах досягають високому ступеня концентрації технологічних переходів при їхньому паралельному (або паралельно-послідовному виконанні), причому всю механічну обробку заготовки деталі можна виконати за одну установку. Один агрегатний верстат може замінити трохи універсальних, забезпечуючи скорочення виробничої площі й обслуговуючих робітників.

Агрегатні верстати найчастіше працюють як напівавтомати; при використанні автоматизованих завантажувальних пристроїв вони можуть працювати й по автоматичному циклу. Агрегатні верстати застосовують як самостійно діюче встаткування на різних виробничих ділянках, їх вбудовують також у потокові й автоматичні лінії обробки.

5.3. Проектування технологічних процесів виготовлення деталей на автоматичних лініях

Автоматичні лінії являють собою складні комплекси взаємозалежних автоматизованих металорізальних верстатів, контрольних пристосувань, транспортних засобів, накопичувачів, магазинів і ін., за допомогою яких узгоджено, у певній послідовності, без участі робітників обробляються вихідні матеріали або заготовки.

Перед початком проектування процесу обробки потрібно переконатися на основі попередніх орієнтовних розрахунків у тому, що строки окупності ЧЕРВОНИЙ менше тривалості випуску виробів і що вони лежать у встановлених межах (3...5 років).

При проектуванні техпроцесів на червоний слід урахувувати такі особливості:

1. Конструкція деталі повинна передбачати зручні бази.
2. Матеріал заготовки повинен бути однорідним з малим коливанням твердості, а заготовка з мінімальними припусками.
3. У якості баз слід ухвалювати такі поверхні, які забезпечують зручну установку, надійну фіксацію й закріплення заготовки, мінімальне число перекантований при обробці на лінії. При цьому часто використовують супутники-пристрої-супутники.
4. Якщо окремі операції (позиції) ускладнюють обробку, то їх доцільно

виконувати на окремих універсальних верстатах або на верстатах із програмним керуванням.

5. Концентрація технологічних переходів, відповідно й кількість інструментів, повинна бути оптимальним з урахуванням зручності налагодження й потужності приводу встаткування. Також залишаються вимоги по поділу операцій на чорнові й чистові.

6. При розробці техпроцесів необхідно забезпечити синхронізацію операцій.

Залежно від умов виробництва й можливостей підприємства можуть оснащуватися універсальними й спеціальними верстатами, верстатами-комбайнами.

Для скорочення часу на налагодження інструменти доцільно використовувати швидкозмінні, які можна набудувати поза верстатом. При використанні стандартних різальних інструмент режимі різання зменшуються на 15...30% у порівнянні з режимами для потокових неавтоматизованих ліній.

Транспортування заготовок може бути безперервним або періодичним. Системи й конструкції транспортних обладнань можна розділити на такі групи: інерційні, гравітаційні, транспортери безперервної дії, крокові транспортери. При необхідності мати міжопераційні запаси на окремих ділянках устанавлюються бункери, які розраховані на певний запас деталей.

Порядок проектування ТП мало чому відрізняється від звичайного виробництва. При проектуванні ТП вирішують не тільки питання виконання операцій механічної обробки, а й питання вибору, що фіксують, затискних, кантовочних і інших обладнань, а також, питання вибору автоматичних способів контролю, видалення стружки, зняття обробленої деталі й ін.

Особливості й етапи проектування ТП [15]:

1. Аналіз і вдосконалення технологічності конструкцій деталей. Вони повинні мати зручні бази; оброблювані поверхні повинні бути однакової висоти, глибини, діаметра, напрямку й точності.

2. Уточнення й коректування вимог до заготовки. Метод одержання заготовки повинен забезпечити високу точність і мінімальні припуски на обробку.

3. Визначення базових поверхонь. Крім звичайних вимог, базові поверхні повинні забезпечувати мінімальна кількість перекантована, можливість

використання пристосувань-супутників.

4. Розробка попереднього маршруту обробки заготовки.

5. Розробка технологічного креслення деталі із вказівкою на ньому розмірів з допусками базових і оброблюваних поверхонь із шорсткістю.

6. Розробка попереднього ТП із урахуванням концентрації технологічних переходів. ТП на лінії повинен передбачати виконання спочатку попередніх, потім – чистових і наприкінці – фінішних операцій.

7. Розв'язок технологічних розмірних ланцюгів з метою забезпечення на всіх операціях заданої точності й шорсткості на всіх оброблюваних поверхнях.

8. Визначення режимів різання, норми часу й побудова циклограми роботи ліній. Забезпечення синхронізації операцій: зміною режимів різання, варіюванням матеріалів різального інструменту, використанням комбінованого інструмента й спеціального оснащення, розчленовуванням або укрупненням операцій, використанням верстатів-дублерів і т.п.

9. Коректування раніше розробленого ТП і оформлення технологічної документації.

Розроблений оптимальний варіант ТП є підставою для визначення типу й структури, комплектації її технологічним і допоміжним устаткуванням, а також розміщення її в цеху з урахуванням роботи суміжних виробничих ділянок.

Принципи нормування й елементи норми часу в автоматизованому виробництві такі ж, як і при виготовленні деталей на універсальних верстатах. Однак, є наступні особливості: до основного часу, крім машинного, відносять час на прискорене підведення й швидкий відвід різальних інструмент; до допоміжного часу відносять тільки той час, який не перекривається машинним часом; при багатопозиційній обробці основний час позиції, що лімітує, ухвалюється за основний час операції.

Лекція 6

Тема: Проектування технологічних процесів для верстатів із програмним керуванням

6.1. Технологічні можливості верстатів із програмним керуванням

Технологічні можливості верстатів із програмним керуванням (ПК) обумовлені їхньою високою гнучкістю; підвищеною твердістю й точністю; автоматизацією циклу технологічних операцій; потужністю приводу, багатоінструментальністю; широким діапазоном частот обертання шпинделя й подач; можливістю корекції положення різального інструменту й зміни величини подачі без зміни змісту програмоносія. На верстатах з ПК значно скорочується допоміжний час внаслідок високих швидкостей (до 10...12 м/хв) неодружених переміщень і малого (4...6 с) допоміжного часу на зміну інструмента. Технологічні можливості верстатів з ПК забезпечуються їхньою конструкцією й функціональними можливостями обладнань ПК.

Верстати з ПК мають наступні переваги: зменшення обсягу розмічальних робіт, швидке й просте переналагодження, вище точність обробки й продуктивність праці, можливість багатOVERSTATного обслуговування робітниками-операторами більш низької кваліфікації, можливість комплексно обробляти заготовки складної форми й ін. Основним недоліком верстатів з ПК є висока їхня вартість у порівнянні з універсальними верстатами.

Точність верстатів з ПК характеризується, крім геометричних, додатковими специфічними факторами: точністю лінійного позиціонування робочих органів, величиною зони нечутливості, точністю повернення робочих органів у вихідне положення, стабільністю виходу робочих органів у задану крапку, точністю обробки в режимі кругової інтерполяції, стабільністю положення інструментів після автоматичної їхньої зміни.

Технологічні процеси (ТП) обробки на верстатах з ПК, на відміну від традиційних ТП, вимагають більшої деталізації при розв'язку технологічних завдань і обліку специфіки зображення інформації. При деталізації ТП кожний із кроків являє собою переміщення на ділянці траєкторії інструмента уздовж певного

геометричного елемента, на якому не змінюється режим. Послідовність елементарних переміщень і технологічних команд визначають зміст керуючої програми (КП). Створення КП є найважливішим завданням усієї системи технологічної підготовки виробництва.

На верстатах з ПК доцільно обробляти деталі, обробка яких на універсальних верстатах пов'язана з виготовленням складного оснащення, з виконанням трудомістких операцій розмітки. На цих верстатах вигідно обробляти деталі з більшою кількістю переходів, складною траєкторією руху різальних інструментів і великою тривалістю неодружених переміщень робочих органів верстата. Гнучкість систем ПК й простота включення в загальні системи керування від єдиної ПЕОМ дозволяє використовувати ці верстати в умовах масового виробництва й у складі автоматичних ліній.

Технологічні можливості верстатів з ПК забезпечують менш тверді обмеження по конструктивних формах деталі в порівнянні з обробкою на верстатах інших типів.

Для токарських верстатів з ПК цілком технологічними є комбінації циліндричних, конічних і криволінійних поверхонь, різні радіуси жолобників, гвинтові поверхні зі змінним кроком.

При обробці на фрезерних і свердлильно-фрезерно-розточувальних верстатах з контурною системою керування припустимі комбінації криволінійних, плоских і об'ємних поверхонь із поверхнями простої форми. На цих верстатах можлива обробка канавок і різьбових поверхонь в отворах корпусних деталей методами розфрезерування або планетарного розточування.

При аналізі технологічності деталей, оброблюваних на верстатах з ПК, необхідно враховувати, що їх конструкція повинна забезпечувати:

- 1) обробку з мінімальною кількістю установ;
- 2) надійне кріплення заготовки;
- 3) сприятливі умови роботи інструментів;
- 4) можливість обробки максимального числа поверхонь деталі;
- 5) відсутність оброблюваних поверхонь, розташованих під кутом до осей координат;

- 6) надійне видалення стружки;
- 7) максимальне спрощення програмування.

Для забезпечення технологічності при конструюванні заготовок необхідно враховувати наступні вимоги:

1. Конструкція заготовки деталі повинна бути такою, щоб для обробки було потрібно мінімальна кількість інструментів.
2. Заготовка корпусної деталі не повинна мати різких коливань припусків.
3. У заготовці, призначеної для автоматичного завантаження, повинна бути передбачена можливість її орієнтування й захоплення завантажувальним пристроєм.

Особлива увага слід приділяти проставлянню розмірів на кресленні деталі. Координати осей отворів слід проставляти в декартових, а не в полярних координатах. У загальному випадку розміри на кресленнях деталей треба проставляти з урахуванням технологічних баз.

При обробці заготовок на верстатах з ПК лезвійними інструментами досягається точність циліндричних зовнішніх поверхонь не вище IT6, а внутрішніх – IT7, шорсткість не нижче $Ra = 0,8$ мкм.

6.2. Системи програмного керування верстатами

Системи керування верстатами по методу завдання програми діляться на системи циклового й системи числового програмного керування.

Система циклового програмного керування (ЦПК) дає можливість запрограмувати тільки послідовність і швидкість переміщення рухливих органів верстата, що досягається набором комутуючих елементів (штекерів, перемикачів) на панелі керування або штекерному барабані. При цьому величина переміщень органів верстата до складу програми не входить, вони забезпечуються переналагоджуваними електроупорами. Системи ЦПК мали обмежені технологічні можливості й використовувалися, в основному, на першому етапі створення верстатів з ПК.

Система числового програмного керування (ЧПК), крім послідовності й швидкості переміщення рухливих органів верстата, дає можливість програмувати й

числові значення переміщень без яких-небудь комутуючих обладнань, що досягається використанням різного виду програмоносіїв.

За принципом керування верстати зі ЧПК діляться на два основні різновиди: верстати з розімкнутої (без зворотного зв'язку) і верстати із замкненою системою керування (зі зворотним зв'язком). У перших переміщення робочих органів верстата при обробці не контролюються. У других переміщення робочих органів контролюються дискретно датчиком положення й безупинно рівняються з керуючою програмою. По виявленій величині неузгодженості коректується положення робочого органа по каналу зворотного зв'язку.

Є ще два різновиди систем, які ставляться до програмних умовно, тому що вони лише частково автоматизують виконання окремих елементів циклу обробки деталі без використання програмоносія. Це системи цифрової індексації положення робочого органа верстата й системи цифрової індексації із преднабором координат [15].

Системи цифрової індексації (візуалізатори) використовують на звичайних універсальних верстатах. Сигнали інформації надходять на візуалізатор від датчиків положення, установлених на рухливих органах, і висвітлюються на світловому табло у вигляді, що біжать числових значень координат місцезнаходження рухливих органів верстата.

Система цифрової індексації із преднабором відрізняється від попередньої пультом з панеллю набору координат, на які повинні вийти рухливі органи верстата після включення приводу подачі.

По характеру програмування траєкторії робочих переміщень рухливих органів верстата системи ЧПК діляться на дві групи: позиційні (координатні) і контурні (безперервні).

У верстатах з позиційною системою програмного керування (ПСПК) програмуються тільки координати заданих крапок, а переміщення з однієї крапки в іншу забезпечуються напрямними верстата роздільно по кожній координаті. ПСПК застосовується звичайно на свердлильних і розточувальних верстатах.

У верстатах з контурною системою програмного керування (КСПК) програмується вся траєкторія переміщення інструмента або заготовки, що

забезпечує можливість обробки криволінійних контурів. КСПК застосовують на токарських, фрезерних і свердлильно-фрезерно-розточувальних верстатах.

Відповідно до розглянутої класифікації систем по характеру керування введена спеціальна індексація в позначеннях моделей верстатів з ПК. Згідно із цією індексацією після основного позначення моделей ставиться один з таких індексів: Ц – із цикловим керуванням; Ф1 – із цифровою індексацією положення, а також із преднабором і індексацією; Ф2 – з позиційною системою керування; Ф3 – з контурною системою керування; Ф4 – обробні центри з універсальною системою керування; Ф5 – обробні центри з контурною системою керування.

Способи зміни інструмента позначаються додатковими індексами: Р – зміна інструмента поворотом револьверної голівки;

М – зміна інструмента з магазину. Індеси Р и М ставлять перед індексами Ф2 і Ф3.

Вирішальний вплив на технологічні можливості верстатів зі ЧПК виявляють їхня конструкція й математичне забезпечення обладнання ЧПК. Обладнання ЧПК пройшли кілька етапів розвитку [18]. Перші обладнання числового програмного керування (ОЧПК) типу НЦ у результаті їх еволюційного розвитку дозволили забезпечити лінійну кругову інтерполяцію, корекцію положення інструментів, видачу на верстат необхідного числа технологічних команд і ін. Істотним недоліком системи НЦ з'явилось те, що вона не дозволяє зберігати й редагувати КП безпосередньо на робочому місці.

У результаті доробки систем НЦ з'явилась система типу СНЦ із розширеною пам'яттю на вході для зберігання й редакції КП. Основний недолік систем НЦ і СНЦ – вони не дозволяли розширити й змінити спочатку закладені в них функціональні можливості, тому що це вимагало зміни електричної схеми самого обладнання.

Сучасні ОЧПК системи типу ЦНЦ побудовані на базі мікропроцесорів. Системи ЦНЦ різко розширили функціональні можливості програмного керування: вони забезпечують зберігання й редагування програми безпосередньо на робочому місці, мають розвинені системи діагностики й керування якістю оброблюваних поверхонь із використанням активного контролю, розширені можливості індексації інформації на дисплеї, діалогове спілкування з оператором, перепрограмування

первісне закладених функціональних можливостей обладнання при його експлуатації.

Деякі різновиди системи ЦНЦ дозволяють записати УП за результатами обробки першої деталі в ручному режимі, вводити програму не тільки стандартною мовою в коді ISO і EIA, але й за допомогою завдання геометричних елементів контуру поверхонь.

Ведуться розробки по створенню діалогових систем керування, у яких для внесення команд застосовується голосовий спосіб.

З великої різноманітності ОЧПК найбільше поширення для оснащення верстатів одержали наступні системи: ОЧПК типу ЦНЦ моделей 2931-61, 2985, «Розмір-4», «Розмір-5», Н55-1, Н55-2 і оперативні обладнання «Електроніка-Нц-31», «Електроніка НЦ-80-01», 2Р-22, 2Р-32, 2С-42. В останні є можливість уведення інформації з перфострічки.

6.3. Системи координат і способи відліку переміщень

Робота верстата зі ЧПК пов'язана із системою координат. Для всіх верстатів зі ЧПК прийнята стандартна система, при якій осі X,Y,Z (рис. 6) показують позитивні переміщення інструментів щодо нерухоливих елементів верстата.

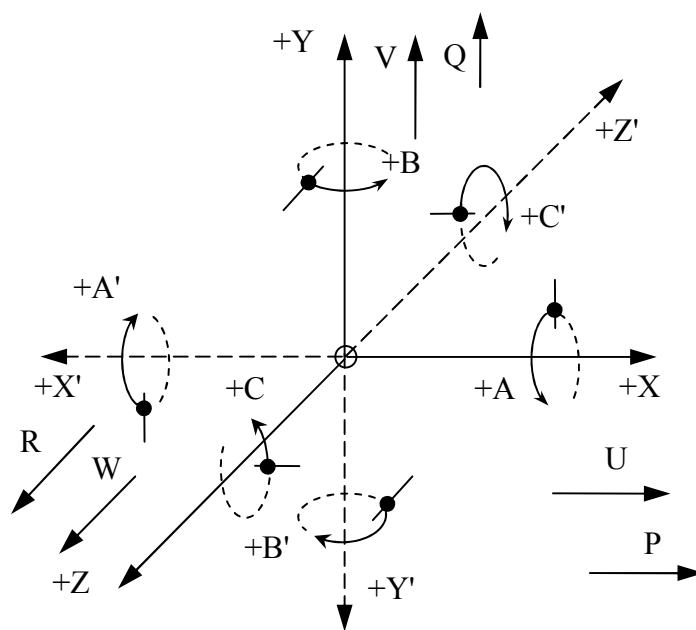


Рис. 6. Система координат верстата з ЧПУ

Осі X' , Y' , Z' показують позитивні напрямки руху заготовки. Таким чином, позитивними завжди будуть такі рухи, при яких інструмент і заготовка віддаляються друг від друга. Кругові переміщення інструмента позначаються буквами A , B , C , а заготовки – A' , B' , C' . У тих випадках, коли по одній і тій же осі передбачене переміщення декількох робочих органів, то використовують вторинні (U , V , W) і третинні (P , Q , R) осі.

При розміщенні системи координат вісь X завжди горизонтальна, а вісь Z сполучають із віссю шпинделя (заготовки, інструмента).

У системах ЧПК використовують два способи відліку переміщень уздовж кожної осі – абсолютний і відносний (у збільшеннях). При абсолютному способі відліку положення початку координат фіксований для всієї програми обробки (верстатний нуль) і вказується в паспорті верстата. При відносному способі відліку в програму записують збільшення координат при переході від попередньої до наступної опорної крапки («плаваючий» нуль).

Для спрощення програмування й зручності налагодження системи СНІД часто використовуються три координатні системи (рис. 7): система координат верстата X_MZ , система координат деталі X_dWZ_d , система координат інструмента X_iTZ_i . Усі три зазначені координатні системи взаємозалежні між собою.

У системі координат програми показується крапка початку обробки – вихідна точка O (рис. 7), часто її називають «нуль програми». Перед початком обробки центр інструмента P повинен бути сполучений із крапкою O . При багатоінструментальній обробці кількість вихідних точок може відповідати кількості використовуваних інструментів, тому що кожному інструменту задається своя траєкторія руху.

По числу керованих рухів (координат) системи ЧПК можуть бути двох-, трьох-, чотирьох-, п'яти- і багатокоординатними. У позиційних системах руху по окремих координатах можуть здійснюватися хоча й одночасно, але не узгоджено. Для контурних систем важливою характеристикою є число одночасне й узгоджено керованих координат. У деяких КСПК погоджені переміщення можуть бути не по всіх координатах одночасно.

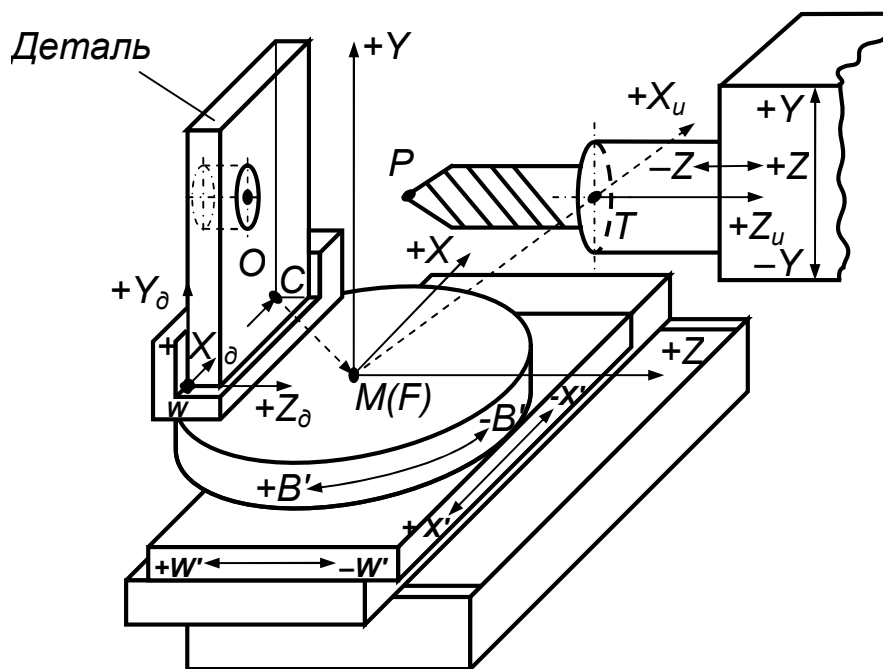


Рис. 7. Зв'язок систем координат на свердильно-розточувальному верстаті

Наприклад, чотирикоординатна система з однієї неповною координатою може бути позначена як 3, 5-координатна. Число керованих координат є важливою технологічною характеристикою верстата.

Для обробки заготовок на токарських і свердильних верстатах досить двох координат. Для двохсупортних токарських верстатів необхідна чотирикоординатна система керування. Для розточувальних верстатів частіше застосовують трьохкоординатні системи. Фрезерні верстати повинні мати не менш трьох, одночасно керованих, координат для обробки складних криволінійних поверхонь просторовими рядками. У п'ятикоординатних фрезерних верстатів додатково програмуються повороти заготовки й нахили інструмента.

Наявність на сучасних верстатах зі ЧПК систем, що дозволяють робити ручне редагування програм безпосередньо з пульта верстата, суттєво спрощує й прискорює трудомісткий процес відпрацювання нових програм.

6.4. Технологічна підготовка обробки заготовок на верстатах зі ЧПК

Технологічна підготовка обробки заготовок на верстатах зі ЧПК розділяється на етапи [12]:

- 1) класифікація заготовок і визначення техніко-економічної доцільності їх обробки на верстаті зі ЧПК;
- 2) розробка технологічної документації й створення керуючої програми;
- 3) виготовлення спеціального технологічного оснащення й різального інструменту;
- 4) перевірка й коректування керуючої програми.

Для верстатів зі ЧПК відбирають такі деталі, для яких обробка буде технічно можлива й економічно доцільна. У першу чергу вибирати треба складні й трудомісткі деталі, що мають ділянки із криволінійними поверхнями. Коротка інформація про відібрані заготовки заноситься в таблицю. На верстатах зі ЧПК також доцільно використовувати груповий метод обробки.

Оцінку технологічності деталі слід робити з обліком не тільки механічної обробки, але й програмування. Загальні принципи технологічності деталей залишаються такими ж і при обробці на верстатах зі ЧПК.

Для полегшення завдань програмування слід спрощувати геометричні форми й типізувати основні повторювані геометричні елементи заготовки. Бажане, щоб оброблювані поверхні заготовки являли собою площини або криволінійні поверхні, профіль яких утворений сполученням прямих з дугами окружності. У загальному випадку необхідно прагнути до застосування заготовок з такими поверхнями, обробку яких можна буде робити по керуючій програмі для контурної системи з лінійно-круговим інтерполятором, не прибігаючи додатково до методів апроксимації поверхні.

Робота зі створення КП розділяється на технологічну підготовку й програмування.

Розробка технологічної документації виконується в такій послідовності:

1. Аналіз креслення деталі з урахуванням специфічних вимог по технологічності деталі.
2. Вибір устаткування й призначення технологічних баз.
3. Вибір координатних систем з урахуванням сполучення початку координат з опорною базою деталі.
4. Вибір різальних інструмент.

5. Проектування схем рухів інструментів і визначення опорних крапок.
6. Розрахунки траєкторій руху інструментів і координат опорних крапок (для чорнових проходів – по номінальних розмірах, а для чистових проходів – за середніми значенням розмірів деталі).
7. Проектування операційної карти й карти налагодження (по необхідності).
8. Розрахунки режимів різання й нормування операції.
9. Проектування розрахунково-технологічної карти (РТК); використовується при ручному способі підготовки програми.
10. Проектування карти програмування.
11. Кодування програми. Запис на програмоносій.

Побудова технологічного маршруту й зміст операцій залежить від технічних вимог до деталі, способу одержання вихідної заготовки, наявності й місця термічної обробки. Принцип побудови маршруту залишається у всіх випадках один – максимальна концентрація операцій, забезпечення повної обробки заготовки з усіх боків з найменшим числом установ і при мінімальній номенклатурі технологічного оснащення.

Після визначення змісту операцій проводиться групування переходів по зонах, утворених конструктивними особливостями заготовки (внутрішній і зовнішній контури, вікна, припливи, фланці й т.п.). У кожній зоні виділяються окремі елементи, для яких устанавлюються вид обробки (чорнова, чистова) і необхідні типорозміри різальних інструмент.

Наступний етап – проектування схем руху інструментів починається з побудови траєкторії робітників і допоміжних (вихід інструмента із зони обробки, холостий хід) переміщень. Схеми руху будуються для кожного інструмента окремо: при невеликому числі інструментів, переходів і робочих ходів можна будувати одну сполучену схему. На схемах робочі переміщення зображують суцільними лініями, допоміжні – пунктирними. Початок і кінець кожного переміщення позначають крапками. Послідовно розташовані опорні крапки, у яких відбувається зміна напрямку руху інструмента або режимів різання, або те й інше, позначають арабськими цифрами. Потім визначають координати опорних крапок.

Після встановлення числа робочих ходів визначаються режими різання. Особливості розрахунків режимів для верстатів зі ЧПК: при обробці стали подача, крім загальних положень, коректується за умовами задовільного формування стружки; рекомендовані періоди стійкості інструментів ухвалюються меншими, чому при обробці на традиційних верстатах, в 1,5...2 рази. Режими різання занижують на 15...30% у порівнянні зі звичайними універсальними верстатами. При нормуванні операції, до основного часу, крім машинного, відносять і час холостих ходів.

В операційній карті вказуються, крім звичайних даних, номер програми, координати нуля деталі, координати опорних крапок; координати технологічних баз і інструментального магазину. Операційна карта може служити одночасно й налагоджувальною.

Карта налагодження складається із графічної частини й таблиці. У графічній частині приводяться ескізи деталі після обробки на кожній установі, схема базування й закріплення заготовки на верстаті й схема розміщення інструментів у різцевій голівці або в магазині. На схемі розміщення інструментів відзначають координати положення вершин інструментів по осях і порядок розташування інструментів у різцевій голівці (магазині). У карті налагодження вказуються також налагоджувальні розміри. Карта налагодження може бути груповий або індивідуальною.

На підставі операційної карти, схем руху інструментів і карти налагодження розробляється розрахунково-технологічна карта (РТК), призначена для ручного способу підготовки програм обробки деталей на верстатах зі ЧПК. РТК містить закінчений проект обробки заготовки у вигляді графічного зображення траєкторії переміщення інструментів з необхідними даними.

У РТК вносяться наступні відомості: модель верстата, тип системи ПК; номер програми; номер базової або опорної крапки, або збільшення й імпульси; подача, частота обертання й напрямок обертання шпинделя для кожної ділянки переміщення інструмента; номер коректора із вказівкою осі переміщення; технологічні команди.

На основі розробленої технологічної документації технолог-програміст розробляє карту програмування, по якій оператор виготовляє керуючу програму для верстата зі ЧПК. У карті програмування вказуються номери кадрів, підготовчі функції, переміщення по осях координат в імпульсах, координати центру криволінійної поверхні, подача, код частоти обертання шпинделя, номер інструмента, допоміжні функції, початок і кінець програми, кінець кадра.

На рис. 8 показаний операційний ескіз обробки вала на токарському верстаті зі ЧПК із вказівкою систем координат, опорних крапок і траєкторії переміщення різця.

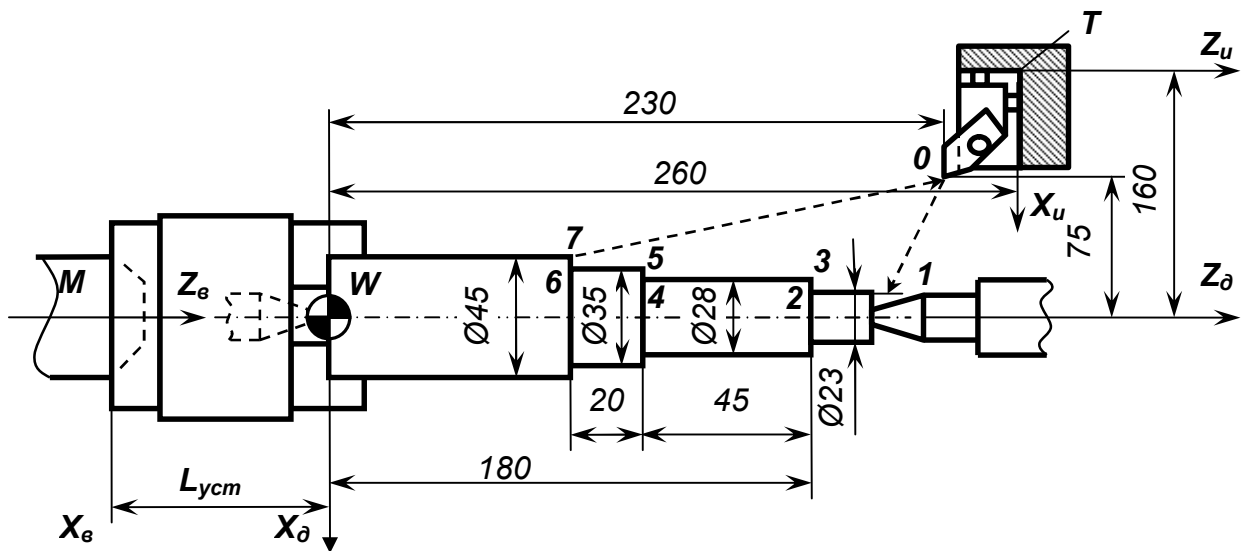


Рис. 8. Операційний ескіз обробки вала на токарному верстаті з ЧПК

6.5. Кодування технологічної інформації й запис її на програмоносії

Для кодування технологічної інформації в системах ЧПК найчастіше застосовують двоїчно-десятковий код: $8(2^3) - 4(2^2) - 2(2^1) - 1(2^0)$.

Запис КП проводиться фразами для кожної елементарної ділянки й виконується звичайно адресною системою.

Для верстатів зі ЧПК найбільше поширення одержав буквено-цифровий код ІСО-7бїт із записом інформації на восьмидоріжну перфострічку; він дозволяє кодувати 128 символів. Першим чотирьом доріжкам (1...4) приписані ваги коду 8421. Доріжки 5, 6 і 7 – доріжки ознак. Доріжка 8 служить для контролю на парність і вона пробивається в тому випадку, якщо на попередніх семи доріжках число отворів непарне.

Нижче наведені основні символи й знаки коду ІСО-7біт: X, Y, Z – переміщення паралельно відповідним до осей; A, B, Z – кут повороту, відповідно, навколо осей X, Y, Z;

G – підготовча функція, яка визначає режим і умови роботи верстата, пристосування (позиціонування, інтерполяція, прискорення, уповільнення, пауза, вибір осей, корекція розмірів інструмента без відліку, постійні автоматичні цикли й ін. – усього 100 команд);

F, E – перша (F) і друга (E) функція подачі;

S – функція головного руху;

N – номер кадра;

M – допоміжна функція (зупинка, кінець програми, напрямок обертання шпинделя, зміна інструмента й ін. – усього 100 команд);

T, D – перша (T) і друга (D) функції інструмента;

% - початок програми;

LF – кінець кадра КП;

± – напрямок переміщення.

На рис. 9 дане зображення кадра N004Z-4500F160S5T01M03LF для обробки поверхні Ø28*45.

Переміщення уздовж осі Z зазначене в імпульсах (1 імпульс = 0,01 мм); S5 – п'ятий щабель обертання шпинделя; M03 – обертання за годинниковою стрілкою.

Програмоносії умовно можна розділити на зовнішні й внутрішні. До зовнішніх програмоносіїв відносять: перфокарти, перфострічки, кіноплівки, магнітні стрічки, магнітні барабани й диски. Внутрішні програмоносії – це штекерні панелі й комутатори, панелі з перемикачами або кнопками, електронно-променеві трубки й ін.

Автоматизація програмування обробки на верстатах зі ЧПК виконується на ПЕОМ за допомогою системи автоматизації програмування (САП), яка реалізує комплекс алгоритмів для розв'язку геометричних і технологічних завдань підготовки КП.

	8	7	6	5	4	T	3	2	1
LF					o			o	
N		o			o		o	o	
0			o	o					
0			o	o					
4	o		o	o			o		
Z		o		o	o			o	
-			o		o		o		o
4	o		o	o			o		
5			o	o			o		o
0			o	o					
0			o	o					
F	o	o					o	o	
1	o		o	o					o
6			o	o			o	o	
0			o	o					
S		o		o				o	o
5			o	o			o		o
T	o	o		o			o		
0		o	o						
1	o		o	o					o
M		o			o		o		o
0			o	o					
3			o	o				o	o
LF					o			o	

Рис. 9. Зображення кадру № 4 на перфострічці в кодї ІСО-7біт

Формування КП системою автоматизації програмування можна розглядати як процес переробки інформації. При цьому вихідна інформація (програма) обробки деталі буде для САП вхідний, а КП – вихідною інформацією.

Блок «Сервіс» переробляє постійну інформацію про верстати, інструменти й матеріалах.

Препроцесор (блок трансляції) кодує й уводить постійну й вихідну інформацію в процесор.

Процесор вирішує завдання, пов'язані з побудовою траєкторії рухи інструментів, переходів, режимів різання.

Результати роботи процесора обробляються постпроцесором, який формує й видає КП і супровідну документацію. Постпроцесор може виконувати й сервісні операції: виведення траєкторії руху інструмента на графобудівник або дисплей, підрахунок штучного часу й тривалості роботи інструментів і ін.

Обладнання числового програмного керування (ОЧПК) з ручним введенням КП забезпечують оперативне програмування із клавіатури пульта безпосередньо із креслення деталі або з операційного ескізу.

Останнім етапом технологічної підготовки є перевірка керуючої програми на верстаті. Якщо відхилення невеликі, то програма не переробляється, а коректується з пульта ЧПК.

Лекція 7

Тема: Технологічні особливості обробки заготовок на верстатах зі ЧПК

7.1. Технологічні особливості обробки заготовок на свердлильних і фрезерних верстатах зі ЧПК

При обробці заготовок на вертикально-свердлильних верстатах зі ЧПК координатні осі сполучають із осями симетрії деталі [13]. Для деталей, які не мають осі симетрії, за початок координат ухвалюють вісь якого-небудь отвору, зв'язаного розмірами з осями інших отворів. Обраний початок координат узгоджується розмірами з технологічними базами.

Перед свердлінням отвору повинні центруватися. Після центрування можливі два основні варіанти послідовності переходу операції:

- 1) кожний інструмент послідовно обробляє всі отвори даного розміру, а потім проводиться зміна інструмента;
- 2) кожний отвір послідовний обробляється всіма інструментами, потім після переміщення стола із заготовкою здійснюється обробка наступного отвору.

Обробку отворів невисокої точності (12...14 квалітети) виконують по першому варіанту, як більш продуктивному. При обробці отворів більш високої точності або із твердими допусками на міжцентрові відстані (менш 0,2 мм)

попередні переходи виконують по першому варіанту, а остаточні (розточування, розгортання, нарізування різьблення) – по другому варіанту.

Якщо кількість обраних інструментів по всіх технологічних переходах перевищує кількість позицій револьверної голівки, то слід використовувати комбінований інструмент або передбачити зупинку в програмі для ручної зміни інструмента.

Для свердлильних верстатів програма складається з кадрів трьох типів, які чергуються:

- 1) головний кадр, у якому задаються інструмент і режими;
- 2) кадр позиціонування, у якому задаються координати отворів;
- 3) цикловий кадр, у якому задається який-небудь постійний цикл із вказівкою його параметрів.

Дія команд по інструменту й режимам обробки поширюється на всі наступні кадри (на весь інструментальний перехід), тобто до появи чергового головного кадра. Якщо структура операції побудована за принципом сталості інструмента, то після головного кадра йде чергування кадрів типу 2 і 3. Якщо структура операцій побудована за принципом сталості оброблюваного отвору, то після кадра позиціонування чергуються кадри типу 1 і 3.

Наявність коректорів дозволяє після переточування інструмента вести обробку без зміни програми.

На фрезерних верстатах зі ЧПК доцільно обробляти заготовки щодо складної конфігурації. Базування таких заготовок проводиться по трьом взаємно перпендикулярним площинам або по площині й двом точним отворам. Найпоширенішим різальним інструментом є кінцеві фрези.

Для фрезерування заготовок в основному використовуються вертикально-фрезерні верстати, у яких вісь Z збігається з віссю шпинделя, вісь X – з напрямком поздовжньої подачі стола, вісь Y – з напрямком поперечної подачі стола. Якщо деталь має осі симетрії, то їх слід ухвалювати за осі координат. У несиметричних деталей за осі координат ухвалюють ті лінії креслення, від яких задана більшість розмірів. За нульову крапку (початок координат) може бути прийнята крапка перетинання взаємно перпендикулярних поверхонь, центр обробленого отвору,

центр симетрії деталі, крапка, яка перебуває поза контуром деталі, наприклад, центр настановного фіксатора на пристосуванні.

При виборі траєкторії робочих переміщень керуються такими правилами:

1. Колодязі обробляти починаючи від центру, а кишені – від середини відкритої сторони.
2. Перший робочий хід поверхні із твердою кіркою виконувати зустрічним фрезеруванням.
3. Обробку не глибоких наскрізних колодязів здійснювати глибинним методом після попереднього свердління. Обробку глибоких колодязів проводити пошарово.
4. Для обробки геометричного масиву, обмеженого окружністю, найкращою траєкторією є спіраль із останнім витком, виконуваним по окружності.
5. При обробці закритих шпонкових пазів під призматичну шпонку необхідно засвердлити отвір для введення фрези або фрезерувати двохкромочною (шпонкової) фрезою.
6. При фрезеруванні внутрішнього контуру, представленого прямими, розташованими під прямим або гострим кутом з радіусом закруглення у вершини, для запобігання зарізу необхідно застосовувати фрезу меншого діаметра.

Структура програми для контурної обробки на фрезерних верстатах зі ЧПК в загальному виді містить:

- 1) головний кадр, у якому задаються режими роботи верстата й системи ЧПК;
- 2) кадр підведення інструмента до оброблюваного контуру із прискореною подачею;
- 3) кадр врізання в припуск і обхід контуру з робочою подачею;
- 4) кадр відходу інструмента у вихідну точку програми із прискореною подачею.

Особливостями програмування фрезерної обробки є більша трудомісткість завдання криволінійних профілів і складність системи корекції, необхідність визначення координат опорних крапок еквідистанти на її криволінійних ділянках

(часто методом апроксимації). Тому для цих видів робіт програми готують переважно автоматизованими методами.

Слід мати через, що рух подачі умовно здійснює не стіл, а фреза.

7.2. Технологічні особливості обробки заготовок на багатоцільових верстатах

Багатоцільові верстати (БВ) дозволяють сполучити операції фрезерування прямолінійних і криволінійних поверхонь, центрування, свердління, зенкування, розгортання, розточування, нарізування різьблення (мітчиками, плашками, різцями, різцевими голівками), кругове фрезерування зовнішніх і внутрішніх циліндричних, конічних і фасонних поверхонь і кругових пазів кінцевими й дисковими фрезами.

Для досягнення високої ефективності БВ усю обробку заготовок прагнуть виконувати на одному верстаті за один – два установки. При обробці заготовок малої твердості й з більшими припусками технологічний процес розділяють на операції чорновий і наступної після термообробки чистової обробки.

Площин фрезерування торців й кінців фрез з твердосплавними багатогранними пластинами, що непереточуванні (БНП). Для одержання поверхонь із малою шорсткістю при малих припусках застосовують торцеві фрези із пластинами з ельбору й мінералокераміки. Пази, вікна й уступи звичайно обробляють кінцевими фрезами, оснащеними твердосплавними пластинами.

На БВ отвори глибиною до 80 мм можуть бути оброблені фрезеруванням, для цього фрезі повідомляють кругову подачу. Особливо успішно використовується кругове фрезерування для попередньої обробки отворів у литих заготовках.

Співвісні отвори в протилежних стінках корпусних деталей обробляють на БВ консольно закріпленими інструментами послідовно, з поворотом заготовки разом зі столом верстата на 180°.

При обробці отворів осьовим інструментом і високих вимогах до точності й формі отворів, їх обробляють повністю окремо, зі зміною інструментів у кожного отвору й переміщенням шпинделя тільки по осі Z. А якщо ні, то погрішність обробки буде збільшуватися за рахунок погрішності позиціонування. Значно

підвищується продуктивність обробки отворів при використанні комбінованих інструментів.

Велика кількість оброблюваних поверхонь, наявність декількох робочих ходів при обробці кожної поверхні, значне число інструментів у магазині ускладнюють вибір плану операцій обробки деталей на багатоцільовому верстаті. Можливостей при виборі плану операцій досить багато, але є кілька загальних принципів, якими слід керуватися при цьому:

- чим вище точність елемента конструкції, тем пізніше слід його обробляти;
- спочатку слід планувати чорнову обробку, потім чистову;
- чим менше час спрацьовування виконавчого органа (зміна інструмента, поворот стола й ін.), тем частіше цей орган повинен функціонувати;
- для деталей з більшими припусками повинні бути передбачені розвантажувальні операції, частина яких доцільно виконувати на універсальному або спеціалізованому встаткуванні.

При виборі плану операцій обробки деталей на БВ необхідно використовувати типові схеми обробки, рекомендовані відповідними нормативними документами. У цих документах пропонується послідовність переходів операцій залежно від типу деталі й заготовки, від виду оброблюваних поверхонь і їх точності і т.д.

Різноманітність операцій, виконуваних на багатоцільових верстатах зі ЧПК, визначає й складності програмування обробки деталей на цих верстатах. У циклі обробки однієї деталі можуть бути операції різної складності, здійснювані в різних площинах різними інструментами. При цьому програмуванню підлягає безліч допоміжних переходів (заміна інструмента, зсуву й повороти деталі й ін.).

Сучасні ОЧПК, що забезпечують функціонування БВ, оснащені мікропроцесорними обладнаннями. Це дозволяє програмувати обробку деталей із широким використанням різних постійних циклів, стандартних, типових і розроблювальних у процесі програмування підпрограм. Значно спрощує програмування обробки можливість завдання в КП запрограмованих повторень. У цьому випадку в КП досить указати номери кадрів і число їх повторів.

Переміщення, подачі й частоти обертання шпинделя при обробці деталей на БВ координують у загальному виді також, як і в КП для інших верстатів. Лінійні переміщення сучасні ОЧПК дозволяють задавати в мм із точністю до третього або четвертого знака (після умовної коми) без перерахування величин у кількості імпульсів. Повороти столів координують або значенням кута в градусах, або цифровим кодом при використанні відповідного адреси.

Подачу й частоту обертання шпинделя кодують із зазначенням адреси F або S і числового дійсного значення, тобто в мм/хв або об/хв. Деякі ОЧПК дозволяють задавати подачу як у мм/хв, так і в мм/об, що регулюється командами G 94 і G 95. У всіх ОЧПК реалізується можливість корекції заданих в КП значень подачі й частоти обертання шпинделя установкою відповідних перемикачів на пульті ОЧПК.

При складанні КП для порівняно простих деталей можливо покадрове програмування всієї обробки деталі від початку до кінця. Для більш складних деталей програмування зручне вести по етапах (по елементах деталі або по інструментах) визначаючи окремі етапи як підпрограми. Постійні (типові) підпрограми, складені для різних інструментів, охоплюють найбільше часто повторювані схеми й цикли обробки. Наявні для даного ОЧПК підпрограми, оформлені у вигляді каталогу, прикладені до інструкції із програмування, або можуть бути викликані з пам'яті ПЕОМ ОЧПК у вигляді своєрідного меню. Використання постійних підпрограм значно спрощує програмування й скорочує час підготовки КП, знижує частоту помилок програмування.

Сучасні моделі ОЧПК дозволяють вести оперативне програмування шляхом уведення інформації безпосередньо з пульта ОЧПК. Робота ведеться в діалоговому режимі з відображенням даних на екрані дисплея, що сполучає алфавітно-цифрову й графічну інформацію. По команді на екран дисплея може бути викликана кожна з наявних у пам'яті ОЧПК підпрограм. При цьому траєкторія інструмента (у різних площинах) висвітлюється на екрані дисплея.

Послідовне введення підпрограм, даних інструмента і його режимів і іншої інформації дозволяє в діалоговому режимі повністю сформувати КП безпосередньо по кресленню оброблюваної деталі. Ця програма може бути введена на згадку

ОЧПК й спрацьовуватися; при необхідності КП може бути виведена на перфаторатор і оформлена у вигляді перфострічки або записана на магнітний диск.

Лекція 8

Тема: Технологічна підготовка виробничих систем та модульна технологія

8.1. Технологічна підготовка гнучких виробничих систем

Дрібносерійне й середньосерійне виробництво виробів при традиційній організації мають ряд істотних недоліків:

- 1) обмежена продуктивність через ручне обслуговування й керування верстатів;
- 2) низький рівень використання капітальних вкладень і повільний оборот засобів (машинний час становить 6...10% від загального фонду часу встаткування);
- 3) складність обробки у зв'язку із багатоопераційністю й багатомноменклатурністю, а також більшою різноманітністю верстатів, використовуваних на різних операціях;
- 4) великий обсяг незавершеного виробництва.

Ці недоліки усуваються при переході до нової технології на основі гнучких автоматизованих виробництв, керованих ПЕОМ.

Гнучке автоматизоване виробництво (ГАВ) – це виробнича система (гніздо, лінія, ділянка, цех, завод), у якій реалізується автоматизовано комплексно-автоматизоване (автоматичне) групове багатомноменклатурне виробництво, що оперативне перебудовується в певному параметричному діапазоні продукції, а робота всіх функціональних компонентів (модулів) синхронізується як єдине ціле багаторівневою автоматизованою системою керування [6].

ГАВ – організаційно-технічна виробнича система, що дозволяє в дрібносерійному й серійному багатомноменклатурному виробництві замінити з мінімальними витратами й у короткий строк продукцію, що випускається, на нову.

У структурі гнучкої автоматизованої системи можна виділити п'ять підсистем: технологічну, міжопераційну, керування, технологічної підготовки виробництва й

сервісу. Кожна із цих підсистем являє собою людино-машину, у якій трудові функції виконуються ПЕОМ, а творчі функції – конструкторами, технологами й організаторами виробництва, що працюють на автоматизованих робочих місцях.

У результаті такої інтеграції створюються програми виробництва, диференційовані до рівня технологічних операцій і черговості запуску партій об'єктів у виготовлення, а також програми, що управляють роботою вхідного в систему встаткування.

Технологічна підсистема ГАВ являє собою сукупність основного й допоміжного технологічного встаткування й реалізованого на ньому технологічного виробничого процесу, у т.ч. контрольних і транспортних операцій.

Міжопераційна підсистема – сукупність технічних засобів міжопераційного обслуговування заготовок, напівфабрикатів і готової продукції, у т.ч. і міжопераційного транспортування, маніпулювання й проміжного нагромадження (зберігання) об'єктів виробництва.

Підсистема керування – сукупність ієрархічно організованих і взаємодіючих між собою комплексів організаційно-технологічної автоматизованої системи керування й автоматизованої системи керування технологічними процесами функції, що реалізують, планування, контролю, оперативно-виробничого диспетчерування, локального й групового керування встаткуванням.

Підсистема технологічної підготовки виробництва ГАВ являє собою автономну частину системи технологічної підготовки виробництва підприємства, що включає комплекс автоматизованого проектування й налагодження технологічних процесів і керуючих програм, об'єктів виробництва, пристосувань і інструментів, а також комплекс оперативного їхнього редагування.

Підсистема сервісу ГАВ виконує функції підтримування надійності роботи всього встаткування і його систем керування, а також швидкого відновлення працездатності при можливих відмовах і збоях.

Основними функціями ГАВ є виробничі й інформаційні. Виробничі функції реалізуються технологічною підсистемою в автоматичному режимі технологічного процесу по випускові певної продукції; вони вирішуються за допомогою

специфічних для кожного виробництва технологічних засобів, які побудовані на модульній основі.

Інформаційна функція реалізується підсистемою керування ГАВ процесів збору, обробки й пред'явлення інформації про стан елементів ГАВ і результатах виробництва лінійному й функціональному персоналу, суміжним керуючим ланкам, підсистемам сервісу й технологічної підготовки виробництва в автоматизованому режимі.

Комплекс основного встаткування містить модулі обробки (складання), контролю якості продукції, адаптивного й оптимального ведення технологічного процесу, робототехніки, міжопераційного транспортування й нагромадження, складування й комплектації.

Специфічними особливостями технологічної підготовки ГАВ є використання принципове нових методичних основ побудови ТП і переналагоджуваних засобів гнучкої автоматизації – промислових роботів (ПР). ПР можуть вбудовуватися в існуючу технологічну лінію або проектувати разом з технологічною лінією як складова частина основного або допоміжного устаткування ГАВ.

Підготовка гнучкого виробництва містить у собі наступні етапи [6]: аналіз виробництва, вибір складу ГАВ і групування об'єктів виробництва, проектування технологічних процесів, проектування й виготовлення засобів технологічного оснащення складу ГАВ, створення ГАВ, налагодження ГАВ, організацію й керування процесом технологічної підготовки.

При аналізі виробництва визначається технологічна група деталей для даної ГАВ. За результатами цієї роботи, звичайно проведеної за допомогою ПЕОМ, визначаються місця можливого й найбільш раціонального впровадження ГАВ.

При групуванні вихідна безліч даних розбивається на групи еквівалентності й відбираються або синтезуються елементи – представники кожного класу. Групування даних необхідно при уніфікації й стандартизації деталей, технологічних процесів, устаткування, а також при класифікації деталей по конструктивно - технологічним ознакам основою, що є, створення групового методу виробництва й вибору складу ГАВ.

При проектуванні ТП розрізняють загальні й приватні завдання. Під спільним завданням розуміють створення оптимальних ТП по одному або сукупності критеріїв оптимальності. До приватних завдань ставляться прогнозування надійності ТП, синхронність операцій за штучним часом, мінімальні транспортні переміщення деталей і т.п.

У сучасному машинобудуванні найбільше поширення одержують методи проектування процесів на базі типових розв'язків, основою яких є класифікація деталей по конструкторсько-технологічних ознаках. Це дозволяє проектувати ТП для виготовлення всіх деталей (з'єднань) даного класу, що базуються на подібних високопродуктивних методах обробки й складання з використанням механізованих і автоматизованих засобів виробництва.

Після розробки ТП здійснюється вибір або проектування й виготовлення пристосувань і інструментів, що комплектують ПР. Залежно від виконуваних функцій ПР може оснащуватися допоміжним контрольним і мір'яльним інструментом, обладнаннями, що забезпечують очищення баз деталі й устаткування, а також інструментом для виконання основних операцій (складання, зварювання і т.д.). Виконання технологічним оснащенням своїх функцій здійснюється по командах системи керування робота.

У заключній стадії підготовки гнучкого виробництва монтують і налагоджують основне й допоміжне устаткування, виконують повузлові і загальний монтаж, налагодження й випробування всіх вузлів і систем у цілому. Закінчивши випробування й налагодження, ГАВ передають у постійну експлуатацію.

Створення ГАВ пов'язане з реалізацією складного комплексу організаційно-технічних заходів. Тому актуальною є завдання створення автоматизованої системи технологічної підготовки (АСТП) ГАВ, яка повинна забезпечити всі стадії технологічної підготовки.

АСТП ГАВ складається із двох груп систем: загального й спеціального призначення. Система загального призначення включає керуючу систему й систему інформаційного забезпечення. Керуюча система необхідна для розв'язку питань планування, взаємодії, контролю й регулювання. Вона зв'язує всі системи воєдино й

організує їхнє погоджене функціонування. Система інформаційного забезпечення служить для постачання інформацією технолога або оператора й програмної системи, організації взаємодії програмних систем, формування технічної документації і її тиражування.

Система спеціального призначення застосовується для розв'язку конкретних завдань ТП ГАВ, наприклад, завдання по визначенню областей найбільш ефективного впровадження ГАВ і розробці рекомендацій з підготовки заводу до їхнього впровадження.

У заключному етапі АСТП ГАВ формується документація й керуюча програма. Важливими документами є карти налагодження, розрахунково-технологічні карти, ескізи установки заготовок, циклограми роботи встаткування. Маршрутні й операційні карти в основному мають довідкове значення; використовуються для АСТП і для операцій, виконуваних поза ГАВ.

КП розробляються для основних і допоміжних операцій, для операцій автоматичного підналагодження, роботи завантажувально-розвантажувальних роботів-маніпуляторів, керування робочими органами верстатів.

8.2. Основні принципи модульної технології

Існуючі методи проектування технологічних процесів не задовольняють вимогам продуктивності, гнучкості й простоти проектування самих техпроцесів через недосконалість класифікації деталей і поверхонь. Об'єктом класифікації є деталь, а першою ознакою – її геометрія без обліку службових ознак. При збільшенні номенклатури виробів і зниженні серійності виробництва їх випуску збільшуються обсяги технологічної підготовки, немає гнучкості виробництва; використовується широкий типаж устаткування, як правило, послідовної дії для одного типу поверхонь.

Модульна технологія використовує переваги типової й групової технології, надає гнучкість техпроцесу завдяки можливості оперативної зміни послідовності операцій. Модульна технологія заснована на тому, що яка-небудь деталь може бути зображена сукупністю модулів поверхонь, яка підібрана з обмеженої номенклатури таких модулів [2].

Модуль поверхні (МП) – це комплект поверхонь (в окремих випадках може бути одна поверхня), призначений для спільного виконання тієї або іншої службової функції деталі. Об'єктом класифікації є не деталь у цілому, а поверхні, які виконують її автономні службові функції.

Усі поверхні деталей можна розділити на дві основні групи – виконавчі (базові й робітники) і сполучні. Одні поверхні можуть виконувати тільки одну із двох функцій, інші – обидві функції. Базові поверхні можуть бути двох видів – основні й допоміжні. Сполучні поверхні поєднують виконавчі поверхні в єдине просторове тіло – деталь; вони не повинні викликати дисбаланс, заважати деталі виконувати своє службове призначення.

При класифікації МП формуються спочатку за службовою ознакою, а потім по конструктивних і геометричних ознаках. Усі МП за службовою ознакою ділять на три класи: базові (МПБ), робітники (МНР) і сполучні (МШС). У кожному класі МП групуються по конструктивних ознаках з урахуванням характеру розміщення й геометрії поверхонь.

На рис. 10 показані приклади модулів поверхонь.

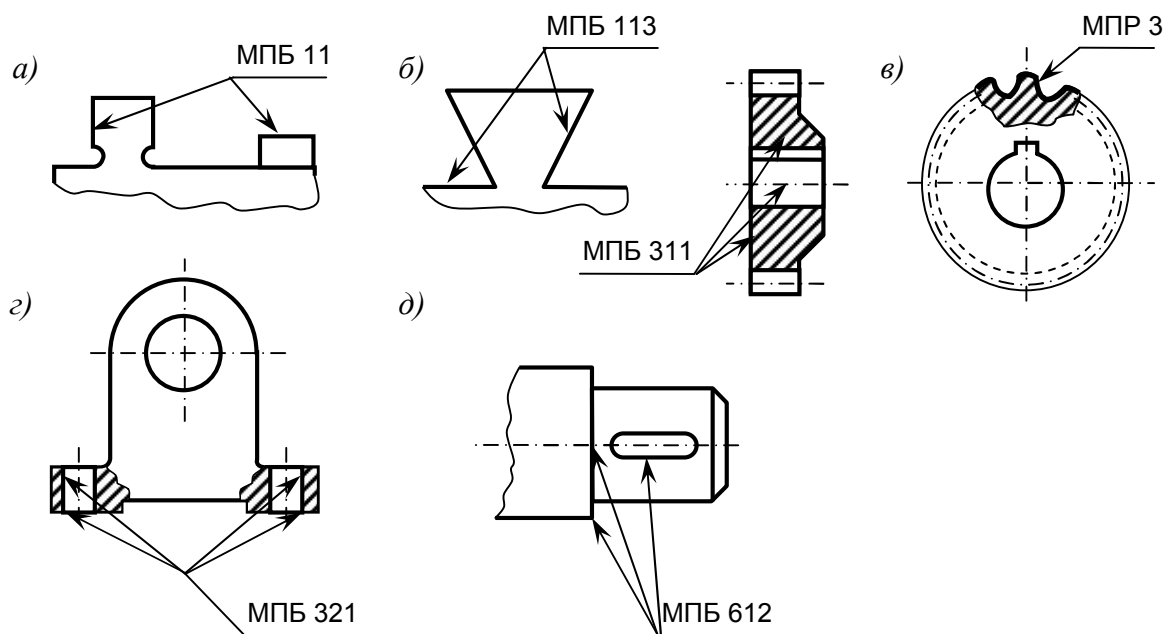


Рис. 10. Модулі поверхонь:

а, б - МПБ напрямних верстата; в - МПБ і МНР шестерні;

г - МПБ корпусу; д - МПБ вала

Усі поверхні деталей укладаються в 26 МП; будь-яку деталь можна розділити на МП у межах класифікації. Обмеження номенклатури класифікації скорочує обсяг і строки технологічної підготовки виробництва. Для кожного МП повинне бути розроблене трохи типових техпроцесів залежно від габаритів, матеріалу, точності, якості поверхні й ін., які будуть придатні для будь-якого підприємства незалежно від типу виробництва.

Трохи різноманітних МП із технологічною спільністю виготовлення поєднують в інтегральний модуль (МПП). Тоді кількість груп скорочується й доцільно для кожного МПП створити верстатний модуль (ВМ), наприклад, для модулів МБП (рис. 10, в) верстат за один установку заготовки повинен обробити поверхню торця, отвір і шпонковий паз, тобто обробити весь комплект баз.

У загальному випадку верстатний модуль повинен містити в собі багатошпindelний верстат, магазин інструментів, магазин пристосувань, заготовок і промисловий робот. Кожний СМ може мати розмірний і точнісний ряд.

Для проектування модульного технологічного процесу необхідні наступні вихідні дані: креслення деталі; номенклатура МП, їх конструкторські й розмірні зв'язки; вимоги по точності і якості оброблюваних поверхонь; перелік МПП з типовими технологічними блоками їх обробки, номенклатура СМ. Модульний техпроцес проектує з типових техпроцесів (блоків) виготовлення МП, з яких полягає деталь.

З'єднання модульної технології з відповідним верстатним забезпеченням дозволяє використовувати в одиничному й дрібносерійному виробництві потоковий метод на кожному верстаті, скоротити витрати на встаткування, підвищити точність обробки й знизити трудомісткість технологічної підготовки виробництва.

Магістральне застосування модульного принципу в побудові машинобудівного виробництва дозволить зробити якісний стрибок у підвищенні ефективності машинобудівного комплексу за рахунок:

- організації виробництва по поточковому методу незалежно від розміру партій, що випускаються виробів;
- зниження різноманітності технологічних засобів;
- збільшення терміну служби модулів технологічних засобів до їхнього

фізичного або морального зношування;

- створення єдиної елементної бази машинобудування і її широкої уніфікації;
- побудови високоефективних гнучких і мобільних виробництв, здатних у стислий термін з мінімальними витратами переходити на випуск нової продукції;
- можливості управляти розвитком машинобудування, швидко пристосовуючи його до мінливих потреб суспільства.

На переважній більшості вітчизняних машинобудівних підприємств за останні роки практично не обновлявся парк основного технологічного встаткування і його фізичне й моральне зношування становить 70% і більш. Одночасно відбулася втрата кадрового потенціалу.

На розв'язок зазначеної проблеми традиційним шляхом через недолік потужностей верстатобудівних підприємств, кваліфікованих кадрів і відсталого встаткування буде потрібно тривалий час і більший фінансові ресурси. Звідси випливає, що проблема відродження вітчизняного машинобудування повинна вирішуватися нетрадиційним шляхом.

Розв'язок цього завдання можливо за допомогою побудови модульного машинобудівного виробництва, що дозволить здійснити переозброєння машинобудівного комплексу з мінімальними витратами матеріальних, трудових і фінансових ресурсів, і в стислий термін вивести його на сучасний рівень.

Лекція 9

Тема: Автоматизоване проектування технологічних процесів (АТП)

При неавтоматизованому проектуванні ТП тільки незначна частина часу (близько 10%) використовується на творчу роботу, а решта час технолог витрачає на пошук необхідної інформації й оформлення результатів проектування. АТП на базі ЕОМ дозволяє прискорити розробку ТП, підвищити продуктивність праці технологів, звільнити їх від рутинної роботи й зробити їхню працю творчою.

При АПТП завдання можуть вирішуватися в пакетному або діалоговому режимі. Пакетний режим передбачає автоматичний розв'язок завдань по раніше складених програмах без втручання проектувальника в процес проектування. Він може перервати хід проектування й змінити вихідні дані для повторного проектування по тій же програмі.

Діалоговий режим забезпечує можливість на якому-небудь етапі проектування вибирати кращий варіант розв'язку із числа варіантів, пропонованих ПЕОМ. Цей режим дає можливість технологіві активно втручатися в хід проектування, змінювати або доповнювати вихідні дані, змінювати послідовність етапів проектування, виключати деякі етапи, ухвалювати розв'язки без ПЕОМ.

Система автоматичного проектування технологічних процесів (САПР ТП) механічної обробки деталей містить ряд підсистем за рішенням окремих завдань проектування: розробка маршрутної технології, операційної технології, розрахунки режимів різання й норм часу, проектування автоматних операцій, операцій для верстатів зі ЧПК і т.д.

САПР ТП є частиною автоматизованої системи технологічної підготовки виробництва (АСТПВ), а АСТПВ, у свою чергу є частиною (підсистемою) автоматизованої системи керування виробництвом (АСУВ) підприємства.

Структурно-ієрархічний зв'язок систем автоматизації вимагає використання загальних принципів їх розробки, наявності загальної методологічної основи й термінології, формалізованої мови, систем кодування, наступності математичного забезпечення, єдиної інформаційної бази й т.п.

Розробка, впровадження й використання САПР ТП пов'язане з одноразовими й поточними витратами. Ці витрати повинні перекиватися економічним ефектом автоматизованого проектування. Ефект досягається в результаті зниження трудомісткості самого процесу проектування, підвищення якості виробів, зменшення витрати інструментів, а також за рахунок оптимізації прийнятих розв'язків, оптимізації режимів різання, оптимізації припусків на обробку й т.п.

Велика різноманітність систем АПТП можна звести до двом типам: універсальна система, у якій за основу прийнята класифікація поверхонь деталей з наступним багатокроковим синтезом технологічних процесів; типова система, у якій

за основу прийнята класифікація деталей по конструктивно-технологічних ознаках [8].

До складу універсальної системи АПТП входять:

- класифікатор елементарних оброблюваних поверхонь; комплект формалізованих мов для опису конфігурації деталей, для опису структури технологічного процесу і т.д.;
- набір (бібліотека) типових схем (планів, маршрутів) обробки поверхонь залежно від розміру поверхні, типу виробництва й інших умов;
- бібліотека (банк) постійної інформації у вигляді розрахункових рівнянь і таблиць, коефіцієнтів до них, нормативних довідкових матеріалів для вибору операційних допусків, устаткування, інструментів, норм часу й т.п.;
- система кодування постійної й змінної (про деталь) інформації й форми вхідної й вихідної документації;
- керуючий алгоритм і алгоритми для розв'язку окремих завдань проектування;
- програми для ПЕОМ, підготовлені на перфострічках, перфокартах і інших програмоносіях.

На програмоносій переноситься також масив постійної інформації.

Проектування техпроцесу по універсальній системі АПТП починається із заповнення інформаційної карти або таблиці кодованих відомостей (ТКВ) на задану деталь. На підставі інформації про деталь, а також по наявних у запам'ятовувальному пристрою ПЕОМ програмам і масивам постійної інформації, виконується машинне проектування техпроцесу. Ця система перспективна при проведенні всього комплексу робіт технологічної підготовки виробництва, включаючи й проектування пристосувань і інструментів на ПЕОМ.

Універсальна система АПТП знаходить обмежене застосування через свою складність, а також через необхідність затрачати багато часу на кодування інформації про конструкцію деталі.

В основу типової системи АПТП покладені принципи типізації техпроцесів разом із класифікацією деталей по конструктивно-технологічних ознаках. У типовій

системі маршрутної й операційної технології на конкретну деталь вибирається зі зведених (типових), що зберігаються в пам'яті ПЕОМ.

До складу типової системи АПТП входять:

- класифікатор деталей стосовно до номенклатури заводу;
- інструкція із класифікації й групуванню деталей;
- методика розробки зведеного (типового) технологічного процесу – маршрутної й операційної;
- бібліотека типових (групових) техпроцесів;
- бібліотека (банк) постійної нормативно-довідкової інформації, таблиць, розрахункових рівнянь, інформації про умови виробництва деталей;
- інформація й таблиці для кодування інформації про деталь, структури технологічного процесу і т.д.;
- керуючий алгоритм і алгоритм розв'язку окремих завдань;
- керуюча програма, а також програми (підпрограми) розв'язку окремих завдань проектування.

Класифікація деталей проводиться по конструктивно-технологічних ознаках таким чином, щоб обробку можна було виконувати по загальному (типовому або груповому) технологічному процесу. Більшу роль при класифікації відіграють межі змін за кожною ознакою. Звичайно межі варіювання ознак установлюють таким чином, щоб число найменувань деталей у групі становило 20...30 для складних конфігурацій, 50...80 для середніх і 100...300 для простих (нормалі, кріплення й т.п.). Для класифікації доцільно використовувати обчислювальну техніку.

Для кожної класифікаційної групи (типу) необхідно розробити креслення представника – комплексної деталі. Усі поверхні комплексної деталі нумеруються й наносяться літерні позначення всіх розмірів. Для розмірів довжини проставляються всі їх можливі варіанти, які можуть зустрітися в різних деталях групи. На кресленні комплексної деталі вказуються граничні значення класифікаційних ознак даної групи деталей.

Відповідальним етапом є розробка зведеного типового технологічного процесу, оскільки в типовій системі АПТП він виконує роль матриці, по якій «штампуються» технологічні процеси на задані деталі. Зведений типовий ТП

розробляється стосовно до комплексного представника групи (типу) деталей, він складається зі зведеного маршруту й зведених операцій.

У зведений маршрут може бути включено кілька варіантів окремих операцій. В операційну карту зведеного ТП заноситься кілька варіантів, що витримуються на переході розмірів, які відповідають декільком варіантам, що зустрічаються, завдання розмірів у конкретних деталей групи.

Для розглянутої системи АПТП доцільно вихідну інформацію розділити на три види: постійну, групову й змінну. Постійна інформація містить загальні багаторазово використовувані дані: найменування операцій і переходів, типорозміри й паспортні дані встаткування, таблиці й формули для виконання розрахунків припусків на обробку, режимів різання, норми часу й т.п. У якості групової інформації служать типові маршрутні й операційні технології, розроблювальні для даної групи деталей. До складу змінної інформації входять дані про деталь і заготовці.

Робота із проектування зведених типових ТП виконується тільки при створенні й у перші роки функціонування типової системи АПТП. Згодом у бібліотеці системи буде накопичений набір зведених процесів для всіх груп деталей, на які буде класифікована номенклатура виробів цеху або заводу. Надалі буде потрібно тільки коректування зведених процесів з використанням нових методів обробки, устаткування, інструментів і т.д. Процес алгоритмізації починається зі складання загальної блок-схеми розв'язку завдання проектування технологічного процесу.

Вона складається з окремих логічно закінчених приватних алгоритмів, розташованих у такій послідовності в який відбувається проектування технологічного процесу. У свою чергу, кожний приватний алгоритм розгортається в окрему блок-схему [8].

Типова схема АПТП також передбачає вибір оптимального варіанта технологічного процесу шляхом переадресації на алгоритм 2 з наступним багаторазовим розрахунками трудомісткості. Обраний оптимальний варіант технологічного процесу подається на печатку.

По алгоритму 3 проводиться попереднє формування маршрутної технології. Якщо в інформації про деталь не зазначений варіант (номер) маршруту, то він

установлюється на основі аналізу загальних ознак: виду заготовки, необхідності термообробки й механічних властивостей матеріалу деталі. Потім з типового маршруту вибираються тільки ті операції, які необхідні для даної деталі. На цьому ж етапі по максимальних розмірах оброблюваних поверхонь уточнюється модель устаткування, а по номеру базової поверхні і її граничним розмірам вибирається тип оснащення.

По алгоритму 4 проводиться попередній вибір складу переходів. Одночасно, якщо в переході типової операційної технології задано кілька комбінацій розмірів, вибирається та комбінація, усі розміри якої задані в кресленні даної деталі.

Алгоритм 5 призначений для виключення «зайвих» переходів і операцій, якщо на попередніх переходах можна забезпечити зазначені в кресленні вимоги точності й шорсткості поверхні.

По алгоритму 6 вирішується складне логічне завдання встановлення послідовності переходів, у яких витримуються лінійні розміри. Алгоритм 6 побудований таким чином, що заданий порядок чистових переходів в операції зберігається лише в тому випадку, якщо в попередніх переходах оброблені вихідні бази (границі) розмірів, що витримуються в наступному переході. А якщо ні, то цей наступний перехід переноситься на нове місце й розташовується за переходом, на якому обробляється відсутня вихідна база. Така зміна послідовності переходів дозволяє уникнути перерахування розмірів і пов'язаного з ним жорсткості допусків технологічних розмірів. В операціях чорнової обробки зберігається заданий порядок переходів.

Якщо в типовому ТП не вказуються методи обробки отворів, то вводиться алгоритм 7, призначений для визначення методів обробки циліндричних отворів.

Алгоритм 8 складається із двох зв'язаних між собою частин: визначення припусків на обробку й розрахунки операційних розмірів. Метод розрахунків припусків безпосередньо не пов'язаний із системою АПТП, тому в типовій системі може бути використаний диференційно-аналітичний метод, як це здійснюється в універсальній системі АПТП. Розрахунки операційних розмірів проводиться шляхом послідовного додатка (для охоплюваних розмірів) або вирахування (для розмірів, що охоплюють) припусків до заданих по кресленню розмірів деталі.

При розв'язку технологічного завдання взаємодія технолога-проектувальника з ПЕОМ представляє процес обміну інформацією в певному режимі. Розрізняють два основні режими: пакетний (автоматичний) і діалоговий (оперативний).

При пакетному режимі технолог-користувач і програміст, як правило, не мають прямого зв'язку з ПЕОМ. Тексти програм, результати їх перевірки й розв'язку технологічного завдання передаються через оператора машині. Пакет прикладних програм представляє комплекс програм, що працюють під управлінням програми-монітора, і призначений для розв'язку певного класу близьких один одному технологічних завдань, наприклад, проектування технологічного маршруту обробки деталей певного класу (групи), складання вузлів і складальних операцій заданого типу. Прикладами пакетного режиму є вище розглянуті системи АПТП – універсальна й типова.

При діалоговому (оперативному режимі) технолог-проектувальник-користувач безпосередньо пов'язаний з ПЕОМ через індивідуальний термінал або абонентський пункт (друкарську машинку, телетайп, дисплей). Він одержує повідомлення від ПЕОМ досить швидко й ухвалює рішення щодо пропонуваніх ПЕОМ варіантам.

Проста діалогова система АПТП «Партнер», яка розроблена на Дніпропетровському Південному машинобудівному заводі, реалізована на персональних комп'ютерах. Діалог здійснюється за допомогою тих термінів і понять, якими технолог користується щодня.

Процес проектування підтримує системна база даних, яка закладена в комп'ютер раніше; вона забезпечує вибір наступних даних для технологічного процесу: устаткування, пристосування, що ріжуть і вимірювальні інструменти, ЗОР, тексти операцій і переходів, вимоги техніки безпеки.

При проектуванні технологічного процесу «Партнер» послідовно пропонує текстові або графічні меню, запитує в технолога додаткову інформацію й на підставі відповідей технолога формує інформаційну модель технологічного процесу. Згода технолога завершується натисканням клавіші «Enter» («Уведення»).

У комплект технологічної документації, яку розробляє «Партнер», входять: титульний аркуш, маршрутна карта, карта ескізів, операційна карта, карта технологічного контролю, аркуш реєстрації змін технологічного процесу.

Згенерований технологічний процес можна «перегорнути» на екрані. Якщо технолог задоволений результатом перегляду, то він виводить увесь документ або частину його на печатку.

Діалоговий режим ефективний при розв'язку творчих завдань, коли потрібен евристичний підхід (розпізнавання геометричних образів деталей, розмірних і топологічних зв'язків між елементарними геометричними образами з метою оптимального вибору схем базування, проектування маршруту обробки заготовок, складання виробу й ін.). Ці й багато інші завдання можуть бути вирішені ефективно лише шляхом синтезу творчих процесів людину й «здатностей» машинних програм.

При діалоговому режимі значно збільшуються витрати на створення програмного забезпечення й на проектування. Для зменшення цих витрат створюються автоматизовані системи проектування технологічних процесів у режимі діалогу з наступним переходом до пакетного (автоматичного) режиму більш високого рівня шляхом використання програм навчання, розроблених на підставі досвіду проектування й формування алгоритмів класифікації, генерування понять.

У цей час у машинобудуванні використовуються й одержують подальший розвиток комплексні (інтегровані) системи виробництва виробів, що здійснюють конструювання виробів, технологічне проектування, підготовку керуючих програм для встаткування із програмним керуванням, виготовлення деталей, складання виробу, упакування й транспортування готової продукції. Особливо важливі такі системи для гнучкого автоматизованого виробництва виробів у машинобудуванні.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Автоматизация проектирования технологических процессов в машиностроении / В.С.Корсаков, К.Х.Темпельхоф и др.; Под общ. ред. Н.М.Капустина. – М.: Машиностроение, 1985. – 304с.
2. Базров Б.М. Модульная технология в машиностроении / Б.М. Базров. Воробьев Л.Н. М.: Машиностроение, 2001. – 368 с.
3. Балакшин Б.С. Теория и практика технологии машиностроения: В 2-х кн. / Б.С. Балакшин. – М.: Машиностроение, 1982 – Кн.2. Основы технологии машиностроения. 1982. – 367 с.
4. Воробьев Л.Н. Технология машиностроения и ремонт машин: Учебник для вузов / Л.Н. Воробьев. – М.: Высш. школа, 1981. – 344 с.
5. Гжиров Р.И. Программирование обработки на станках с ЧПУ: Справочник / Р.И. Гжиров, П.П. Серебrenицкий. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1990. – 588 с.
6. Гибкие автоматизированные производственные системы / Под ред. Л.С.Ямпольского, – К.: Техника, 1985. – 280 с.
7. Егоров М.Е. Технология машиностроения. Учебник для вузов / М.Е. Егоров и др. – М.: Высшая школа, 1976. – 534 с.
8. Иващенко И.А. Проектирование технологических процессов производства двигателей летательных аппаратов: Учеб. пособие для авиационных вузов / И.А. Иващенко. – М.: Машиностроение, 1981. – 224 с.
9. Кане М.М. Основы научных исследований в технологии машиностроения / М.М. Кане. – Минск,: Вышешая школа, 1987. – 232 с.
10. Картавов С.А. Технология машиностроения (специальная часть) / С.А. Картавов. – К.: Вища школа, 1984. – 272 с.
11. Ковшов А.Н. Технология машиностроения / А.Н. Ковшов. – М.: Машиностроение, 1987. – 320 с.
12. Руденко П.О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні / П.О. Руденко. – К.: Вища школа, 1993. – 414 с.

13. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.1 / Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К.Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985. – 656 с.
14. Технология машиностроения. В 2-х т. Т.1. Основы технологии машиностроения: Учебник для вузов / В.М. Бурский, А.М.Дальский и др.; Под ред. А.М.Дальского. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2001. – 564 с.
15. Технология машиностроения: В 2-х т. Т.2. Производство машин: Учебник для вузов / В.М.Бурцев, А.С.Васильев и др., Под ред. Г.Н.Мельникова. – М.: Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана, 2001. – 640 с.
16. Цехмистро И.С. Основы технологии машиностроения. Учебн. пособие / И.С. Цехмистро, В.С. Гришин. – Днепропетровск: ГМетАУ, 1997. – 116 с.

Навчальне видання

**ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ
ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ**

Курс лекцій

Укладач: **Марченко** Дмитро Дмитрович

Формат 60x84 1/16. Ум. друк. арк. 5,05.

Тираж 100 прим. Зам. № ____

Надруковано у видавничому відділі
Миколаївського національного аграрного університету
54020, м. Миколаїв, вул. Георгія Гонгадзе, 9

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК №4490 від 20.02.2013 р.