

Тема 9: Проектування технологічних процесів

9.1 Класифікація технологічних процесів

Усі технологічні процеси (ТП) механічної обробки заготовок у залежності від умов виробництва і призначення можна розділити на **одиничні й уніфіковані**. Останні, у свою чергу, поділяються на **типові і групові** технологічні процеси.

За рівнем використання досягнень науки і техніки застосовуються **робочі і перспективні** технологічні процеси.

Крім того, по ступеню деталізації проектних рішень технологічні процеси підрозділяються на процеси з **маршрутно-операційним описом, маршрутним описом і операційним описом**.

Зупинимося докладніше на пропонованій класифікації технологічних процесів.

Одиничний техпроцес – це ТП, призначений для виготовлення, або ремонту визначеного виробу одного найменування, типорозміру і виконання.

Уніфікований техпроцес – це ТП, що відноситься до групи виробів (деталей, складальних одиниць), що характеризуються спільністю конструктивних і технологічних ознак.

При цьому, типовий техпроцес – це ТП виготовлення групи виробів із загальними конструктивними і технологічними ознаками.

Груповий техпроцес – це ТП, призначений для виготовлення групи виробів з різними конструктивними, але з загальними технологічними ознаками на спеціалізованих робочих місцях.

Робочий техпроцес – це ТП, реалізований у даних виробничих умовах на конкретному робочому місці.

Перспективний техпроцес – це ТП, розроблений з урахуванням новітніх досягнень технології, що забезпечує зниження собівартості, але вимагає для свого впровадження капітальних вкладень.

Маршрутний опис – опис ТП, що включає опис всіх операцій у маршрутній карті без указівки переходів і режимів обробки (одиничне і дрібносерійне виробництва).

Маршрутно-операційний опис – містить скорочений запис складу окремих операцій і докладний поперехідний опис найбільш складних операцій технологічних процесів (дрібносерійне і середньосерійне виробництва).

Операційний опис – містить у собі поперехідний запис складу всіх операцій з указівкою режимів обробки і засобів технологічного оснащення по кожному переходу. Як правило, операційний опис ТП супроводжується операційними ескізами, на яких відображена схема базування заготовки, потовщеними лініями позначені оброблювані поверхні з указівкою їхніх розмірів, допусків і шорсткості (серійне і масове виробництва, а також дрібносерійне й одиничне виробництва для особливо складних деталей).

9.2 Основні принципи проектування технологічних процесів

При проектуванні ТП виготовлення деталей машин необхідно враховувати новітні досягнення в області обробки металів.

Основними напрямками сучасної технології механічної обробки заготовок є:

- 1) одержання більш точних заготовок з наближенням їх за формою і точністю до готових деталей. Це приводить до економії металу, зменшенню трудомісткості обробки, скороченню термінів виробництва виробів і зниженню собівартості їхнього виготовлення;
- 2) застосування автоматизованих верстатів і багатолезових інструментів (високопродуктивна обробка);
- 3) упровадження сучасних механічних і термохімічних методів зміцнюючих технологій (підвищує експлуатаційні властивості деталей, їхню довговічність і надійність у роботі);
- 4) розробка оптимальних ТП, застосування нових матеріалів, пластмас;
- 5) упровадження єдиної системи ТПВ і її комп'ютеризація.

Існує три основних принципи проектування технологічних процесів:

- 1) технічний;
- 2) економічний;
- 3) екологічний.

Технічний принцип полягає в тому, щоб спроектувати техпроцес, що дозволяє виготовити заданий виріб необхідної якості, забезпечуючи безпеку праці і дотримуючись екологічних принципів.

Економічний принцип передбачає виготовлення вищевказаного виробу з мінімальними витратами у встановлений термін.

Екологічний принцип передбачає при реалізації спроектованих техпроцесів мінімальний збиток для працівників і навколишнього середовища.

9.3 Вихідна інформація для проектування технологічних процесів і її аналіз

Проектування ТП є складною багатоваріантною задачею, що вирішується в умовах недостатньої початкової інформації. Весь процес проектування починається з аналізу вихідної інформації, що міститься в кресленні готового виробу, зведеннях про виробничу систему, обсяг і терміни випуску виробу, про кадри.

Уся вихідна інформація може бути розділена на три основні групи:

- 1) базова – креслення виробу, обсяг випуску продукції з урахуванням відсотка (%) запасних частин, зведення про виробничу систему (дані про устаткування, його стан), терміни випуску, у тому числі по незмінних кресленнях;

- 2) керівна – дані, що містяться в державних стандартах і стандартах підприємств (СТП) усіх рівнів - по устаткуванню, інструменту, техніці безпеки і т.д.;
- 3) довідкова – дані про режими різання, типові ТП, каталоги устаткування, оснащення, інструмента.

При цьому варто пам'ятати, що при проектуванні робочих техпроцесів базові і довідкові дані повинні відбивати дійсний стан виробничої системи, а для перспективних ТП можна використовувати каталоги нового обладнання й оснащення.

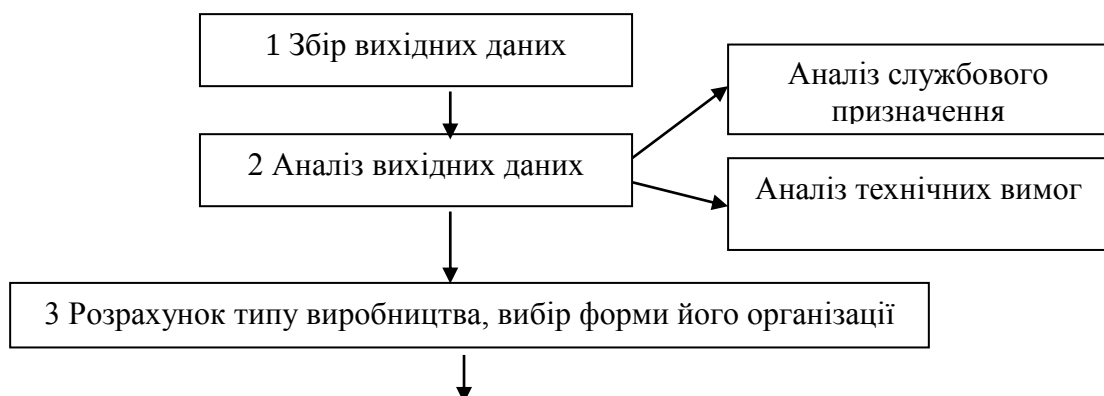
Аналіз базової інформації містить у собі наступні роботи: аналіз службового призначення виробу, включаючи задану деталь і складальні одиниці, куди вона входить (наприклад, компресор). При аналізі службового призначення деталі необхідно з'ясувати функціональне призначення окремих її поверхонь, правильність вибору точності розмірів, форми і взаємного розташування поверхонь, їхньої шорсткості. Необхідно установити обґрунтованість вибору матеріалу деталі, виду термообробки, покриття.

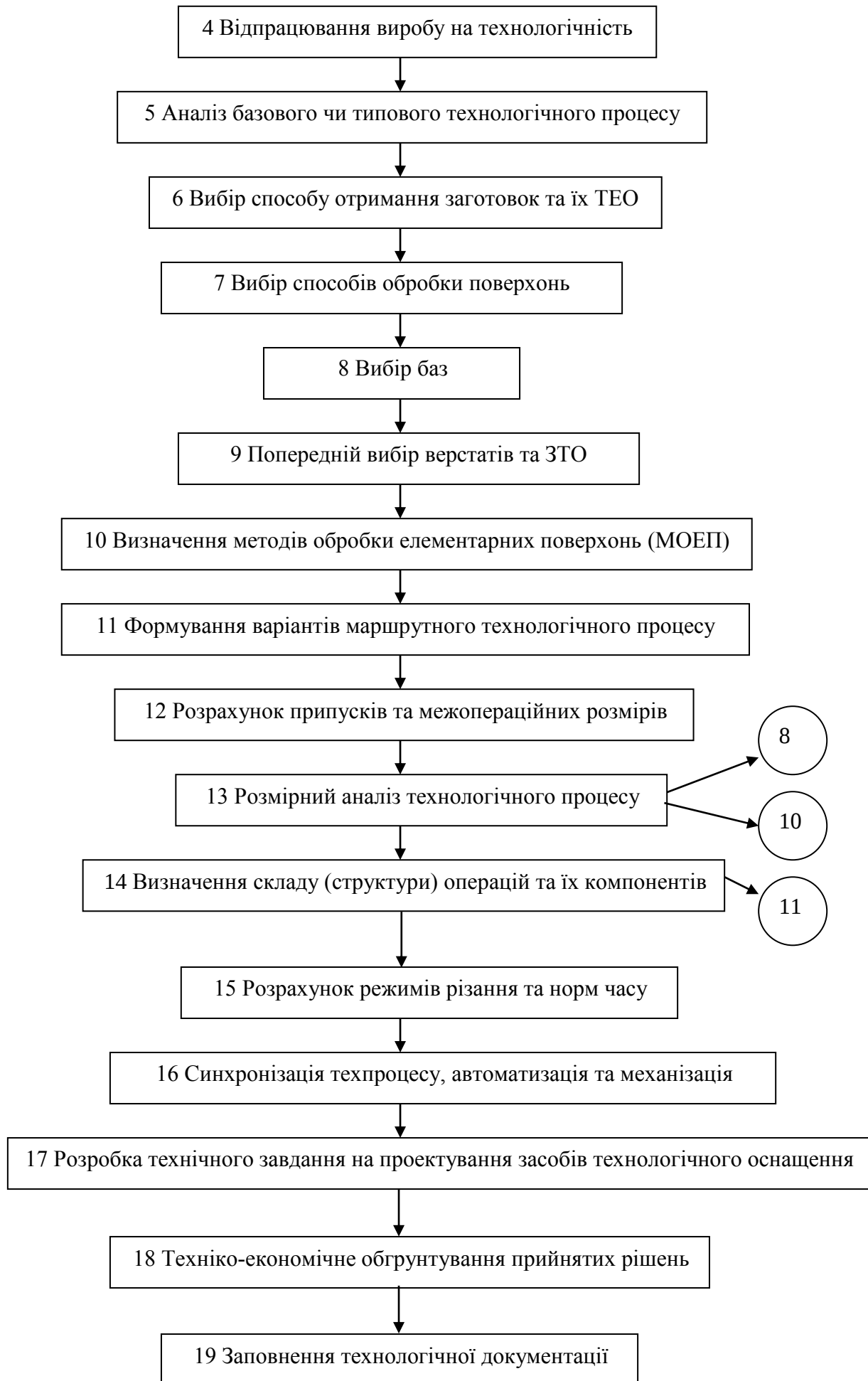
Краще при аналізі базової інформації розчленувати її на два підрозділи: аналіз службового призначення машини, вузла, деталі з виявленням умов їхньої експлуатації й аналіз повноти й обґрунтованості заданих вимог креслення й іншої вихідної інформації.

9.4 Послідовність проектування технологічних процесів

Проектування технологічних процесів механічної обробки і складання є складною, багатоваріантною задачею. По своїй суті це процес переробки вихідної інформації, що є недостатньою і неточною, у кінцеві технологічні рішення. Процес проектування багатоетапний, пов'язаний із синтезом нових даних на кожному етапі, що поповнюють вихідні дані. У результаті багатоваріантності рішень, наприклад, при призначенні способів обробки окремих поверхонь, або виборі верстата, необхідне виконання оптимізаційних розрахунків. Процес проектування ТП є ітераційним, тобто з поверненнями до раніше прийнятих рішень і їхньої корекції.

Послідовність проектування технологічних процесів механічної обробки заготовок можна представити у виді наступного алгоритму, див. малюнок.





Представлена нами послідовність проектування техпроцесів по суті є лише перерахуванням етапів, бо у реальному виробництві з'являється необхідність повернення до раніше виконаних етапів з метою уточнення прийнятих на них рішень.

Розглянемо більш докладно деякі з перерахованих вище етапів пропонованого алгоритму проектування технологічних процесів.

9.5 Визначення типу виробництва, розрахунки такту випуску, розміру партії запуску. Норма виробітку, розрахунок кількості верстатів

На перших лекціях ми з Вами уже визначили, що тип виробництва - класифікаційна категорія виробництва, виділювана по ознаках широти номенклатури, регулярності, стабільності й обсягу випуску продукції.

Нагадую, що розрізняють наступні типи виробництв: одиничне; серійне; масове.

На перших етапах проектування тип виробництва можна визначити укрупненим методом по кількості виробів, що випускаються за рік, та масі максимально оброблюваної заготовки, див. підручник Єгорова М.Є, чи по кількості випускаємих за рік (місяць) виробів та середньої трудомісткості складання виробів у годинах, див. підручник Маталіна А.О.

На наступних етапах проектування тип виробництва уточнюється розрахунком коефіцієнта закріплення операцій.

Відповідно до ГОСТ 3.1108-82 однією з основних характеристик типу виробництва є коефіцієнт закріплення операцій, що чисельно дорівнює відношенню кількості операцій, виконуваних у даному виробничому підрозділі за місяць, до кількості робочих місць:

$$K_{30} = \frac{\Sigma O}{P}.$$

$K_{30} \leq 1$ – масове виробництво;

$1 < K_{30} \leq 10$ – великосерійне виробництво;

$10 < K_{30} \leq 20$ – середньосерійне виробництво;

$20 < K_{30} \leq 40$ – дрібносерійне виробництво;

$K_{30} > 40$ - одиничне виробництво.

(Більш докладно з розрахунком K_{30} можна ознайомитися в підручнику «Курсове проектування по ТМС» авторів Горбачевича А.Ф. і Шкред В.А.).

Кожному з вище перерахованих типів виробництва властиві відповідні форми організації робіт, про які ми теж уже говорили:

1) по видах устаткування (для одиничного і дрібносерійного виробництв);

2) предметна, властива головним чином серійному виробництву;

3) поточно-серійна чи перемінно-потокова, властива серійному виробництву;

9.7 Аналіз базового (типового) технологічного процесу

Для більш правильного й обґрунтованого складання оптимального варіанта технологічного процесу механічної обробки заготовок спочатку необхідно проаналізувати базовий (заводський) технологічний процес механічної обробки розглянутої заготовки, а при його відсутності – типовий (з підручників) технологічний процес механічної обробки заготовки.

Для всебічного аналізу заводського технологічного процесу механічної обробки заготовки необхідно скласти таблицю технологічного процесу, у якій поряд з номерами і найменуваннями операцій, їхнім коротким змістом, відзначають ще і базування заготовки, а також використовувані металорізальні верстати. Наприклад:

№ п/п опе- ра- цій	Найменування операцій	Зміст операцій	Базування	Устаткування
005	Заготівельна	Кування		Молот
010	Термічна	Зняття внутрішніх напружень		Піч
015	Виправлення	Виправлення вала		Пристрій для виправлення
020	Термічна	Зняття внутрішніх напружень		Піч
025	Розточувальна	Підрізати торець вала	По зовнішніх циліндричних поверхнях у призмах з упором у торець	Горизонталь- но- розточувальн ий верстат мод. 2А620
030	Розмічальна	Розмітити прибуток для зразка		Плита розмічальна
035	Розточувальна	Відрізати заготовку для зразків	Див. операцію №025	Верстат мод. 2А620
....				
110	Фрезерна	Фрезерувати два пази: 28N9×140; 25N9×140	Див. операцію №025	Верстат мод. 2459
115	Маркіровочна	Маркірування деталі		Пристрій для маркірування
120	Контрольна	Контролювати основні розміри деталі		Стіл ВТК
125	Слюсарна	Зачистити заусенці		Верстат слюсарний

При аналізі розглянутої таблиці технологічного процесу указується форма опису технологічного процесу: маршрутне, операційне чи маршрутно-операційне, з, чи без операційних ескізів, з, чи без указівки режимів різання і т.д. До того ж, оформлення маршрутних карт відповідає, чи не відповідає встановленим стандартам, що, в останньому випадку, знижує рівень технологічного забезпечення механічної обробки заготовок, а значить і якість виробництва розглянутих виробів. У технологічному процесі вказуються, чи не вказуються межопераційні розміри заготовки та припуски, що знімаються, є, чи ні допуски на оброблювані розміри, чи зазначені моделі верстатів, є, чи відсутнє базування заготовок і технологічне оснащення.

У процесі аналізу виконується перевірка – чи всі зазначені на кресленні деталі поверхні зазначені для обробки в операціях технологічного процесу. Бувають випадки, коли в заводських технологічних процесах деякі поверхні не зазначені для обробки.

Аналіз заводського технологічного процесу механічної обробки заготовки повинний передбачати всі необхідні етапи обробки поверхонь: чорнові, напівчистові, чистові й інші. При цьому аналізується, чи досить для одержання заданої точності поверхонь тих чи інших етапів обробки. Наприклад, для найбільш точних поверхонь оброблюваного вала - по ІТ6, не досить 3-х кратної обробки. Тут бажано робити обробку в 4 етапи, виконуючи чорнове, напівчистове і чистове точіння, а також шліфування зазначених поверхонь.

Виконується аналіз і з погляду правильності побудови технологічного процесу, див. таблицю. На перших операціях, наприклад, обробки вала, виконується дворазова термообробка і виправлення заготовки, відрізка й обробка зразків для іспитів, що обговорено технічними вимогами до кувань V групи за ГОСТ 8479-70. Після одержання позитивних результатів іспитів, надалі обробляються поверхні «вала», що будуть служити базами на наступних операціях: підрізаються і центруються торці, потім виконується чорнове обточування всіх поверхонь деталі. Після остаточної обробки зразків і проведення їхніх іспитів, виконується чистова токарна обробка всіх поверхонь деталі. Після лезвійної обробки циліндричних поверхонь виконується їхнє шліфування, потім нарізаються різьблення М85×4-7Н, проточуються галтелі, радіуси, канавки, поліруються посадочні поверхні і фрезеруються пази. Таким чином, у деяких випадках можливе порушення принципу поетапності, коли після чистової обробки (шліфування) виконується лезвійна обробка з чорнового етапу. Однак, найчастіше ця міра змушена, оскільки охороняє лезвійний інструмент від поломок при обробці переривчастих поверхонь.

Аналізуються можливості диференціації і концентрації різних операцій. Наприклад, ряд переходів з різних операцій можна об'єднати в одну операцію, підвищивши їхню концентрацію, що прийнятно для умов дрібносерійного виробництва, і знизить собівартість обробки. З іншого боку, необхідність синхронізації операцій може привести до диференціації ряду операцій.

У розглянутому техпроцесі аналізується застосування ручної праці на розмічальних, маркіровочних і слюсарних операціях, що є резервом удосконалювання в знову спроектованому технологічному процесі.

Застосування спеціальних пристосувань, верстатів із ЧПК дозволить відмовитися від розмічальних операцій.

На всіх операціях заводського техпроцесу аналізується застосовуване устаткування і технологічне оснащення, рік їхнього випуску, ступінь механізації й автоматизації. При цьому, перевіряється: чи дотримується принцип сполучення і сталості баз і робляться відповідні пропозиції для знову спроектованого технологічного процесу. Таким чином, виконуваний аналіз показує, наскільки базування, використовуване устаткування й оснащення відповідають заданій програмі випуску і прийнятій формі організації розглянутого виробництва. Виконується й аналіз розташування устаткування на ділянці, як транспортуються між операціями заготовки, за допомогою яких засобів.

При аналізі технологічного оснащення перевіряється використовуваний ріжучий та допоміжний інструменти, правильність вибору методів обробки і підбора матеріалу ріжучих частин. Чи відповідає вимірювальний інструмент прийнятій формі організації виробництва і чи достатня його точність. Наприклад, в умовах дрібносерійного виробництва перевагу варто віддавати “шкальним” інструментам: штангенциркулям, мікрометрам, а в масовому виробництві – граничним калібрам: скобам, пробкам, шаблонам, зразкам шорсткості і т.д. Усе це дозволяє забезпечити необхідну якість оброблюваних поверхонь заготовок, як по точності розмірів, точності форми і взаємного розташування поверхонь, так і по їхній шорсткості.

9.8 Вибір вихідної заготовки і її техніко-економічне обґрунтування

Вибір способу одержання вихідних заготовок залежить від великої кількості факторів, і, у першу чергу, від типу виробництва, конструктивних форм деталей, їхнього призначення, габаритних розмірів, умов роботи в зібраній машині, випробовуваних напруг і т.д. Заготовками для виготовлення деталей машин можуть служити:

- 1) виливки чавунні, сталеві, з кольорових металів, із пластмас;
- 2) кування і штампування;
- 3) прокат сталі (гарячекатаної та холоднокатаної) і кольорових металів.

Фасонні деталі, що не піддаються ударним навантаженням, дії розтягання і вигину, виготовляються звичайно з чавунних виливків; для фасонних деталей машин, що працюють у тяжких умовах і зазнають великих напруг, замість чавунних виливків застосовуються сталеві. З чавуна відливаються станини, рами, плити, коробки, картери, корпуси підшипників, шківів, маховики і т.п.; зі сталі відливаються більш дрібні деталі – фланці, втулки, кронштейни, зубчасті колеса і т.п. Великі деталі зі сталі звичайно не відливають через важкість одержання таких заготовок.

Існує велике різноманіття способів одержання виливків. В одиничному і дрібносерійному виробництвах широке застосування одержало лиття в землю при ручному формуванні по дерев'яних моделях, а в серійному виробництві – лиття в землю при машинному формуванні по дерев'яних та металевих