

ФАКУЛЬТЕТ ЕКОНОМІКИ ТРАНСПОРТУ

**Кафедра економіки та управління виробничим
і комерційним бізнесом**

В.Л. Дикань, Н.Є. Каличева

**ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДІВНИХ
ПІДПРИЄМСТВ**

Конспект лекцій

Харків - 2014

Дикань В.Л., Каличева Н.Є. Технологія машинобудівних підприємств: Конспект лекцій. – Харків: УкрДАЗТ, 2014. – 46 с.

Дисципліна «Технологія машинобудівних підприємств» призначена для теоретичної та практичної підготовки студентів напряму «Економіка підприємства» освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр».

У конспекті лекцій викладені основи технології машинобудування, наведено концептуальні основи виготовлення машин, що сприятиме вивченню способів і процесів виготовлення машин студентами економічних спеціальностей для їх об'єктивної орієнтації у сучасних машинобудівних технологіях. Це дозволяє суттєво підвищити техніко-економічні показники виготовлення виробів у машинобудуванні на основі технологій та технологічних систем нового покоління.

Рекомендується для студентів напряму „Економіка підприємства” всіх форм навчання освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр».

Бібліогр.: 11 назв.

Конспект лекцій розглянуто і рекомендовано до друку на засіданні кафедри економіки, організації і управління підприємством 29 серпня 2013 р., протокол № 1.

Рецензент

проф. Ю.Є. Калабухін

В.Л. Дикань, Н.Є. Каличева

*ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДІВНИХ
ПІДПРИЄМСТВ*

Конспект лекцій

Відповідальний за випуск Каличева Н.Є.

Редактор Решетилова В.В.

Підписано до друку 24.09.13 р.

Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.

Умовн.-друк.арк. 2,00. Тираж 50. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Українська державна академія залізничного транспорту,
61050, Харків-50, майдан Фейербаха, 7.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2874 від 12.06.2007 р.

Вступ	4
Тема 1. Основи проектування комплексних технологічних процесів	5
1.1 Основні поняття і положення технології машинобудування.....	5
1.2 Виробничий та технологічний процес.....	6
1.3 Виробнича структура машинобудівного підприємства...	9
1.4 Типи машинобудівних виробництв та характеристика їх технологічних процесів.....	10
Тема 2. Технічні та економічні фактори, які враховуються при розробці технологічних процесів	12
2.1 Технологічність конструкцій виробів і деталей.....	12
2.2 Службове призначення машини.....	14
Тема 3. Оцінка економічності комплексних технологічних процесів	17
Тема 4. Комплексні процеси обробки типових деталей машин	21
4.1 Методи отримання заготовок.....	21
4.2 Методи обробки заготовок.....	27
4.3 Методи покриття деталей.....	32
Тема 5. Теоретичні основи складання машин	35
Тема 6. Загальна оцінка економічної ефективності впровадження нового обладнання	39
6.1. Собівартість машини.....	40
6.2. Трудомісткість одиниці продукції та виробіток.....	40

6.3 Скорочення циклу виробничого процесу.....	4
	1
6.4 Автоматизація виробничих процесів.....	4
	2
Тема 7. Основні положення розробки технологічного процесу виготовлення машини.....	4
	3
Список літератури.....	4
	6

Вступ

Машинобудування є важливою галуззю промисловості. Його продукція - машини різного призначення, які поставляються всім галузям народного господарства. Перед технологами-машинобудівниками стоять завдання подальшого підвищення якості машин, зниження трудомісткості, собівартості, матеріаломісткості їх виготовлення, механізації та автоматизації виробництва, а також скорочення термінів підготовки виробництва нових об'єктів.

Предметом технології машинобудування є вчення про виготовлення машин заданої якості в установленій програмі випуску кількості при найменших витратах матеріалів, мінімальній собівартості та високій продуктивності праці.

Одним із головних завдань технології машинобудування є вивчення закономірностей протікання технологічних процесів і виявлення параметрів, впливаючи на які, можна інтенсифікувати виробництво та підвищити його точність.

ТЕМА 1. Основи проектування комплексних технологічних процесів

1.1 Основні поняття і положення технології машинобудування

Термін «технологія» походить від грецького «техно...», що означає майстерність, ремесло, уміння, і «лого» - слово, вчення. Адже технологія від грецького - це знання ремесла.

Технологія - це наука про способи впливу на сировину, матеріали та напівфабрикати відповідними знаряддями виробництва для одержання готової продукції.

Переробляти сировину на продукцію можна різними способами. Адже кожен спосіб - це окрема технологія, за якою виготовляють певний вид продукції.

У наш час технологія стала широкою галуззю знань - вона вивчає та розробляє промислові способи отримання різних видів продукції. Маємо, наприклад, технології, за якими виготовляють автомобілі, верстати, локомотиви, вагони тощо.

Вибір технології залежить не тільки від виду сировини та продукції, яку виготовляють на підприємстві, а й від її кількості. Наприклад, комбайн, автомобіль чи іншу машину можна скласти з окремих деталей на невеликій площі складального цеху. Якщо мова йде про сотні тисяч комбайнів, автомобілів та інших машин на рік, то необхідно створити потужні конвеєрні лінії, до яких з усіх цехів в певній послідовності будуть надходити деталі та вузли.

На підприємстві, яку б продукцію не виготовляли, все підкорено технології. Отже, технологія є основою виробництва. Вибір технології та дотримання її вимог є запорукою низької собівартості виготовленої продукції та її високої якості.

В технологічному процесі, який починається з креслення, бере участь персонал, обладнання, сировина, матеріал.

Сировиною називають предмет праці, на видобування чи виробництво якого було витрачено працю і з якого надалі виготовляють продукцію.

Наприклад, із залізної руди виготовляють чавун. Отже, залізна руда – це сировина, а чавун - продукція.

Сировину класифікують за такими ознаками: походження, агрегатний стан, важливість у технологічному процесі і т.п.

Виробом в машинобудуванні називається будь-який предмет виробництва, що підлягає виготовленню на підприємстві. Виробом може бути машина, її елементи в складанні і, навіть, окрема деталь в залежності від того, що є продуктом кінцевої стадії даного виробництва. Наприклад, для автомобільного заводу виробом є автомобіль, для карбюраторного заводу - карбюратор, для автоматичного заводу поршнів - поршень.

Деталь - це виріб (складова частина виробу), виготовлений із однорідного за найменуванням та маркою матеріалу без застосування складальних операцій.

1.2 Виробничий та технологічний процес

Для перетворення предметів природи на корисний для людини виріб служить виробничий процес. Виробничий процес включає всі етапи, які проходять предмети природи на шляху їх перетворення у готовий виріб.

Виробничий процес, здійснюваний на машинобудівному заводі, є частиною усього виробничого процесу перетворення предметів природи в машину.

Таким чином, виробничим процесом в машинобудуванні називають сукупність всіх етапів, які проходять напівфабрикати на шляху їх перетворення в готову машину. Виконання різних етапів виробничого процесу на машинобудівному заводі зазвичай організовується в окремих цехах або в одному цеху. У першому випадку виробничий процес ділять на частини та говорять про виробничий процес, наприклад ливарного цеху, механічного, складального, у другому випадку говорять про комплексний виробничий процес.

Виробничий процес поділяється на такі етапи:

- 1) виготовлення заготовок деталей: литтям, куванням, штампуванням або первинною обробкою з прокатного матеріалу;
- 2) обробка заготовок на металорізальних верстатах для отримання деталей з остаточними розмірами та формами;

3) складання вузлів і агрегатів (або механізмів), тобто з'єднання окремих деталей у складальні одиниці та агрегати (механізми); в одиничному (індивідуальному) виробництві застосовуються слюсарна обробка та припасування деталей до місця постановки при складанні; у серійному виробництві ці роботи виконуються в незначному обсязі, а в масовому та великосерійному не застосовуються;

4) остаточне складання всієї машини;

5) регулювання та випробування машини;

6) фарбування та оздоблення машини (виробу). (Фарбування складається з декількох операцій, які виконують на різних етапах технологічного процесу, наприклад, шпаклювання, ґрунтування та перше фарбування відливок, фарбування оброблених деталей, остаточне фарбування всієї машини).

Технологічним процесом називають послідовну зміну форми, розмірів, властивостей матеріалу або напівфабрикатів з метою отримання деталі або виробу відповідно до заданих технічних вимог.

Технологічний процес обробки деталей є частиною загального виробничого процесу виготовлення всієї машини.

Будь-який технологічний процес складається з найдрібніших технологічних процесів або є частиною більш складного. Наприклад, технологічний процес складання автомобільного двигуна, з одного боку, можна поділити на дрібніші, які відрізняються один від одного: технологічні процеси складання шатунно-поршневої групи, блока циліндрів або коробки зміни швидкостей; з іншого боку, технологічний процес складання двигуна є частиною технологічного процесу складання автомобіля в цілому.

Для виконання технологічного процесу потрібно обладнати місце роботи.

Робоче місце зазвичай являє собою частину цеху, яка призначена для виконання робіт одним робітником або групою робітників і в якій розміщені технологічне устаткування, інструмент, пристрої, підйомно-транспортне обладнання, стелажі для зберігання заготовок, деталей або складальних одиниць.

Технологічний процес має складну структуру. Його складовими є операції, кожна з яких розглядають як окремий технологічний процес.

Закінчену частину технологічного процесу, яку виконують на одному робочому місці одним або декількома робітниками, називають **операцією**.

Наприклад, обточування вала, що виконується послідовно спочатку на одному кінці, а потім, після повороту, тобто перестановки вала в центрах, без зняття його з верстата, на іншому кінці, є однією операцією.

Назви операцій походять від способу обробки об'єкта. Наприклад, під час механічної обробки заготовок різанням операції називають так: точіння, свердління, нарізування тощо.

За операціями визначають трудомісткість технологічного процесу, потребу у виконавцях, інструментах, обладнанні і т.п.

Технологічні операції поділяють на окремі складові.

1 Установлення називають частину технологічної операції, яку виконують під час одного закріплення заготовки.

Встановлення поділяють на позиції.

Позицією називають певне положення заготовки на верстаті щодо різального інструменту.

2 Технологічний перехід - закінчена частина технологічної операції, що характеризується постійністю вживаного інструменту, поверхонь, утворених обробкою, або режимом роботи верстата.

Технологічний перехід складається з проходу (робочого ходу) і холостого ходу:

а) **проходом** називають закінчену частину технологічного переходу, в процесі виконання якого інструмент один раз переміщується відносно заготовки та служить причиною зміни його форми, розмірів і шорсткості поверхні;

б) **холостим ходом** називають закінчену частину технологічного переходу, в процесі виконання якого інструмент переміщається щодо заготовки, але не змінює її форми, розмірів, шорсткості поверхні, але тим не менш є необхідним для виконання проходу.

3 Допоміжний перехід - закінчена частина технологічної операції, яка складається з дій людини та (або) обладнання, які не

супроводжуються зміною форми, розмірів і шорсткості поверхні, але необхідні для виконання технологічного переходу.

1.3 Виробнича структура машинобудівного підприємства

Кожне промислове підприємство складається із виробничих (основних), допоміжних та обслуговуючих ланок, технічних підрозділів, органів управління та охорони, а також невикробничих організацій та установ культурно-побутового призначення.

Розрізняють поняття виробнича структура та організаційна структура.

Виробнича структура - це склад і взаємозв'язок основних та допоміжних виробничих підрозділів (заводів, корпусів, цехів, дільниць).

Організаційна структура - це структура управління, тобто склад і взаємозв'язок органів управління виробництвом і заводоуправління (відділи, лабораторії та ін.).

Цех - це адміністративно відокремлений підрозділ заводу, виконує певні функції, обумовлені характером поділу та кооперації праці. Він випускає певну продукцію (заготовки, деталі, складальні одиниці і т. д.) або виконує певні роботи (транспортні, ремонтні і т. д.). Цехи поділяються на основні та допоміжні.

Основні цехи - це цехи, зайняті різними стадіями виготовлення виробів основного виробництва, тобто виробів, що йдуть на поставку та реалізацію. До числа основних відносяться цехи заготівельні, механообробні, складальні та ін.

Допоміжні цехи - це цехи, що випускають вироби допоміжного призначення, які застосовуються усередині заводу та не йдуть на поставку. До допоміжних належать інструментальні цехи, штампувальні, модельні, ремонтно-механічні.

Загальнозаводські обслуговуючі господарства організовуються для обслуговування основних і допоміжних цехів. До них відносяться складське та енергетичне господарства, транспортні цехи: залізничні, автотранспортні та ін.

Для забезпечення життєдіяльності підприємства (енергоозброєність підприємства) потрібні:

- електрозабезпечення;
- подача газу;
- опалення;
- вентиляція;
- зв'язок;
- водопостачання;
- каналізація;
- компресор.

Виробнича програма машинобудівного заводу містить номенклатуру виготовлених деталей (із зазначенням їх типів і розмірів), кількість виробів кожного найменування, що підлягають випуску протягом року, перелік і кількість запасних деталей до виробів, що випускаються.

Технологічне оснащення підприємства включає в себе верстати, пристрої, інструменти і є основою «Системи СПІД» (СПІД: Верстат (рос. «станок») - Пристрій - Інструмент - Деталь).

1.4 Типи машинобудівних виробництв та характеристика їх технологічних процесів

Виробництвом називають процес, у ході якого людина діє на речовини природного або штучного походження за допомогою власних сил та оснащення з метою виготовлення продукції, необхідної для забезпечення своїх потреб.

Виробництвом називають і місце виготовлення продукції. Наприклад, фабрика, завод, цех, дільниця тощо.

У машинобудуванні розрізняють три типи виробництва: масове, серійне та одиничне і два методи роботи: потоковий і непотоковий.

В **масовому виробництві** вироби виготовляються безперервно у відносно великих кількостях і протягом тривалого (кілька років) часу. Характерною ознакою масового виробництва є, однак, не кількість виробів, що випускаються, а виконання на більшості робочих місць тільки однієї закріпленої за ними постійно повторюваної операції. Продукція масового

виробництва - це вироби вузької номенклатури та стандартного типу, випускаються для широкого збуту споживачеві. Такою продукцією є автомобілі, трактори, велосипеди, електродвигуни, швейні машини і т. п.

У **серійному виробництві** виготовляють партії деталей та серії виробів, що регулярно повторюються через певні проміжки часу. Серійне виробництво багатомноменклатурне; його характерна ознака - виконання на більшості робочих місць по кілька періодично повторюваних операцій. Продукцією серійного виробництва є машини встановленого типу (металорізальні верстати, стаціонарні двигуни внутрішнього згоряння, насоси, компресори, обладнання для харчової промисловості і т. п.), випускаються у значних кількостях.

В **одиничному виробництві** випускають вироби широкої номенклатури у відносно малих кількостях і часто індивідуально; тому воно повинне бути універсальним і гнучким для виконання різних завдань.

ТЕМА 2. Технічні та економічні фактори, які враховуються при розробці технологічних процесів

2.1 Технологічність конструкцій виробів і деталей

Одним з факторів, що істотно впливають на характер технологічних процесів, є технологічність конструкції виробу та відповідних його деталей.

При конструюванні окремих деталей необхідно досягти виконання не тільки експлуатаційних вимог, а також вимог найбільш раціонального та економічного виготовлення виробу. У цьому й полягає принцип технологічності конструкції.

Чим менше трудомісткість і собівартість виготовлення виробу, тим більше він технологічний. Таким чином, основними критеріями оцінки технологічності конструкції є трудомісткість і собівартість виготовлення.

Технологічна конструкція виробів та деталей повинна передбачати:

а) максимально широке використання уніфікованих складальних одиниць, стандартизованих і нормалізованих деталей та елементів деталей;

б) якомога меншу кількість деталей оригінальної, складної конструкції та різних найменувань і якомога більшу повторюваність однойменних деталей;

в) створення деталей найбільш раціональної форми з легкодоступними для обробки поверхнями та достатньої жорсткості з метою зменшення трудомісткості та собівартості механічної обробки деталей і виготовлення всього виробу (необхідна жорсткість деталей дозволяє обробляти їх на верстатах з найбільш продуктивними режимами різання);

г) наявність на деталях зручних поверхонь або можливість створення допоміжних (технологічних) баз;

д) найбільш раціональний спосіб отримання заготовок для деталей (відливок, штамповок, прокату) з розмірами та формами якомога ближчими до готових деталей, тобто забезпечення найбільш високого коефіцієнта використання матеріалу та найменшої трудомісткості механічної обробки;

е) повне усунення або можливе зменшення застосування

слюсарно-припасувальних робіт при складанні шляхом виготовлення взаємозамінних деталей, застосування деталей-компенсаторів і механізації складальних робіт;

ж) спрощення складання та можливість виконання паралельного, у часі та просторі, складання окремих складальних одиниць і виробу в цілому.

Технологічність конструкції виробу повинна відповідати також вимогам складання та експлуатації. Основними вимогами складання є: забезпечення можливості складання без припасувальних робіт (або при їх найменшій кількості), створення можливості незалежного складання вузлів виробів, найменша кількість деталей як за назвами, так і в штуках, найбільш високий рівень взаємозамінності стандартизації та уніфікації і нормалізації складальних одиниць та їх виробів, наявність зручних складальних баз, виключення необхідності розбирання при регулюванні та ін.

Технологічність конструкції заготовок деталей повинна мати на увазі не тільки максимальну раціоналізацію механічної обробки, але й спрощення процесів виготовлення самих заготовок.

Загальна технологічність конструкції виробу може бути оцінена такими показниками:

1) трудомісткість конструкції, тобто час, що витрачається на виготовлення деталі, складальної одиниці, цілого виробу (повністю на який-небудь вид обробки);

2) коефіцієнт використання металу при виготовленні деталі;

3) ступінь використання стандартних і нормалізованих деталей і складальних одиниць;

4) відсоткове відношення кількості деталей оригінальної та складної конструкції до загальної кількості деталей у виробі;

5) ступінь використання деталей у складальних одиницях існуючих і раніше застосовуваних різновидів конструкцій виробів та аналогічних машин;

6) коефіцієнт повторності однойменних деталей;

7) собівартість виготовлення деталей, складальних одиниць, цілого виробу.

Основні показники ремонтпридатності виробу:

1) характеристика умов експлуатації та ремонту;

- 2) умови виконання робіт з технічного обслуговування та ремонту, у тому числі кваліфікація та склад персоналу, який експлуатує та ремонтує вироби;
- 3) система матеріально-технічного забезпечення експлуатації та ремонту;
- 4) середня трудомісткість ремонту та технічного обслуговування;
- 5) обмеження номенклатури спеціального інструменту та пристроїв при технічному обслуговуванні та ремонті;
- 6) обмеження типорозмірів кріпильних деталей;
- 7) широке використання стандартизованих та уніфікованих частин виробу;
- 8) вимоги до раціональних методів і засобів контролю технічного стану виробу в процесі експлуатації та ремонту;
- 9) вимоги до допустимості, взаємозамінності деталей, складальних одиниць і комплектів при технічному обслуговуванні та ремонті;
- 10) вимоги до виконання регульовально-довідних робіт у процесі технічного обслуговування та ремонту;
- 11) вимоги до конструкції деталей, що зношуються, в частині пристосованості до відновлення початкових або ремонтних розмірів із застосуванням прогресивної технології відновлювальних робіт.

2.2 Службове призначення машини

Машини - пристрій, призначений для дії ним на сили природи відповідно до потреб людини.

В даний час поняття «*машина*» має низку значень:

- машина - механізм або поєднання механізмів, що виконують рух для перетворення енергії, матеріалів або виробництва з точки зору механіки;

- машина (з появою ЕОМ) - механізм або поєднання механізмів, що здійснюють певні доцільні рухи для перетворення енергії, виконання роботи або ж для збору, передачі, зберігання, обробки та використання інформації.

І, нарешті, з точки зору технології машинобудування: машина є або об'єктом, або засобом виробництва.

Тому машина - система, що створена працею людини для якісного перетворення початкового продукту в корисну для людини продукцію.

Таким чином, під **службовим призначенням машини** розуміють чітко сформульоване завдання, для вирішення якого призначена машина. Формулювання службового призначення машини повинне містити докладні відомості, конкретизувати загальну задачу та уточнюючі умови, при яких ця задача може бути вирішена.

Службове призначення машини описують не тільки словесно, але й системою кількісних показників, які визначають її конкретні функції, умови роботи і т.д. Формулювання службового призначення машини є найважливішим документом у завданні на її проектування.

Кожна машина створюється для виконання певного технологічного процесу, в результаті здійснення якого повинна бути отримана продукція необхідної якості. У зв'язку з цим зміст службового призначення машини повинен передусім відбивати вичерпні дані про продукцію, яку їй належить робити: вид, якість, кількість.

Умови роботи машини беруть з опису технологічного процесу виготовлення продукції, вони включають комплекс показників з допустимими відхиленнями, що характеризують якість вихідного продукту, споживану енергію, режими роботи машини і стан навколишнього середовища.

Складовою частиною опису службового призначення машини можуть бути вимоги до економічної ефективності, надійності і продуктивності машини. Необхідна продуктивність машини визначається в результаті розробки технологічного процесу виготовлення продукції та проведення техніко-економічних розрахунків.

Крім того, до опису службового призначення машини можуть входити додаткові вимоги, які необхідно врахувати при проектуванні та виготовленні машини: до зовнішнього вигляду, безпеки, зручності та простоти обслуговування та управління, рівня шуму, коефіцієнта корисної дії і т. п.

Спочатку службове призначення машини формулюється замовником в результаті розробки технологічного процесу

виготовлення продукції та уточнюється при оформленні замовлення на проектування машини. Для конструктора формулювання службового призначення машини є вихідним документом, який згодом додається ним до креслень машини. Технолог, який приступає до проектування технології виготовлення машини, є особою, відповідальною за здачу готової машини замовнику, повинен критично оцінити формулювання службового призначення машини. Це необхідно для того, щоб завдання, які повинні бути вирішені за допомогою нової (створеної) машини, були визначені правильно. Якщо помилка чи неточності, допущені при конструюванні та виготовленні машини, ще якимось можна подолати, то помилки у визначенні службового призначення машини - її задуму - не піддаються виправленню та нерідко ведуть до неповноцінності або непридатності конструкції. На практиці нерідкі випадки, коли уточнення службового призначення машини на стадії проектування технологічного процесу потребують значних конструктивних доробок та сприяють підвищенню якості машини.

ТЕМА 3. Оцінка економічності комплексних технологічних процесів

Сучасна ринкова економіка ставить принципово інші вимоги до якості продукції. У сучасному світі виживання будь-якої фірми, її стійке становище на ринку товарів і послуг визначаються рівнем конкурентоспроможності. У свою чергу конкурентоспроможність пов'язана з двома показниками - рівнем ціни та рівнем якості продукції. Причому другий фактор поступово виходить на перше місце. Продуктивність праці, економія всіх видів ресурсів поступаються місцем якості продукції.

Якість - це авторитет фірми, збільшення прибутку, зростання добробуту і робота з управління якістю на фірмі.

Якість продукції - найважливіший показник діяльності підприємства. Підвищення якості продукції значною мірою визначає виживання підприємства в умовах ринку, темпи науково-технічного прогресу, зростання ефективності виробництва, економію всіх видів ресурсів, що використовуються на підприємстві. Зростання якості продукції - характерна тенденція роботи усіх провідних фірм світу. Вона охопила європейські, американські та азіатські підприємства. Якість продукції - основний фактор конкуренції між фірмами.

Якість - це сукупність властивостей продукції, що обумовлюють її придатність задовольняти певні потреби відповідно до її призначення.

Якість як чинник конкурентоспроможності поширюється на всю національну економіку. Вона сприяє раціональному використанню ресурсів.

Наслідки недостатнього рівня якості продукції такі:

1. Економічні.

1.1 Втрата матеріальних і трудових ресурсів, витрачених на виготовлення, транспортування та зберігання продукції, що вийшла з ладу раніше планових термінів фізичного зносу.

1.2 Втрати у виробничій інфраструктурі.

1.3 Додаткові витрати на ремонт техніки.

1.4 Додаткові витрати часу населення на ремонт побутової техніки.

1.5 Втрати природних ресурсів в результаті використання низькоякісних машин, що використовуються для видобутку цих ресурсів.

1.6 Недоотримання валютна виручка через низьку частку експорту готової продукції.

1.7 Додаткова втрата валютних коштів для імпорту техніки та товарів народного споживання.

1.8 Додаткові витрати матеріальних і трудових ресурсів на здійснення багатоланкової і багатоступінчастої системи органів технічного контролю якості.

2 Соціальні.

2.1. Дефіцитність вітчизняної продукції.

2.2 Падіння престижу продукції, виготовленої на національних підприємствах.

2.3 Недостатнє задоволення потреб виробничо-технічного та особистого плану.

2.4 Зниження темпів зростання добробуту населення.

2.5 Нераціональна втрата вільного часу населення на усунення дефектів виготовлення товарів народного споживання.

2.6 Погіршення морального клімату в колективі.

2.7 Зменшення прибутку підприємства.

3. Екологічні.

3.1 Додаткові витрати на очищення: повітряного та водного басейнів, земельних ресурсів.

3.2 Додаткові витрати на заходи щодо оздоровлення населення.

3.3 Втрата продуктивності продукції сільського господарства через недостатню якість повітря, води та ґрунту.

3.4 Прискорена амортизація та додаткові витрати на ремонт цивільних будівель і транспорту через погану якість повітряного середовища.

З поняттям якості тісно пов'язане й поняття технічного рівня продукції - відносної характеристики якості продукції, заснованої на зіставленні значень показників, що визначають технічну досконалість оцінюваної продукції з відповідними базовими показниками, їх значеннями.

Якість продукції не обмежується лише однією властивістю, це сукупність властивостей. Властивості продукції кількісно виражаються в показниках якості.

Показники призначення характеризують корисний ефект від використання продукції за призначенням та зумовлюють галузь застосування продукції. Для продукції виробничо-технічного призначення основним показником може служити продуктивність, що показує, який обсяг продукції може бути випущений за допомогою оцінюваної продукції або який обсяг виробничих послуг може бути наданий за певний проміжок часу.

Показники надійності - безвідмовність, збереженість, ремонтпридатність, а також довговічність виробу. Залежно від особливостей оцінюваної продукції для характеристики надійності можуть використовуватися як усі чотири, так і частина із зазначених показників. Для деяких виробів, пов'язаних з безпекою людей, безвідмовність може бути основним, а іноді й єдиним показником надійності. Надзвичайно важлива безвідмовність побутових електроприладів, деяких механізмів автомобілів (гальмівна система, рульове управління). Для повітряних суден безвідмовність - єдиний та основний показник якості. Для характеристики зберігання - властивості виробу зберігати свої показники протягом терміну зберігання та транспортування - застосовуються такі показники, як середній термін зберігання, гамма-відсотковий термін зберігання. Збереженість відіграє важливу роль для харчової продукції. Ремонтпридатність визначають такі показники, як середня вартість технічного обслуговування, ймовірність виконання ремонту в заданий час. Довговічність визначається величиною витрат на підтримання виробу в працездатному стані.

Показники технологічності характеризують ефективність конструкторсько-технологічних рішень для забезпечення високої продуктивності праці при виготовленні та ремонті продукції. Саме за допомогою технологічності досягаються масовість випуску продукції, раціональний розподіл витрат матеріалів, засобів, праці та часу при технологічній підготовці виробництва, виготовленні та експлуатації продукції.

Показники стандартизації та уніфікації - це насиченість продукції стандартними, уніфікованими та оригінальними

складовими частинами, а також рівень уніфікації порівняно з іншими виробами. Усі деталі виробу поділяються на стандартні, уніфіковані й оригінальні. Чим менше оригінальних виробів, тим краще як для виготовлювача продукції, так і для споживача.

Ергономічні показники відображають взаємодію людини з виробом і комплекс гігієнічних, антропометричних, фізіологічних і психологічних властивостей людини, що виявляються при користуванні виробом. Це можуть бути зусилля, необхідні для керування трактором, розташування ручки холодильника, кондиціонер у кабіні баштового крана або розташування керма у велосипеда, освітленість, температура, вологість, запиленість, шум, вібрація, випромінювання, концентрація чадного газу та водяної пари в продуктах згоряння і т.д.

Естетичні показники характеризують інформаційну виразність, раціональність форми, цілісність композиції, досконалість виконання та стабільність товарного виду виробу.

Показники транспортабельності виражають пристосованість продукції для транспортування.

Патентно-правові показники характеризують патентний захист і патентну чистоту продукції та є істотним фактором при визначенні конкурентоспроможності. При визначенні патентно-правових показників слід враховувати наявність у виробках нових технічних рішень, а також рішень, захищених патентами в країні, наявність реєстрації промислового зразка та товарного знаку, як у країні-виробнику, так і в країнах передбачуваного експорту.

Екологічні показники - це рівень шкідливих впливів на навколишнє середовище, які виникають при експлуатації або споживанні продукції, наприклад вміст шкідливих домішок, ймовірність викидів шкідливих часток, газів, випромінювань при зберіганні, транспортуванні та експлуатації продукції.

Показники безпеки характеризують особливості продукції для безпеки покупця та обслуговуючого персоналу, тобто забезпечують безпеку при монтажі, обслуговуванні, ремонті, зберіганні, транспортуванні, споживанні продукції.

ТЕМА 4. Комплексні процеси обробки типових деталей машин

4.1 Методи отримання заготовок

4.1.1 Отримання заготовок литтям

Лиття - один з найдавніших і найпоширеніших способів виготовлення виробів і заготовок для деталей машин і механізмів.

Литтям називають виготовлення заготовок для виробів заповненням завчасно виготовлених ливарних форм розплавленим металом, сплавом або іншим конструкційним матеріалом.

Відливками називають вироби, виготовлені литтям.

Ливарні форми можуть бути разовими та багаторазовими.

Разові форми використовують лише один раз і після звільнення відливки від форми її руйнують.

Найпоширенішими способами лиття в разові форми є:

- лиття в піщано-глиняні форми;
- лиття в оболонкові форми;
- лиття у форми, виготовлені за моделями, які розчиняються або перетворюються на газ.

Багаторазові форми використовують сотні й тисячі разів; відливки витягають з форми витряхуванням або виштовхуванням.

Жодна галузь машинобудування не обходиться без деталей, виготовлених литтям. Частка деталей, виготовлених литтям, у машинах становить близько 50 %, а у верстатах - близько 80 %. Литтям виготовляють блоки циліндрів і поршні двигунів внутрішнього згорання, лопаті газових турбін тощо.

Ливарними сплавами називають ті сплави, які мають добрі ливарні властивості. До них належать чавуни, сталі, бронзи, силуміни і т.п.

Найважливіші ливарні властивості сплавів - текучість розплаву, усадка, ізоляція, температура плавлення.

Текучістю називають здатність розплаву швидко заповнювати порожнину ливарної форми. При добрій плинності розплав точніше відтворює внутрішню конфігурацію, ніж при поганій. Текучість сплавів залежить від температури нагрівання:

з підвищенням температури текучість сплавів зростає. У процесі виготовлення відливок використовують сплави з оптимальною економічно вигідною температурою плавлення.

Усадкою називають властивість розплавів зменшувати свій об'єм при охолодженні від температури заливання до кімнатної. Розрізняють усадку об'ємну та лінійну. Так, лінійна усадка сірого чавуну дорівнює 1 %, сталі – 2 %. Усадка призводить до утворення раковин, тріщин у відливках.

Ліквациєю називають неоднорідність хімічного складу сплаву в різних частинах відливки після кристалізації та охолодження до кімнатної температури. Ліквация залежить від хімічного складу сплавів і швидкості охолодження відливок. Так, у чавунах і сталях сірка, фосфор і вуглець збираються у верхній і центральній частинах відливки. Важкі компоненти сплавів збираються в нижній частині відливки. Ліквациї запобігають перемішуванням розплавів перед заливанням у форми та прискореним охолодженням у процесі кристалізації.

Ліквация істотним чином впливає на властивість відливок: чим вона менше, тим кращі механічні властивості відливки.

4.1.2 Дефекти відливок

Контроль якості відливок починають із зовнішнього їх огляду. Потім перевіряють їх розміри, механічні властивості, хімічний склад і структуру. Якщо відливки не відповідають вимогам, кажуть, що вони браковані.

Основними причинами отримання бракованих відливок є порушення технології виготовлення ливарних форм, заливання їх розплавом та звільнення відливок від форм.

Браковані відливки мають дефекти, основними з яких є раковини (газові, усадкові, шлакові та ін.), тріщини (гарячі, холодні), пошкодження поверхні відливки (пригар, оксидні плівки, спаї тощо), невідповідність форми, розмірів і маси відливки кресленню виробу (перекіс, недоливи, переливи, викривлення тощо).

Дефекти поділяють на такі, що можна виправити, та такі, що не можна виправити.

Невиправні дефекти мають великі розміри. Виправляти такі дефекти економічно не вигідно. Відливки з такими дефектами переплавляють.

Дефекти, які можна виправити, мають малі розміри, їх економічно вигідно виправляти.

4.1.3 Виправлення дефектів відливок

Найбільш поширеними способами виправлення дефектів у відливках є наплавлення, термічна обробка, заварювання, просочування тощо.

Наплавлення розплавленим чавуном або сталлю використовують для виправлення дефектів чавунних і сталевих відливок.

Для зняття внутрішніх напружень відливки відпалюють. Тріщини та спаї на чавунних і сталевих відливках заварюють електродуговим способом із застосуванням вугільного електрода.

Відливки, вироби з яких призначені для збереження газів і рідин, виправляють просочуванням. Цим способом виправляють дефекти в бронзових, алюмінієвих та латунних відливках.

4.1.4 Отримання заготовок обробкою тиском

Тиском виготовляють вироби (заготовки та деталі) з металів, сплавів та інших конструкційних матеріалів.

Основними способами обробки конструкційних матеріалів тиском є вальцювання, вільне кування, штампування, пресування та волочіння.

В основі обробки металів і сплавів тиском лежить пластична деформація під дією зовнішніх сил, після якої метали та сплави зберігають надану їм форму.

На пластичність металів і сплавів впливають молекулярна структура, хімічний склад і структура. Велике значення мають умови деформування: температура заготовки, швидкість деформування і т.п.

Велику пластичність мають метали та сплави, молекулярна структура яких відповідає формі куба (наприклад, мідь, залізо, алюміній і т.п.).

Важливим фактором, який впливає на пластичність металів і сплавів, є теплота. З підвищенням температури нагрівання металів і сплавів їх пластичність збільшується.

В процесі деформування металів і сплавів змінюються їх властивості: міцність, твердість, крихкість, пластичність, ударна в'язкість тощо.

Зміну властивостей, пов'язану з деформацією ненагрітої (холодної) заготовки, називають наклепом. Позбавитися від наклепу можна термічною обробкою.

В процесі гарячої деформації (заготовка, нагріта до певної температури) пластичність металів більше, ніж в процесі холодної, тому гаряча деформація супроводжується меншими витратами енергії, ніж холодна.

Нагрівання заготовок перед обробкою тиском впливає на якість і вартість продукції. Основні вимоги до нагрівання заготовок: рівномірне прогрівання її до певної температури за мінімальний час з найменшою втратою металу на утворення окалини (оксидних плівок) та економною втратою палива та електроенергії. Недотримання цих вимог призводить до утворення в заготовці дефектів (тріщини, знеуглецювання, окислення, перегрівання, перегар) і зростають витрати.

4.1.5 Вальцювання

Вальцювання є найбільш поширеним видом обробки тиском металів, сплавів та інших конструкційних матеріалів.

Вальцюванням називають спосіб виготовлення виробів обтискуванням заготовки обертовими валками вальцовниці.

Виріб, отриманий вальцюванням, називають вальцюванням.

4.1.6 Кування

Куванням називають спосіб виготовлення виробу деформуванням нагрітої заготовки під дією молота або преса.

У процесі кування інструмент багаторазово, переривчасто впливає на нагріту заготовку, в результаті чого вона, деформуючись, поступово набуває заданої форми та розміру.

Виріб, виготовлений куванням, називають поковкою, а цех, в якому її виготовляють – ковальським.

Для виготовлення поковок використовують продукцію ливарних і вальцювальних цехів. Кування застосовують в одиничному та малосерійному виробництві. Готові поковки мають різні форми і масу: від декількох грамів до 300 т і більше.

Технологічний процес кування складається з окремих операцій, основними з яких є протягування, осаджування, згинання, рубання та ін.

Протягання застосовують для збільшення довжини заготовки. При цьому зменшуються її поперечні розміри. В процесі протягування заготовка витягується та трохи розширюється.

В процесі **осаджування** зменшується висота заготовки та збільшуються її поперечні розміри. Осаджування лежить в основі виготовлення дисків, фланців тощо.

Згинанням виготовляють гаки, скоби, якорі і т.п. Під час цієї операції заготовку згинають під потрібним кутом. Місце вигину нагрівають.

Рубанням заготовку поділяють на частини. У процесі рубання використовують прямі та фасонні сокири.

Дрібні та середні поковки масою до 1 т виготовляють у ковальсько-пресових цехах за допомогою пресів. У процесі виготовлення поковок утворюються великі втрати металу: чим складніше за формою поковка, тим більше втрати металу.

4.1.7 Штампування

Штампуванням називають спосіб виготовлення виробів за допомогою спеціальних форм-штампів.

Кожен штамп призначений для отримання виробів лише визначеної форми та розміру.

Заготовки перед штампуванням можуть бути нагрітими до певної температури. Залежно від цього штампування називають гарячим або холодним.

В залежності від форми заготовки штампування буває об'ємне та листове.

Об'ємне штампування проводять в штампах, які складаються з двох частин: верхньої та нижньої. У процесі об'ємного штампування метал переміщується від центру заготовки до країв, обмежених стінками порожнини штампа. Внутрішня порожнина штампу є відображенням зовнішньої форми виробу, який треба виготовити.

Порівняно з вільним куванням об'ємне штампування має такі переваги:

- невеликі вимоги до спеціальних навичок працівників;
- отримані вироби (штампування) мають менший припуск на обробку різанням (в 3-4 рази);

- більш точна форма штамповок; висока продуктивність (в 50-100 разів) і т.п.

Недоліками об'ємного штампування є:

- обмеженість маси штамповок (0,3-100 кг, у деяких випадках - до 1,5 т);

- будь-яке нове штампування потребує виготовлення нового штампу (вартість штампів дуже велика і вони придатні лише для даного виробу-штампування).

Листовим штампуванням виготовляють плоскі та об'ємні тонкостінні вироби з листів з допомогою штампів. Штampi складаються з матриці та пуансона, які деформують заготовку: матриця надає заготовці зовнішньої форми, пуансон - внутрішньої.

Листове штампування може бути гарячим і холодним. Листове штампування - економічний і продуктивний спосіб виготовлення як простих, так і складних за формою виробів.

Основний недолік листового штампування - значні відходи (до 40 %).

4.1.8 Волочіння та пресування

Волочінням називають спосіб виготовлення виробів простяганням заготовки через спеціальний отвір під дією зовнішньої сили.

Інструмент, в якому зроблено кілька отворів, називають графічною дошкою, волоком або матрицею. Волоки виготовляють з інструментальної сталі, твердих сплавів і технічних алмазів.

Пресуванням називають спосіб виготовлення виробів витисненням заготовки замкненої порожнини (контейнера) через отвір в матриці.

У процесі пресування конструкційний матеріал (заготовка) переміщається лише в напрямку отвору. Отвори можуть мати різну форму. У процесі пресування одержують вироби, поперечний зріз яких відповідає формі отвору.

Виріб, отриманий пресуванням, називають пресуванням.

4.2 Методи обробки заготовок

У механічних цехах середнього та малого масштабу попередня обробка заготовок, тобто виконання заготівельних операцій, зазвичай проводиться в заготівельному відділенні, яке часто розташовується при цеховому складі заготовок і матеріалів. При наявності на заводі декількох великих механічних цехів замість заготівельного відділення організовується самостійний заготівельний цех, який обслуговує всі металообробні цехи заводу.

4.2.1 Обробка різанням

Задані форми, розміри та якість поверхонь деталей машин досягаються в основному обробкою різанням; обробку різанням поділяють на обдирання, чорнову, напівчистову та чистову. Для отримання точних розмірів мінімальної шорсткості поверхні застосовують тонку обробку.

Обдирання - попередня обробка різанням заготовок, отриманих литтям, куванням або прокаткою. Обдиранню піддають великі поковки та відливки. Обдиранням зменшують просторові відхилення та похибки форми вихідної заготовки.

Чорнову обробку використовують для заготовок, що піддавалися обдиранню, для великих штампованих заготовок.

Напівчистову обробку застосовують, коли при чорновій обробці не може бути видалений весь припуск або коли до точності геометричних форм оброблюваної заготовки та просторових відхилень її елементів ставляться підвищені вимоги.

Чистову обробку застосовують як остаточну або проміжну під подальшу обробку. Одноразовій чистовій обробці піддають заготовки, отримані методами, що забезпечують високу точність їх виконання (штампування за першою групою точності, лиття в кокіль, лиття за виплавленою моделлю тощо) на режимах, близьких до режимів тонкої обробки.

Тонку обробку різцями застосовують як метод остаточної обробки зовнішніх і внутрішніх циліндричних поверхонь (замінює шліфування) і здійснюють при високих швидкостях різання, малих глибинах різання (0,05-0,5 мм) на спеціальних верстатах.

Фрезерування - обробка металів і неметалічних матеріалів зняттям стружки, при якій ріжучий інструмент - фреза - здійснює обертальний рух, а оброблювана заготовка - поступальний. Застосовується для обробки площин, криволінійних поверхонь деталей, різьбових поверхонь, зубчастих і черв'ячних коліс та ін. При обробці фрезами розрізняють чорнове, напівчистове, чистове, а при обробці торцевими фрезами й тонке фрезерування.

Свердління - утворення зняттям стружки отвору в суцільному матеріалі за допомогою свердла, зазвичай здійснює обертальний і поступальний рух відносно своєї осі (при свердлінні отворів на свердлильних верстатах обертається інструмент (свердло); при свердлінні на токарних верстатах (а також на верстатах для глибокого свердління) звичайно обертається оброблювана деталь).

Зенкування - чистова обробка отворів зенкером після свердління, у відливках, після гарячого або холодного пробивання отворів у поковках або штампівках, циліндричних заглиблень під головки або шийки гвинтів і т. п.

Розгортання - чистова обробка конічних і циліндричних поверхонь за допомогою металорізального інструмента - розгортки. Розгортання отворів застосовують як метод остаточної обробки або як метод, що передує хонінгуванню, тонкому розточуванню, притиранню. Розгортання використовують для одержання отворів точного діаметра.

Протягування - спосіб обробки різанням внутрішніх і зовнішніх поверхонь заготовок на протяжних верстатах. При протягуванні застосовують багатолезовий різальний інструмент - протяжку. Протягуванням обробляють наскрізні отвори, пази будь-якого перетину (шпонкові канавки), плоскі та криволінійні поверхні, а також зовнішні поверхні обертання. Протягування отворів роблять після свердління, а пазів і зовнішніх поверхонь - за необробленої поверхні.

Шліфування - чистова обробка поверхонь деталей абразивними інструментами Шліфування застосовують як метод попередньої і остаточної обробки. Обдирочне шліфування часто використовують для одержання базових поверхонь у дрібних і середніх відливках.

Хонінгування - обробка поверхонь заготовок спеціальним інструментом - хоном, забезпеченим дрібнозернистими абразивними брусками; хон обертається й одночасно здійснює зворотно-поступальний осьовий рух; в результаті на оброблюваній поверхні утворюється дрібна сітка пересічних рисок від абразивних зерен, що добре утримує мастило. Хонінгуванням усувають конусоподібність та овальність отвору без зміни положення його осі. Хонінгування поділяють на попереднє, чистове і тонке в залежності від припуску, що знімається, та зернистості абразивних брусків.

Суперфінішування - тонка оздоблювальна обробка поверхні заготовок брусками із мікропорошкових абразивних матеріалів. Заготовка, зазвичай, обертається або рухається поступально, а брусок здійснює складний коливальний рух при малому, але постійному тиску на заготовку.

Притирання - доведення деталей, що працюють в парі (пари зубчастих передач, пари клапанів двигунів, плунжерні пари паливної апаратури тощо), для забезпечення найкращого контакту робочих поверхонь.

Полірування - обробка матеріалів до отримання дзеркального блиску поверхні. Полірування проводять м'яким полірувальним колом з нанесеною на нього полірувальною пастою або струменем абразивної рідини. Обробка поверхонь із застосуванням притиральних і полірувальних паст базується на одночасній дії інструменту (притира або полірувального м'якого кола) і поверхнево-активних речовин, що містяться в пастах. На відміну від притирання полірування не підвищує точність обробки.

4.2.2 Електро механічна обробка

Це спосіб остаточної обробки металевих виробів різанням або тиском, супроводжується місцевим нагріванням поверхні електричним струмом поблизу формотворного інструменту.

Електро механічну обробку здійснюють в умовах місцевого нагріву шару металу, що знімається при підведенні в зону різання електричного струму великої сили (300-1000 А) і малої напруги (1-5). При електро механічному згладжуванні відбувається деформування мікронерівностей поверхні, що нагрівається, із

допомогою електричного струму. Інструментом служить ролик або полірувальник. Поєднання теплового (температура в зоні контакту інструмента і заготовки досягає 800-900° С) і силового дії змінює структуру і механічні властивості поверхневого шару, підвищуючи його твердість і зношуваність.

4.2.3 Електроерозійна (електрофізична) обробка

Цей спосіб обробки металів ґрунтується на тепловій дії імпульсів електричного струму між електродами - інструментом та оброблюваною заготовкою. Має чотири різновиди: електроіскрова, електроімпульсна, анодно-механічна та електроконтактна.

а) *електроіскрова обробка* заснована на дії короточасних іскрових розрядів (тривалість менше однієї стотисячної частки секунди) на оброблюваний матеріал. Для отримання іскрових розрядів використовують електричний генератор імпульсів обмеженої потужності. Цю обробку застосовують для прошивання отворів малого діаметра, різання вузьких пазів і вирізання по контуру;

б) *електроімпульсна обробка* полягає в послідовному збудженні розрядів між поверхнями інструменту та заготовки з допомогою імпульсів напруги, які виробляються спеціальним генератором, що дає більш тривалий і потужний дуговий розряд;

в) при *анодно-механічній обробці* для створення короточасних розрядів використовують швидке переміщення інструменту відносно оброблюваної заготовки. Інструментом служить металевий диск, що обертається, металева стрічка або дріт. В зону обробки подається електроліт. На поверхні заготовки утворюється струмонепровідна плівка. У місцях контакту заготовки з інструментом вона видаляється. За допомогою анодно-механічного процесу можна різати прокат та прорізати пази;

г) при *електроконтактній обробці* для створення короточасних розрядів використовують швидке переміщення інструменту відносно оброблюваної заготовки без подачі електроліту.

4.2.4.Електрохімічна обробка

Це спосіб обробки виробів в потоці електроліту. При обробці використовують постійний струм напругою 12 - 25 В і дешевий електроліт (водний розчин кухонної солі). Застосовують при виготовленні деталей складної конфігурації (штампи, прес-форми та ін.), для гравірування, згладжування країв, зняття задирок та т. п.

4.2.5 Електроабразивна обробка

Спосіб заснований на електрохімічному розчиненні твердого матеріалу при одночасному видаленні продуктів розчинення із зони обробки. Цей метод відрізняється від анодно-механічної обробки тим, що використовується тільки один інструмент - електропровідний абразив з графітовим наповнювачем, який є одночасно й катодом, й інструментом.

4.2.6 Ультразвукова обробка

Спосіб полягає у впливі ультразвуком на речовину. Застосовують для обробки заготовок з матеріалу підвищеної крихкості (тверді сплави, скло, кварц, мінералокераміка, алмаз, германій, кремній і ін). При цьому отримують глухі та наскрізні отвори різного діаметра, вузькі пази, різьблення, виконують обробку поверхонь обертання та інші операції. При ультразвуковому шліфуванні та хонінгуванні забезпечується зменшений тиск абразивного інструменту на оброблювану заготовку та відбувається менше засолювання інструменту.

4.2.7 Електрофізико-термічна обробка

Здійснюють за допомогою джерела тепла, що утворюється в результаті концентрації енергії пучка електронів, іонів, фотонів і випаровування матеріалу. До таких методів відноситься електронно-променева, іонно-променева та світло-променева (лазерна) обробка. Ці методи застосовують для прошивки дрібних отворів і пазів в тонких деталях, а також для їх розрізання.

4.2.8 Обробка дуговим плазмовим струменем

Проводиться за допомогою горіння, в якому дуговий розряд виникає у вузькому електрично нейтральному каналі між двома

електродами. Уздовж стовпа дуги пропускають газ, який в зоні розряду іонізується, набуває властивостей плазми та виходить з пальника у вигляді яскравого струменя, що має температуру 15000°C. З допомогою цього виду обробки можна наносити покриття та різати заготовки з різноманітних матеріалів - провідників, напівпровідників і діелектриків. Крім різання пальниками, можна здійснювати стругання поверхонь, підготовку кромek листів з нержавіючої сталі та інших металів і сплавів під зварювання.

4.2.9 Термічна та хіміко-термічна обробка

Цю обробку застосовують для зміни фізико-механічних і фізико-хімічних властивостей металів, що визначають технологічні та експлуатаційні характеристики деталей.

При термічній обробці відбуваються структурні та фазові зміни, а також зміни напруженого стану металу. Основні види термічної обробки - відпал, нормалізація та відпуск, поліпшення та старіння.

Хіміко-термічна обробка протікає з дифузійним насиченням поверхневих шарів заготовки різними елементами; при цьому хімічний склад поверхневого шару змінюється. До хіміко-термічної обробки відносяться цементація, азотування, ціанування, алітування, хромування та ін.

4.3 Методи покриття деталей

У машинобудуванні застосовують лакофарбові, гальванічні покриття та покриття окисними та пластмасовими плівками.

Лакофарбові покриття застосовують як декоративні, для захисту металевих поверхонь від корозії та дерев'яних – від вологи та загнивання. Процес нанесення лакофарбових покриттів у загальному випадку складається з трьох основних етапів: підготовки поверхні, її фарбування та сушіння, обробки. Підготовка поверхні включає її очищення, вирівнювання, ґрунтовку та шпаклювання з наступним шліфуванням. Очищення проводять хімічним або механічним (піскоструминною обробкою, шліфуванням переносними машинами та сталевими приводними щітками) впливом. Для видалення слідів масла

деталі промивають у мийних агрегатах у знежирювальних розчинах або нагрівають (якщо допустимо) до 250-300°C. Поверхні великих деталей очищують органічними розчинами.

У машинобудуванні застосовують наступні методи фарбування. Ручне зафарбування пензлем не вимагає попереднього захисту суміжних ділянок, які не фарбуються, малопродуктивне (до 10-12 м²/год для великих відкритих поверхонь) та незручне при роботі з швидковисихаючими матеріалами. Втрати фарби при цьому методі до 5 %. Фарбування розпиленням найбільш поширене і високопродуктивне; воно дозволяє наносити швидковисихаючі лакофарбові матеріали (нітролаки, нітромалі) з утворенням рівної гладкої поверхні. Метод легко автоматизується за допомогою спеціальних установок і промислових роботів.

Розрізняють механічне, повітряне та безповітряне розпилення та розпилення в електростатичному полі.

Якість лакофарбового покриття залежить від способу сушіння. Сушіння - це складний хімічний процес, що складається з випаровування розчинника та окислення або полімеризації плівки. Розрізняють сушіння природне та штучне. Природне сушіння проводять при температурі 18-25° С протягом тривалого часу. Штучне сушіння прискорює процес висихання плівки та значно покращує якість покриття. Існує кілька способів штучного сушіння.

Гальванічні покриття - металеві плівки малої товщини, які наносять методом електролітичного осадження на поверхню виробів для захисту від корозії та механічного зносу, декоративної обробки, а також надання поверхні спеціальних фізичних і хімічних властивостей. Процес нанесення покриття складається з підготовки поверхні перед покриттям, нанесення його та полірування (якщо потрібно). Підготовка поверхні деталей перед покриттям включає шліфування, полірування та знежирення

Оксидування - окислення поверхневих шарів металевих виробів хімічною або електрохімічною обробкою або впливом повітря при високих температурах. Утворені оксидні плівки захищають виріб від корозії або мають декоративне значення.

Фосфатування - хімічний процес утворення на поверхні сталевих, а також алюмінієвих і цинкових виробів тонкого шару фосфатів, який при подальшому нанесенні на нього шару фарби, лаку або мастила служить хорошим захистом від корозії.

Покриття напиленням (металізацію) виконують розпиленням розплавленого металу струменем стисненого повітря. Частинки металу, що рухаються зі швидкістю 100-150 м/с, вдаряються об поверхню деталі та зчіплюються з нею, утворюючи шар міцного дрібнопористого металевого покриття. Нанесений шар крихкий, але добре опирається стиску. Його товщина коливається від декількох сотих до 3-4 мм. Деталь з напиленим шаром можна обточувати та шліфувати. Цим методом виготовляють захисно-декоративні, антифрикційні та жаростійкі покриття, відновлюють зношені деталі і виправляють дефекти відливок.

Пластмасові покриття використовують в як декоративні, антикорозійні та антифрикційні покриття. Їх наносять газополуменевим або вихровим способом. Як вихідні матеріали служать термопластичні пластмаси (поліетилен, поліпропілен, поліамід, капролактан, полівінілбутираль, фторопласт, поліуретан) у вигляді дрібнодисперсного порошку, що переходить при нагріванні у в'язкотекучий стан. Пластмасові покриття дозволяють використовувати вуглецеві сталі замість легованих і кольорових металів.

Консервація. Готові деталі, передані на тривале зберігання або транспортування, піддають консервації. Консервацію виконують нанесенням антикорозійного мастила (технічний вазелін, пуш-сало та ін.) за допомогою пензликів, зануренням у підігрітий склад або пульверизацією. Застосовують також нанесення антикорозійних лаків, які змиваються при розконсервації бензином або іншими розчинниками.

ТЕМА 5 Теоретичні основи складання машин

Складальні роботи є заключним етапом у виробничому процесі, на якому з окремих деталей і вузлів складають готові вироби. Якість складальних робіт значно впливає на експлуатаційні якості машини, на її надійність і довговічність.

Складальний процес має такі стадії:

1) ручна слюсарна обробка та припасування; застосовується переважно в одиничному та дрібносерійному виробництвах; у серійному виробництві застосовується в незначному обсязі; в масовому виробництві ця стадія відсутня;

2) попереднє складання - з'єднання деталей в агрегати та механізми;

3) загальне (або остаточне) складання - складання всієї машини;

4) регулювання - установлення та перевірка правильності взаємодії частин машини.

Розрізняють вузлове та загальне складання машин.

Вузлове складання - складання, об'єктом якого є складова частина виробу - складальна одиниця «вузол».

Загальне складання - складання, об'єктом якого є виріб в цілому.

При вузловому та загальному складанні здійснюють припасування, з'єднання елементів виробу та регулювання його складових частин.

Складальний комплект - група складових частин виробу, які необхідно подати на робоче місце для складання виробу або його складової частини.

Припасуванням називають додаткову обробку поверхні деталі для отримання заданої посадки, геометричної точності та її якості. Основними видами слюсарно-припасувальних робіт є:

- спилювання;
- зачищення;
- шабрування;
- притирання;
- полірування.

Спилювання - одна з слюсарних операцій, що полягає в зрізанні шару матеріалу з заготовки напилком вручну або на

верстатах. Виробляють в основному для припасування деталей, що сполучаються, зняття задирок та нерівностей; точність обпилювання 0,01-0,05 мм, припуск знімається 0,1-0,5 мм. Засоби механізації для обпилювання - переносні машини з абразивним кругом (для великих поверхонь) і установки з гнучким валом, що працюють напилочним або абразивним кругом (для невеликих деталей).

Шабрування - оздоблювальна обробка поверхні, попередньо обробленої різанням, шляхом зняття тонкої стружки інструментом - шабером вручну або механічним шляхом. Застосовують для усунення неплоскостності сполучених поверхонь; забезпечення герметичного та щільного прилягання поверхонь рознімачів з'єднувальних деталей; підвищення прилягання поверхонь в підшипниках ковзання. Цей процес малопродуктивний та трудомісткий; його замінюють шліфуванням і тонким розточуванням.

Притирання - доведення деталей, що працюють в парі, для забезпечення найкращого контакту робочих поверхонь. Застосовують для щільного та герметичного з'єднання деталей, що сполучаються (колеса зубчатих передач, клапани двигунів внутрішнього згоряння, плунжерні пари паливної апаратури). Притирання деталей, що сполучаються, виробляють вручну або на спеціальних верстатах. Після спільного притирання деталі передають на складання спареними.

Полірування - обробка матеріалів до отримання дзеркального блиску поверхні.

З'єднання деталей ділять на нерухомі і рухомі. Як нерухомі, так і рухомі з'єднання виконують рознімними та нерознімними.

Рознімними називають сполучення, які можуть бути розібрані без пошкодження спряжених елементів або кріпильних деталей.

Нерознімними називають з'єднання, розбирання яких при експлуатації не передбачене, воно викликає пошкодження спряжених елементів або руйнування кріпильних деталей або скріплюючого шва.

До нерухомих рознімних з'єднань відносять різьбові, шпонкові та шліцьові.

Нарізні з'єднання - з'єднання деталей за допомогою різі. Здійснюють за допомогою шпильок, болтів і гвинтів. Трудомісткість складання нарізних з'єднань в масовому виробництві становить 25-40 % загальної трудомісткості складальних робіт.

Шпонкові з'єднання - нерухоме з'єднання вала та одягненої на нього деталі (зубчастого колеса, муфти і т. д.) за допомогою шпонки. В шпонкових з'єднаннях використовують призматичні, сегментні та клинові шпонки.

Штифтове з'єднання - нерухоме з'єднання, яке здійснюють за допомогою конічних і циліндричних штифтів. Штифти застосовують як сполучні та інсталяційні елементи, які координують взаємне положення деталей, що сполучаються.

До нерухомих нерознімних з'єднань відносять з'єднання, виконані з гарантованим натягом, развальцюванням, відбортуванням, клепанням, зварюванням, паянням і склеюванням.

Розвальцювання застосовують при складанні герметичних нерознімних з'єднань, шляхом збільшення діаметра порожнистої охоплюваної деталі під дією тиску.

Розвальцювання виготовляють на свердлильних, токарно-револьверних верстатах і спеціальних верстатах та установках, а також вручну. При автоматизованому складанні операції развальцювання виконують на спеціальних напівавтоматах та автоматах.

Відбортовка - загин кромки металевого листа для з'єднання його з іншим листом.

Клепання - процес створення нерознімного з'єднання елементів конструкції, переважно з листового металу за допомогою заклепок. Клепання включає операції утворення отворів в з'єднувальних елементах, вставлення заклепок, отримання замикаючої головки, тобто власне заклепки. Застосовують для міцного та герметичного з'єднання деталей. З розвитком технології зварювального виробництва питома вага клепки поступово скорочується. Її застосовують у тих випадках, коли нагрівання деталей, що з'єднуються, небажано, а також при складанні деталей з різнорідних матеріалів (сталь - чавун, метал -

пластмаса), зварювання та паяння яких складні, а склеювання не забезпечує потрібної міцності.

Зварювання - технологічний процес утворення нерознімного з'єднання деталей машин шляхом їх місцевого сплавлення або спільного деформування. Зварювання набуває все більшого застосування у машинобудуванні. Воно забезпечує значну економію матеріалу та знижує трудомісткість виготовлення виробів. Спеціальні електрозварювальні машини включають в загальний потік обробки деталей в механоскладальному цеху. Складальні роботи при зварюванні передбачають правильне положення з'єднуваних деталей та їх тимчасове скріплення.

Паяння металів є процесом з'єднання, при якому в зазор між нагрітими елементами вводять розплавлений припій, що змочує їх поверхні та скріплює елементи, які сполучаються після охолодження та затвердіння. Розплавлений припій завдяки доброму змочуванню поверхонь складених деталей і капілярності проникає в з'єднувальний шов та утворює сплав, що володіє після затвердіння більш високою міцністю, ніж міцність припою.

Склеюванням з'єднують деталі із різнорідних матеріалів, зменшують масу виробів, забезпечують герметичність і корозійну стійкість деталей в місцях з'єднання, знижують собівартість виробів.

ТЕМА 6. Загальна оцінка економічної ефективності впровадження нового обладнання

Виробнича потужність підприємства (цеху, ділянки) - це потенційно можливий річний (квартальний, часовий та ін.) обсяг випуску продукції, робіт, послуг та ін. необхідної кількості при заданих номенклатурі та асортименті на основі прогресивних норм використання устаткування та виробничих площ з урахуванням здійснення заходів щодо прогресивної технології, передової організації праці та виробництва.

В умовах ринкових відносин для швидкого реагування на зміни споживчого попиту підприємствам необхідно мати резервну потужність. Це дозволяє їм на цих резервних виробничих потужностях освоювати нові види продукції. Такий підхід дозволяє скорочувати час переходу виробництва на випуск нових виробів.

До основних шляхів підвищення ефективності використання виробничих потужностей належать:

- технічне переозброєння підприємства;
- оновлення та модернізація устаткування;
- підвищення екстенсивності навантаження обладнання;
- прискорення заміни морально застарілої техніки;
- підвищення ступеня спряженості в потужності діючих цехів, дільниць, груп обладнання;
- інтенсифікація виробничих процесів;
- поглиблення та розвиток спеціалізації та кооперації підприємств.

Рівень використання виробничих потужностей залежить, насамперед, від рівня організації виробничого процесу, що забезпечує безперервну та ритмічну роботу при максимальному завантаженні обладнання та виробничих площ. (Ритмічність виробництва - це рівень рівномірності випуску продукції протягом року, місяця, доби, зміни. Ритмічний випуск продукції забезпечує більш повне використання виробничих потужностей, служить основою випуску високоякісної продукції та своєчасного виконання підприємством зобов'язань перед споживачем).

6.1 Собівартість машини

Кожна знову виготовлена машина повинна не тільки відповідати всім вимогам її службового призначення, але й відрізнятися від раніше випущених машин даного призначення меншими витратами матеріалів та витратами живої й уречевленої праці.

Затрати на витрачені засоби виробництва та зарплату на виготовлення машини на заводі, виражені в грошовій формі, прийнято називати її **собівартістю**. Однією з основних задач технології машинобудування є безперервне зниження собівартості машин, що випускаються.

Розрізняють собівартість машини в цілому та собівартість її окремих складальних одиниць, деталей.

Підрахунок собівартості отримав назву калькуляції. Розрізняють попередню калькуляцію, яку іноді називають кошторисною, та звітну, або виконавчу.

6.2 Трудомісткість одиниці продукції та виробіток

На додаток до собівартості одиниці продукції, в якій як у фокусі відображаються результати діяльності всього колективу заводу, спрямованої на зниження собівартості та підвищення тим самим продуктивності праці, є ряд додаткових техніко-економічних показників. Вони характеризують вплив змін окремих факторів процесу, що надають той чи інший вплив на зміну собівартості.

Одним з таких показників є трудомісткість одиниці продукції. **Трудомісткістю** називається кількість часу, витраченого людиною на виготовлення одиниці продукції, виконання операції або переходу. Одиницею виміру трудомісткості служать людино-години.

Трудомісткість являє собою витрати тільки живої праці, тому становить одну із складових собівартості.

Трудомісткість одиниці продукції зазвичай складається з трудомісткості її складальних одиниць, трудомісткість одиниць - з трудомісткості деталей, трудомісткість деталей - з трудомісткості операцій та трудомісткість операції - з трудомісткості переходів.

Для нормування праці та планування виробничого процесу використовують норму часу. **Нормою часу** називають встановлену (нормовану) кількість праці належної кваліфікації та нормальної інтенсивності, необхідну для виконання якої-небудь операції чи цілого технологічного процесу у нормальних виробничих умовах. Норму часу вимірюють в одиницях часу (годинах, хвилинах) із зазначенням кваліфікації роботи, наприклад 10 год, 5-го розряду.

При встановленні норми часу на малотрудомісткі операції важко буває скласти чітке уявлення про її величину, яка обчислюється іноді частками хвилин або навіть секунд. У цих випадках замість норми часу встановлюють зворотню їй величину - норму виробітку.

Нормою виробітку називають встановлену (нормовану) кількість заготовок, деталей або виробів, яку необхідно обробити або зробити за встановлену одиницю часу (годину, хвилину). Одиницею виміру норми виробітку є кількість штук в одиницю часу із зазначенням кваліфікації роботи, наприклад 1200 шт. за годину, роботи 3-го розряду.

Зниження трудомісткості є одним з основних засобів скорочення собівартості одиниці продукції.

Основними засобами скорочення трудомісткості є: оснащення робітників найбільш продуктивним обладнанням, пристроями та інструментом; краща організація робочих місць; механізація ручної праці; автоматизація виробництва тощо.

6.3 Скорочення циклу виробничого процесу

Кожна операція обробки або технологічний процес виготовлення деталі або машини в цілому займає певний календарний час. Проміжок календарного часу, вимірний від початку якої-небудь періодично повторюваної операції технологічного або виробничого процесу до її закінчення, прийнято називати **циклом**.

Розрізняють **цикл операції** - проміжок календарного часу від початку до кінця операцій; **цикл виготовлення деталі** - проміжок календарного часу від початку першої до закінчення останньої операції виготовлення деталі; **цикл виготовлення машини** -

проміжок календарного часу, починаючи від запуску у виробництво першої заготовки до закінчення упакування готової машини.

Цикл може бути розрахунковий (або нормований) і фактичний. Якщо операції або процеси не повторюються періодично, правильніше говорити не про цикл, а про тривалість операції або процесу.

Скорочення циклу дозволяє збільшити випуск продукції за одиницю часу з одиниці площі даного цеху або заводу і тим самим скоротити собівартість; прискорити вивільнення коштів, вкладених у виробництво у вигляді витрат на матеріали, заробітну плату та накладних витрат, і тим самим використовувати звільнені кошти для раціоналізації виробництва і збільшення випуску продукції, тобто в кінцевому рахунку також для зниження собівартості.

6.4 Автоматизація виробничих процесів

Одним з потужних засобів збільшення продуктивності праці є **автоматизація виробництва**. Відомо, що механізація процесу праці людини полегшує працю, не звільняючи, однак, людини від безпосередньої участі у виконанні механізованого процесу. Наприклад, механізація підйому деталей при їх установленні та зніманні з верстата або при складанні машини, шляхом використання електричних тельферів або кранів, значно скорочує витрати фізичної праці, не звільняючи людину від управління тельфером або краном при підйманні, опусканні та переміщенні деталей.

Автоматизація знарядь виробництва звільняє людину від безпосередньої участі у виконанні тієї частини або цілого технологічного процесу, яка виконується на автоматизованому або на автоматичному обладнанні. Праця людини при автоматизації якісно змінюється, так як за людиною зберігаються функції спостереження за правильністю дії автоматизованого обладнання з різного роду приладів, що показують хід процесу. Робочий перетворюється в наладчика обладнання.

Таким чином, автоматизація знарядь праці дозволяє не тільки полегшити працю та збільшити її продуктивність, але й якісно змінює працю, роблячи її більш кваліфікованою.

ТЕМА 7 Основні положення розробки технологічного процесу виготовлення машини

Завданням кожного технологічного процесу є економічне виготовлення машин, що відповідають їх службовому призначенню. Для успішного вирішення цього завдання розроблення технологічного процесу виготовлення машини потрібно вести в такій послідовності:

1) вивчення службового призначення машини, технічних вимог, норм точності та критичний аналіз їх відповідності службовому призначенню;

2) ознайомлення із наміченим кількісним випуском машин в одиницю часу та з незмінними кресленнями;

3) вивчення робочих креслень машини та їх критичний аналіз з точки зору можливості виконання машиною її службового призначення, методів досягнення точності, закладених в конструкцію, технологічності конструкції машини;

4) розробка загальної технології складання машини та складання її складальних одиниць;

5) вивчення службового призначення деталі, технічних вимог, норм точності та критичний аналіз їх відповідності своєму випадковому призначенню, а також аналіз технологічності конструкції деталей;

6) вибір найбільш економічних способів отримання заготовок, що забезпечують необхідну якість деталей;

7) розробка технологічних процесів виготовлення деталей;

8) планування обладнання та робочих місць;

9) оформлення замовлень на проектування та виготовлення устаткування, пристроїв та інструментів;

10) внесення в технологічний процес коректив та усунення допущених помилок і недоліків.

Для розробки технологічного процесу виготовлення машини необхідні такі вихідні матеріали:

1) короткий опис, який гранично ясно визначає службове призначення машини;

2) технічні умови та норми, що визначають її службове призначення;

3) робочі креслення машини;

4) дані про кількість машин, намічених до випуску в одиницю часу (рік, квартал, місяць);

5) загальна кількість машин, намічених до випуску за незмінними кресленнями;

6) умови, в яких передбачається організувати та здійснювати підготовку, виготовлення та випуск машин (новий або діючий завод, наявне на ньому обладнання, перспективи отримання нового обладнання);

7) місцезнаходження заводу (можливості кооперування з іншими заводами, умови постачання тощо);

8) наявність і перспективи отримання кадрів;

9) планові терміни підготовки та освоєння нової машини та організації її випуску.

Всі ці вихідні матеріали необхідні для детального з'ясування задачі, яка ставиться перед технологічним процесом, і умов, в яких повинні протікати його розробка та здійснення. Чим правильніше, точніше та ясніше сформульовані завдання і умови його виконання, тим швидше і з меншими витратами воно вирішується.

Завдання кожного технологічного процесу - це економічне виготовлення машин або комплексу машин, що відповідають їх службовому призначенню.

Відповідно до цього завдання розробки технологічного процесу виготовлення машини має здійснюватися у такій послідовності:

1) ознайомлення зі службовим призначенням машини;

2) вивчення та критичний аналіз технічних умов та різних норм (точності, продуктивності, ККД, витрати пального), що визначають службове призначення машини;

3) ознайомлення з наміченим кількісним випуском машин в одиницю часу та загальною кількістю випуску за незмінними кресленнями;

4) вивчення робочих креслень машини та їх критичний аналіз під кутом зору можливості виконання машиною її службового призначення, намічених конструкцією способів отримання точності, виявлення та виправлення допущених помилок;

5) розробка технологічного процесу послідовності загального складання машини, що забезпечує можливість виконання нею службового призначення та виявлення вимог технології загального складання до конструкції машини, складальних одиниць і деталей;

6) аналіз службового призначення складальних одиниць і розбирання послідовності технологічного процесу складання складальних одиниць, їх регулювання та випробування; виявлення вимог технології складання до деталей, складових складальної одиниці та до конструкції складальних одиниць;

7) вивчення службового призначення деталей, критичний аналіз технічних умов і вимог до деталей з боку технології, виявлення вимог до конструкції деталей;

8) вибір технологічного процесу найбільш економічного отримання заготовок з урахуванням вимог службового призначення деталей і запланованого обсягу випуску в одиницю часу за незмінним кресленнями;

9) розробка найбільш економічного технологічного процесу виготовлення деталей при наміченій кількості випуску в одиницю часу та з незмінними кресленнями; внесення коректив у технологію складання і, якщо необхідно, в конструкцію деталей;

10) планування устаткування та робочих місць, підрахунок завантаження та внесення необхідних корективів в технологічний процес;

11) проектування та виготовлення інструменту, технологічного оснащення та обладнання; випробування їх та впровадження у виробництво;

12) внесення в технологічний процес всіх корективів для виправлення помилок і недоліків, виявлених під час впровадження технологічних процесів у виробництво.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

Основна література

- 1 Дикань, В.Л. Технология машиностроения [Текст]: учеб. пособие для экономистов // В.Л. Дикань, Ю.Е. Калабухин, В.А. Мельник. – Харьков: ООО “Олант”, 2005 – 160 с.
- 2 Барташев, Л.В. Техничко-економические расчеты при проектировании и производстве машин [Текст] / Л.В. Барташев. – М.: Машиностроение, 1973. – 304 с.
- 3 Технология машиностроения [Текст] / Б.Л. Беспалов [и др.].– М.: Машиностроение, 1973. – 456 с.
- 4 Технология машиностроения [Текст] / М.Е. Егоров [и др.].– М: Высшая школа, 1976. – 534 с.
- 5 Основы технологии машиностроения [Текст] / В.С. Корсаков [и др.]. – М.: Машиностроение, 1977. – 416 с.
- 6 Справочник технолога-машиностроителя [Текст] / под ред. А.Г. Косиловой: в 2-х т. – М.: Машиностроение, 1973. – 694 с. (6(03) С-741).
- 7 Данилевский, В.В. Технология машиностроения. Общий курс [Текст] / В.В. Данилевский. – М. Высшая школа, 1977. – 479 с. (621.75 Д 181)

Додаткова література

- 1 Дикань, В.Л. Діагностика фінансового стану підприємства [Текст]: навч. посібник / В.Л. Дикань, А.С. Козинець, В.Є. Чупир. – Харків: УкрДАЗТ, 2007. – 150 с.
- 2 Дикань, В.Л. Забезпечення конкурентоспроможності підприємств [Текст]: навч. посібник для студентів економічних спеціальностей ВНЗ. / В.Л. Дикань, Ю.Т. Боровик, О.М. Полякова, Ю.М. Уткіна. - Харків: УкрДАЗТ, 2011. - 387с.
- 3 Дикань, В.Л. Організація виробництва [Текст]: навч. посібник. / В.Л. Дикань, В.О. Маслова. -Харків: УкрДАЗТ, 2012. - 320 с.
- 4 Дикань, В.Л. Экономика предприятия [Текст]: учеб. пособие / В.Л. Дикань, Е.В. Шраменко, Н.В. Якименко. – Харьков: УкрГАЗТ. - 2012. – 278 с.