

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЕФакультет інженерії та енергетики
Кафедра механічної інженерії та технології машинобудування

УДК 621.74.04
Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Куліш Олександр Вікторович

РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ
ЛИВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА КОРПУСНИХ ДЕТАЛЕЙ

133 – Галузеве машинобудування

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на
відповідне джерело.

Керівник роботи
Б.А. Шелудченко
К.т.н., професор

Житомир- 2025

ЗМІСТ

Анотація	5
Вступ	6
РОЗДІЛ І ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ ЛИТВА ВЕЛИКИХ КОРПУСНИХ ДЕТАЛЕЙ	8
1.1. Сучасні методи виробництва тонкостінних просторових виробів	8
1.2. Приклади литих коробчастих виробів	10
1.3. Задачі роботи	13
РОЗДІЛ ІІ.ФОРМИ ТА СПЛАВИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА КОРПУСНИХ ДЕТАЛЕЙ	14
2.1 Виробництво форм для лиття складних виливків	14
2.2. Особливості використання сплавів для лиття складних виливків	16
2.3. Висновки за розділом ІІ	17
РОЗДІЛ ІІІ ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ВЕЛИКИХ КОРПУСНИХ ДЕТАЛЕЙ	18
3.1. Особливості робочих процесів лиття складних корпусних деталей	18
3.2 Висновки за розділом ІІІ	23
Висновки	24
Список використаних джерел	25
Додатки	27

									Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата					

АНОТАЦІЯ

Куліш О. В. **Розроблення технологічного процесу ливарного виробництва корпусних деталей.** – Кваліфікаційна робота на правах рукопису. Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 133 – Галузеве машинобудування. – Поліський національний університет, Житомир, 2025.

Сучасні тенденції розвитку, такі як зелений перехід та величезні зміни в енергетиці, транспорті і виробництві призводять до збільшення потреб в ливарних виробах, особливо легкосплавних. Складні виливки використовуються в електромобілях, генераторах, виробництві роботів. В роботі розглянуті сучасні способи литва складних корпусних деталей.

SUMMARY

Kulish O. V. **Development of a technological process for the casting production of body parts.** – Qualification work in the form of a manuscript. Qualification work for the degree of Bachelor in specialty 133 – Industrial Mechanical Engineering. – Polesie National University, Zhytomyr, 2025.

Modern development trends, such as the green transition and huge changes in energy, transport and production, lead to an increase in the need for foundry products, especially light alloys. Complex castings are used in electric vehicles, generators, and robot production. The work considers modern methods of casting complex body parts.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Деталі, отримані литтям широко використовується при виготовленні складних виробів, яких потребують сучасні технології в транспорті, енергетиці, робото- і верстатобудування таких як верстати, прокатні валки, колеса залізничних вагонів, деталі двигунів внутрішнього згоряння чи електричних двигунів (блоки і статори) і багатьох інших виробів. Перевагою використання виробів литва є те, що вартість виробів (деталей) як правило набагато менше вартості деталей або заготовок, отриманих іншими способами обробки металів (прокат, ковка, штампування).

У загальному машинобудуванні частка деталей, отриманих ливарним способом становить до 60%, а у верстатобудуванні – до 80% усієї кількості машин і верстатів. Тільки за допомогою литва можна отримати технічно складні за геометрією і конфігурацією корпусі і інші деталі з чорних або кольорових металів і пластичних мас, які мають високий коефіцієнт використання матеріалу (75-98%).

Це забезпечує мінімальні припуски на подальшу обробку деталі або виробу, і дозволяє значно економити як матеріали, так і інструмент та робочий час. Найбільш розповсюдженим в Україні є виробництво виливків з таких матеріалів і сплавів, як сталі 20Л, 25Л та чавуну СЧ 20, СЧ25. Але розвиток електромобілів, альтернативної енергетики, роботів і дронів потребує використання виробів з алюмінієвих, магнієвих, титанових, мідних та інших сплавів легких металів з унікальними механічними, темічними, хімічними властивостями.

Метою роботи є аналіз і обґрунтування способів і методів отримання просторових виробів тонкостінної і комірчастої структури.

Сучасне виробництво потребує виробу з унікальними характеристикам. Тому при виробництві необхідно застосування спеціальних методів литва, складних і дорогих форм, підготовлених і очищених сплавів, з яких виробляється виливок. Останні технологічні розробки дозволяють

						Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

використовувати управління структурою при охолодженні і кристалізації сплаву методами ступінчастого охолодження і розмива форм (абляція).

Задачі роботи:

1. Вивчити особливості сучасного ливарного виробництва для отримання заготовок машинобудівного виробництва;
2. Проаналізувати технологію виробництва та властивості використовуваних ливарних матеріалів;
3. Визначити основні властивості та конструкційні особливості обладнання використовуваних в сучасному ливарному виробництві;
4. Обґрунтувати особливості технології виробництва великих корпусних деталей.

Публікації:

Куліш О. В. Особливості ливарного виробництва корпусних деталей // Наукові читання – 2025: збірник тез доповідей науково-практичної конференції за підсумками І-го туру Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт з галузей знань і спеціальностей. 23 квітня 2025 р. Житомир: Поліський національний університет, 2025. С. 112-113.

Куліш О. В. Переваги та недоліки різних форм для лиття // Матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та здобувачів вищої освіти факультету інженерії та енергетики «Студентські читання – 2024». Житомир: Поліський національний університет, 2024. С. 92-93.

Структура та обсяг роботи. Робота виконана на 29 сторінках друкованого тексту, містить вступ, три розділи, висновки, список літератури, додатки.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ І.
ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ ЛИТВА ВЕЛИКИХ
КОРПУСНИХ ДЕТАЛЕЙ

1.1. Сучасні методи виробництва тонкостінних просторових виробів

Розвиток продукції машинобудування напряду пов'язаний з виготовленням литих заготовок та деталей і подальшого удосконалення рівня їх властивостей і характеристик. Важливим є виробництво виливків просторової тонкостінної оболонкової або комірчастої конструкції, до якого відноситься виробництво різноманітних корпусних деталей.

Як і будь яке виробництво, лиття складних корпусних деталей має свої переваги та недоліки.

До переваг лиття в першу чергу відносяться:

1. Мала кількість відходів та мінімальні припуски на подальшу механічну обробку. Так, кількість відходів у стружку при виробництві виробів з прокату досягає $\approx 75\%$, з штампованих заготовок $\approx 50\%$, з виробів сталевих або чавунного литва $\approx 20-30\%$;
2. Короткий за часом та дешевий цикл виробництва, не пов'язаний з великою кількістю складних металооброблюючих верстатів;
3. Різноманіття виробів будь-яких розмірів і складності, яке визначається тільки виготовленням відповідної ливарної форми.

Як і будь-який процес, литво корпусних деталей має також і недоліки, до яких в першу чергу можна віднести:

1. Низьку порівняно з іншими процесами виготовлення (механічна обробка, штампування і ковка) продуктивність праці, обумовлену перш за все досить невеликою серійністю виробництва;
2. Високий відсоток браку, особливо при виготовленні складних виливків з великою кількістю переходів, порожнин і ребер.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

3. Висока вартість виробництва — сталевий виливок в 2-2,5 рази дорожчий за виготовлення прокату такої самої маси.

Тому подальший розвиток ливарного виробництва пов'язаний перш за все з розробкою і впровадженням нових способів отримання форм для литва, вдосконаленням технологічних процесів та ливарних сплавів, автоматизації і спеціалізації виробництва.

Литі корпусні деталі — це як правило просторові виливки тонкостінної оболонкової або комірчастої конструкції. Деякі складні вироби (наприклад блоки двигунів внутрішнього згоряння) поєднують в собі дані конструкції, і тому процес виливки є ще складнішим.

Отримують дані складні виливки використовуючи методи лиття за моделями, що газифікуються. В такому випадку ливарна модель взаємодіє з двома плинними структурами – сплавом, що заливається та заміщує модель зсередини, та рухомим середовищем формової суміші, яка оточує модель при формуванні ззовні. Окрім того, при отриманні тонкої стінки в виливках полегшеної маси необхідно використовувати високоміцні сплави, які одержують з використанням методів управління структурою ливарного сплаву, яка включає нерівномірне в просторі і часі ступінчасте охолодження.

Це дозволяє отримати міцні багатофазні структури сплавів. Крім того зовнішня оболонка форми з сухої суміші дозволяє використовувати її в якості середовища ізотермічної витримки виливка при ступінчастому охолодженні для ізотермічного гартування виробу.

Іншим способом підвищення механічних властивостей алюмінієвих деталей на відміну від чавунних або сталевих є використання швидкого охолодження виливку методом абляційного лиття. Даний метод полягає в інтенсивному розмиванні потужними струменями води ливарної форми під час процесу охолодження. Вода, контактуючи з виливком значно підвищує швидкість охолодження, створюючи умови для формування в сплаві більш дрібнозернистої структури. Так можна отримати складні виливки з підвищеними вимогами до механічних характеристик.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Загальний процес лиття складних коробчастих виробів включає наступні етапи:

1. Розробка технології виробництва виливків за кресленням деталі;
2. Виготовлення модельного комплекту;
3. Підготовка формувальних матеріалів, сумішей, виготовлення частин форм і стрижнів, складення ливарних форм;
4. Підготовка шихтових матеріалів, плавлення і заливання розплаву у форму;
5. Охолодження металу і вибивання виливків з форми;
6. Обрубкування і очищення виливків (відрізання літників, надливів, видалення пригару);
7. Термічна оброблення виливків;
8. виправлення дефектів і контроль якості[2].

1.2. Приклади литих коробчастих виробів

Загалом, по складності конфігурації і формування виливки поділяють на п'ять груп:

I група — виливки прості, як правило плоскі, невідповідального призначення. До таких відносять кришки, рукоятки, колодки, диски, примітивні маховики та ін.

II група — виливки відкритої коробчастої форми простлі конфігурації. Як приклад — різноманітні ковпаки, шківів, складні маховики зі спицями, букси, залізничні колеса, корпуси редукторів.

III група — виливки середньої складності відповідального призначення, які потім використовують для отримання великих шківів, шпинделів, блоків, зубчастих коліс великого діаметра, трійників з фланцями, частин металорізальних верстатів

						Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		



Рис 1.1. Кришка редуктора (II група)



Рис 1.2. Рама (III група)

IV група — складні виливки коробчастої форми відповідального призначення, з яких виготовляють станини, колони, силових головок велики металообробних

						Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

верстатів, блоків невеликих (одно або дох циліндрових) двигунів внутрішнього згоряння, навантажених рам і корпусів.

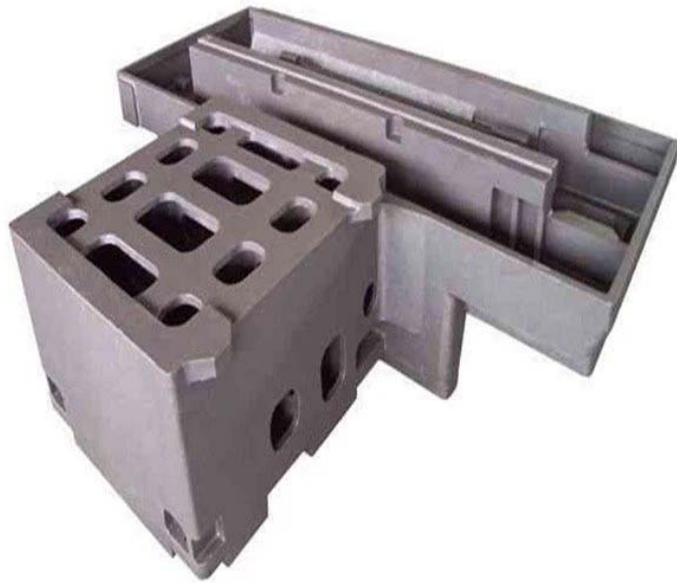


Рис 1.3. Станина (IV група)

V група — особливо складні і унікальні виливки закритої та сотової структури, такі як блоки та головки великих багаточиліндрових двигунів, газових і парових турбін, компресорів, колінчастих валів та ін.



Рис 1.4. Гідротурбіна (5 група)

						Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Довговічна експлуатація литих виробів потребує їх виготовлення з певними вимогами до механічних та конструктивних властивостей:

- На виробі недопустимі зовнішні і внутрішні дефекти лиття;
- Метал або сплав, з якого виливається деталь, повинен мати високі механічні властивості згідно вимог до виробу;
- Якщо виливок має спеціальне призначення, він повинен відповідати спеціальним вимогам до властивостей (жароміцність, опір корозії, стійкість до абразивного впливу);
- Точність і максимальну наближеність до розмірів деталі;
- Допустиму шорсткість поверхонь [3].

1.3. Задачі роботи

За результатами аналізу особливостей процесу ливарного виробництва великих корпусних деталей сформульовано такі задачі роботи:

1. Вивчити особливості сучасного ливарного виробництва для отримання заготовок машинобудівного виробництва;
2. Проаналізувати технологію виробництва та властивості використовуваних ливарних матеріалів;
3. Визначити основні властивості та конструкційні особливості обладнання використовуваних в сучасному ливарному виробництві;
4. Обґрунтувати особливості технології виробництва великих корпусних деталей.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ II.
ФОРМИ ТА СПЛАВИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА
КОРПУСНИХ ДЕТАЛЕЙ

2.1. Виробництво форм для лиття складних виливків

Основне світове виробництво ливарних виробів (до 80%) відбувається з використанням разових пісчаних форм. Для отримання таких форм використовується спеціальне оснащення, яке називається модельно-опочним. Воно складається з форми, стрижнів і їх складання у стрижневих ящиках.

Крім того до комплекту включають моделі і модельні плити, по яких виготовляються частини форми, стрижневі ящики і вентиляційні плити які утворюють вентиляційні канали в стрижнях, сушильні плити для сушіння стрижнів - плоскі і фігурні, опоки, засоби і прилади для контролю форми в процесі складання, а також холодильники, штирі для з'єднання опок і інший інструмент.

Етапи виготовлення литих деталей в ливарному виробництві (Рис 2.1.):

- Приготування сумішей – формуючих та стрижневих;
- Виготовлення з них форм і стрижнів;
- Етап сушки форм і стрижнів;
- Складання форм;
- Приготування формових і стрижневих сумішей
- Виготовлення стрижнів
- Сушка
- Виготовлення і складання форм
- Заливка форм ливарною сумішшю
- Охолодження виливків
- Вибивання форми

						Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

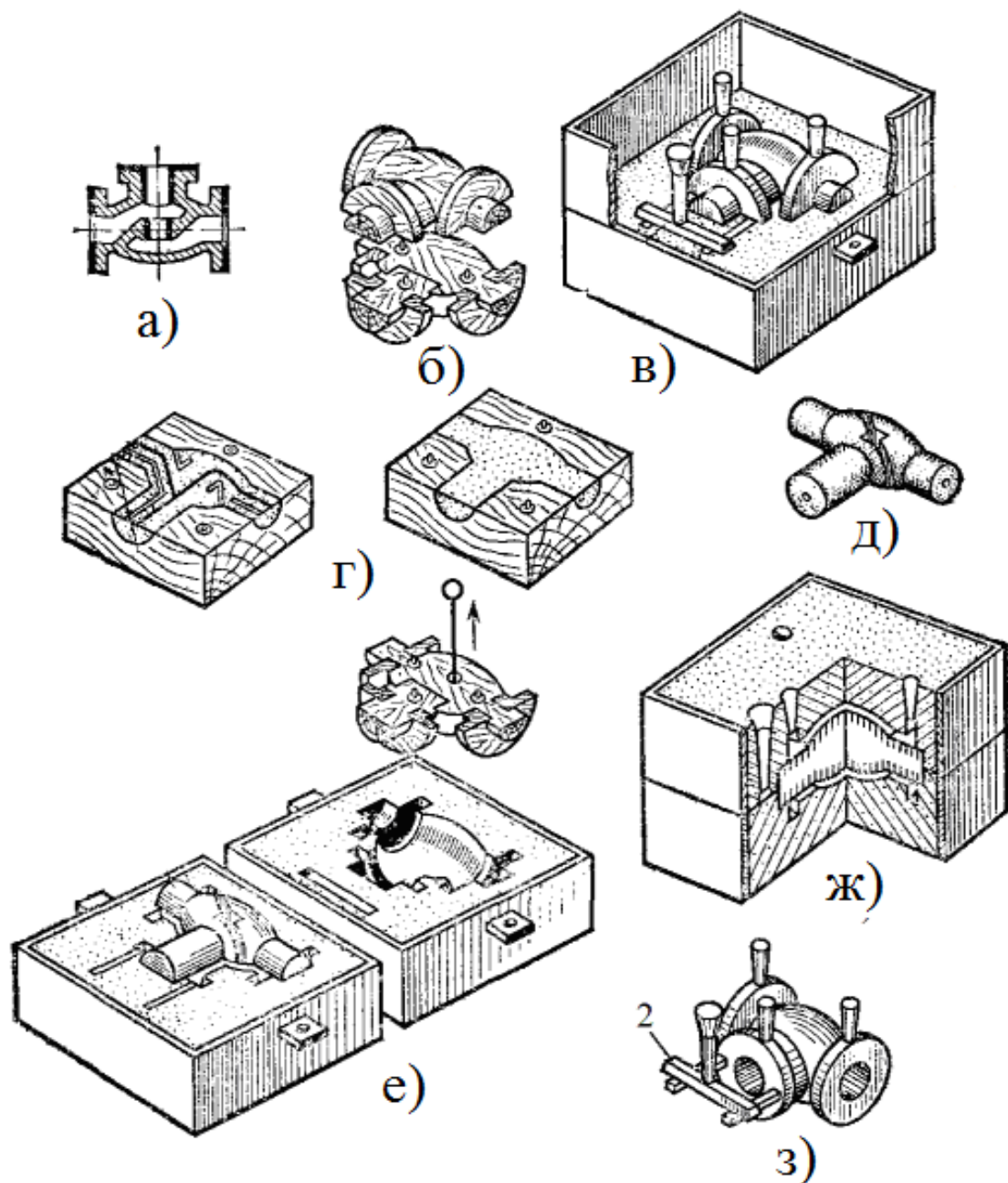


Рис 2.1. Виготовлення моделей і виливок

Лиття в піщано-глинисті форми дає посередню якість виробу. Для отримання більш якісних заготовок з меншою шорсткістю поверхні доцільно використовувати інші способи лиття, такі як лиття в кокіль, оболонкові форми, лиття під тиском, лиття за моделями, що виплавляються[4].

								Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата				

2.2. Особливості використання сплавів для лиття складних виливків

Для виготовлення виливок використовують різноманітні метали і сплави. Основні з них, а також їх механічні властивості наведені в таблиці 2.1. Найбільш поширеними є деталі з чавуну і сталі.

Таблиця 2.1.

Механічні властивості ливарних сплавів

Найменування сплаву	ГОСТ, ДСТУ, ТУ	Межа міцності при розриванні, МПа	Межа текучості, МПа	Межа міцності при вигині, МПа	Відносне видовження, %	Ударна в'язкість, кДж/м²
Сірий чавун	1412-85	100...450	—	280-650	—	—
Ковкий чавун	1215-79	300...800	—	—	1,5...12	—
Високоміцний чавун	3925-99	380...1200	230...700	—	2...22	130...600
Легований чавун	7769-82	40...500	—	100-700	2...25	—
Вуглецева сталь	977-88	400...860	200...470	—	10...24	150...500
Легована сталь	977-88	450...1400	280...1200	—	3...40	300...500
Високолегована сталь	2176-77	450...1150	180...900	—	3...50	150..2500
Бронзи олов'яні	613-79	150...210	—	—	4...8	—
Бронзи безолов'яні	493-79	58,7...607	—	—	2...20	—
Латуні	17711-80	150...700	140...300	—	4...20	—
Алюмінієві сплави	2839-94	120...400	—	—	0,5...15	—
Магнієві сплави	2856-79	117...235	83...176	—	1...6	—
Цинкові сплави	25140-93	196...435	—	—	0,5..8,0	—
Титанові сплави		740...2000	—	—	5...38	—

						Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Окрім традиційних виливків з чугунів або чорних і легованих сталей, для сучасного виробництва зростає кількість виливок з кольорових металів і сплавів. Виробництво двигунів до автомобілів (електричних і внутрішнього згоряння), робототехніка, енергетика, які інтенсивно розвиваються, потребують виробів з високою питомою міцністю та унікальними фізико-механічними і хімічними властивостями.

Виливки зі сплавів кольорових металів поділяють за типом сплаву: алюмінієві, магнієві, мідні, нікелеві, легкоплавкі, тугоплавкі, сплави благородних металів (золото, платина).

Для отримання заданих характеристик необхідна ретельна підготовка сплаву. Дзеркало розплавленого металу захищають спеціальними флюсами проти утворення оксидних плівок. Проводять рафінування сплавів (очиска від різних включень і розчинного водню) і їх модифікацію (подрібнення макрозерен підвищує однорідність властивостей у стінках різної товщини).

2.3. Висновки за розділом II

1. Лиття в піщано-глинисті форми дає посередню якість виробу. Для отримання більш якісних заготовок з меншою шорсткістю поверхні доцільно використовувати інші способи лиття, такі як лиття в кокіль, оболонкові форми, лиття під тиском, лиття за моделями, що виплавляються;
2. Окрім традиційних виливків з чугунів або чорних і легованих сталей, для сучасного виробництва зростає кількість виливок з кольорових металів і сплавів;
3. Для отримання заданих характеристик необхідна ретельна підготовка ливарного сплаву.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ III.

ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ВЕЛИКИХ КОРПУСНИХ ДЕТАЛЕЙ

3.1. Особливості робочих процесів лиття складних корпусних деталей

При виробництві складних корпусних деталей застосовують як звичайні, так і спеціальні методи литва. До найпростіших звичайних методів відносять лиття в разові піщано-глинисті форми. Така технологія дає задовільні результати при виготовленні звичайних за якістю та вимогами до властивостей виробів при штучних та невеликих обсягах виробництва.

Коли вимоги до точності виробу, якості його поверхні, припусків до розмірів стінок, ребер чи перемичок збільшені, необхідно застосовувати спеціальні методи виробництва. Основні з них та їхні технологічні можливості наведені в Талиці 3.1.

Таблиця 3.1.

Порівняльна характеристика способів лиття

Спосіб лиття	Максимальна маса вилівка, кг	Максимальний габаритний розмір, мм	Мінімальна товщина стінки, мм	Шорсткість литої поверхні Rz, мкм
У піщано-глинисту форму	400000	3000 і більше	4-8	(80) 200-300
У кокіль	1000	3000	3-5	40-60
У виливницю	400000			
Відцентрове	40000	6000	5-6	20-80
В оболонкові форми	150	1500	3-6	40-50
За моделями, що виплавляють	100	1000	1-3	5-20
Під тиском	30	700	0,5-1	0,05-10

									Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата					

Для вибору способу виготовлення деталі необхідна комплексна оцінка як технологічних можливостей ливарного виробництва на підприємстві, економічну доцільність вибору такого способу, так і характеристики і вимоги до цього виробу.

Складні деталі (III -IV групи) в залежності від якості ллють як в разові піщані форми, так і використовують більш складні і дорогі спеціальні методи. Такі методи потребують виготовлення спеціальних форм (наприклад кокіль), і спеціального обладнання та матеріалів для забезпечення технології (лиття під тиском, відцентрове та ін).

На одному підприємстві в залежності від деталі можливе використання різних способів. Відносно прості вироби — кришки, корпуси ллють у відносно дешеві піщано-глинисті форми. Таке литво задовольняє нескладні умови до характеристик виробів (точність, поверхня) і потребує невеликих затрат. Формувальні машини і лінії, що є на виробництві дозволяють отримувати необхідну кількість форм, які не потребують окрім піщано-глинистої суміші спеціальних дорогих матеріалів.

Більш складні деталі з підвищеним навантаженням, точністю та якістю поверхні ллють у спеціальні форми. Наприклад, циліндричні заточки (чашки, кришки для підшипників, поршні) отримують литтям у кокіль.

Кокіль — це не піщана, а металева форма, як правило з чавуну чи сталі. Лиття в кокіль є одним з найбільш поширених спеціальних способів литва, який забезпечує підвищену точність, якість, міцність, збільшення продуктивності праці, здешевлення за рахунок зменшення витрат формувальних матеріалів.

Міцність металевих форм дозволяє отримувати велику кількість (десятки тисяч) виробів, а технологічна можливість регулювання режиму охолодження дозволяє підвищити щільність виливки і її механічні властивості.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

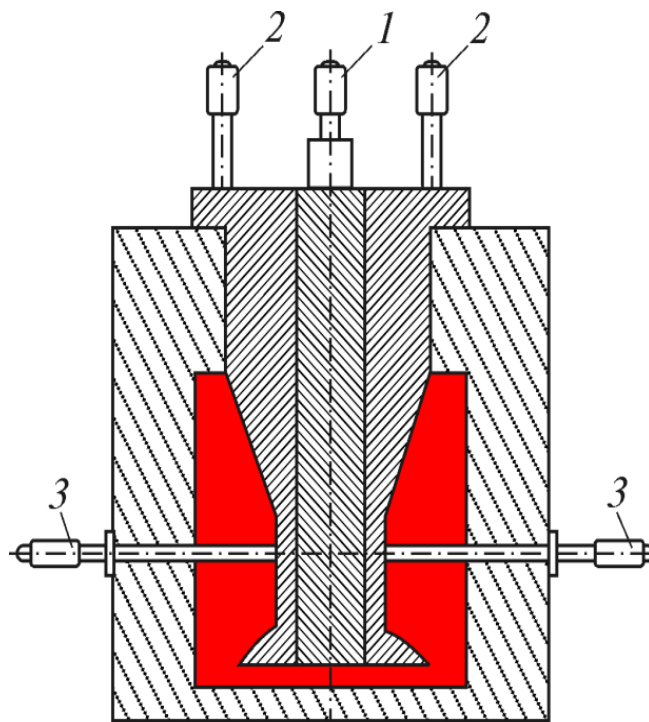


Рис. 3.1. Кокіль для лиття поршнів:

1 - клин; 2 - боковини (1 і 2 складають центровий стрижень);

3 - циліндрові стрижні

Щоб виливок не приварювався до внутрішньої поверхні форми кокілю і зменшення впливу розплавленого металу на поверхню форми, а також зменшення швидкості охолодження робочі поверхні форми фарбують спеціальною фарбою або облицьовують формувальною сумішшю.

Але виробництво кокілю значно дорожче ніж разової піщаної форми і тому використання кокілю доцільне при великих обсягах виробництва (масове).

Другим широко використовуваним способом отримання якісних виробів є спосіб вільного заливання металу у форму, яка обертається (Рис 3.2). В таблиці 3.1 таке лиття називається відцентровим, тому що у такому способі на виливок діють відцентрові сили і вироб формується під тиском.

Виливок, отриманий під тиском, чи відцентровими силами, Може мати, підвищені механічні властивості, підвищену щільність, більш дрібнозернисту

								Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата				

структуру, значно більш якісну поверхню, яка не потребує фінішної механічної обробки.

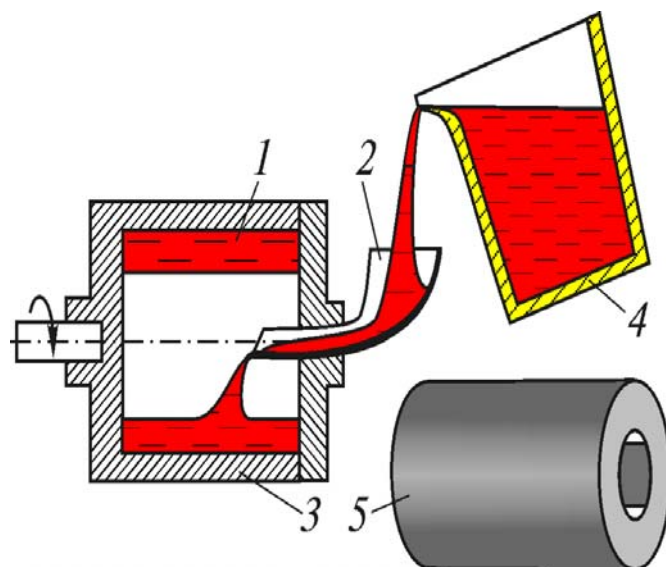


Рис. 3.2. Схема відцентрового лиття порожнистих циліндрових заготовок в машині з горизонтальною віссю обертання:

1 - розплав; 2 - жолоб; 3 - виливниця, що обертається;
4 - ківш з металом; 5 – виливок

Сучасна світова тенденція у ливарній промисловості відзначена зростанням кількості виробів з алюмінію, яке викликане бумом виробництва електромобілей. Виливки картерів двигунів і редукторів потребують зростання механічних властивостей і нових ливарних процесів.

Такі процеси пов'язані з управлінням структурою. Сплав у при його охолодженні у формі. Один з способів такого литва - абляційний, при якому ливарна форма з піщаної суміші піддається розмиванню струменями води, що дозволяє міняти швидкість охолодження виробу. Це дозволяє отримувати більш дрібнозернисту мікроструктуру і підвищити механічні властивості.

Для такого способу литва найбільш придатними матеріалами є різноманітні алюмінієві та магнієві сплави. Абляційне литво дозволяє

							Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата			

отримувати тонкостінні і товстостінні виробами зі складними внутрішніми поверхнями (Рис 3.3., 3.4)

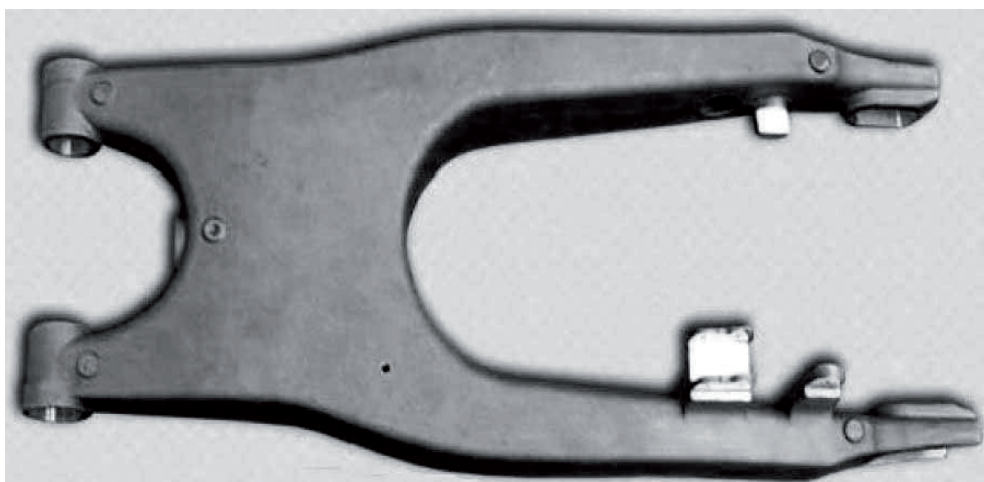


Рис 3.3. Маятник задньої підвіски мотоцикла

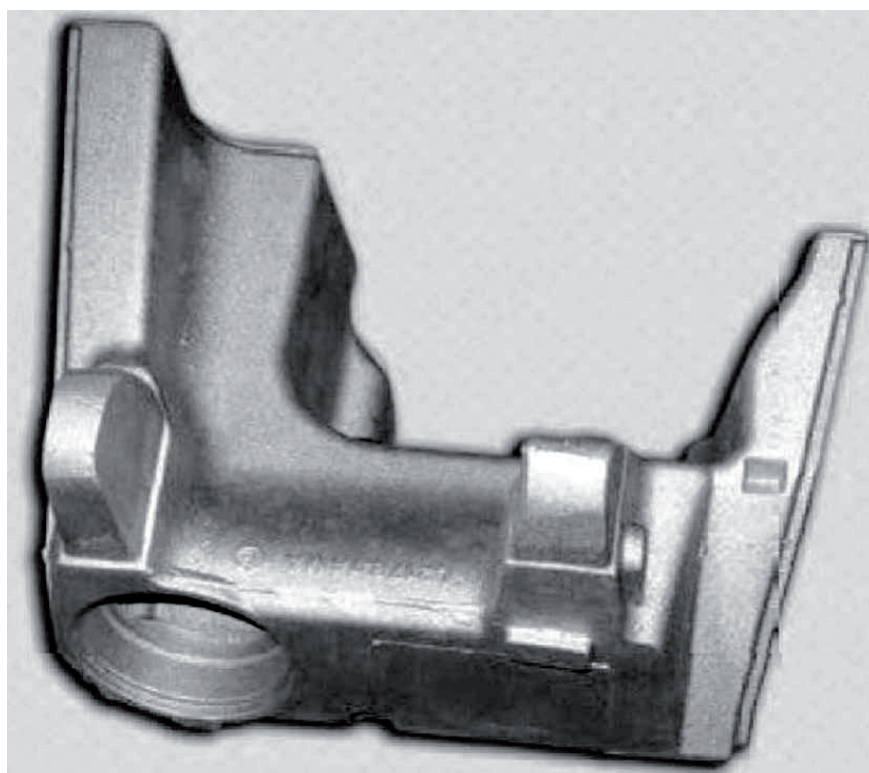


Рис 3.4. Частина рами мотоцикла

Будь який спосіб литва технологічно має певну кількість браку. В середньому, в залежності від рівня і культури виробництва, кількість браку

						Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

коливається від 1% до 10%, а при виробництві надскладних виливків може досягати 50%, що є неприпустимим з економічної точки зору.

Основними причинами браку в ливарному виробництві є:

- складність та нетехнологічність конструкції деталі;
- порушення якості форм і технології лиття;
- Невірна рецептура і помилки при розплавленні ливарного матеріалу;
- Неправильний вибір способу литва.

Сам брак виробництва можна поділити на поправний і непоправний. Поправний брак дозволяє виправлення виробу подальшою механічною обробкою. Для виправлення допустимого браку використовують зварку, закладки, установка втулок, пробок і заглушок, використання герметизуючих матеріалів.

Для зменшення витрат важливою частиною технології є аналіз причин виникнення браку литва при виробництві та їх усунення в процесі виробництва.

3.3. Висновки за розділом III

1. При виробництва складних корпусних деталей застосовують як звичайні, так і спеціальні методи литва;
2. Для зменшення витрат важливою частиною технології є аналіз причин виникнення браку литва при виробництві та їх усунення в процесі виробництва.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

1. Сучасні тенденції розвитку, такі як зелений перехід та величезні зміни в енергетиці, транспорті і виробництві призводять до збільшення потреб в ливарних виробах, особливо легкосплавних. Складні виливки використовуються в електромобілях, генераторах, виробництві роботів.

2. Найбільш складним є виробництво виливків просторової тонкостінної оболонкової або комірчастої конструкції, до якого відноситься виробництво різноманітних корпусних деталей, блоків двигунів, корпусів турбін та ін.

3. Складні литі вироби мають підвищені вимоги до точності виробу, якості його поверхні, припусків до розмірів стінок, ребер чи перемичок, їх шорсткості і міцності. Їх виробництво можливо лише новими прогресивними способами литва із використанням сучасних сплавів.

4. Окрім використання лиття у кокіль, лиття під тиском або відцентрового лиття, з'явилися нові способи управління кристалізацією і структурою сплаву через управління швидкістю охолодження виливків. При цьому форма з пішаної суміші розмивається водою і дозволяє отримувати більш дрібнозернисту мікроструктуру і підвищити механічні властивості.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.

1. Основи проектування одночерв'ячних екструдерів: навч. посіб. І.О. Мікульонок, О. Л. Сокольський, В. І. Сівецький, Л. Б. Радченко. Київ: НТУУ «КПІ», 2015. 200 с.
2. Коваленко І.В. Основні процеси, машини та апарати хімічних виробництв: Підручник/ І.В. Коваленко, В.В. Малиновський. – К.: Інрес : Воля, 2005. – 264 с.
3. Мікульонок І.О. Механічні, гідромеханічні й масообмінні процеси та обладнання хімічної технології / І. Мікульонок. с Навч. Посіб. -2-ге вид., переробл. і допов. –К.:ІВЦ «Політехніка»,2002. – 304с.
4. Технологія конструкційних матеріалів / М. А. Сологуб, І. О. Рожнецький, О. І. Некоз та ін. – К. : Вища школа 2002. – 374 с.
5. Л. И. Фанталов, Б. В. Кнорре, С. И. Четверухин и др. — М. : Машиностроение, 1979. — 376 с.
6. Попович В.В. Технологія конструкційних матеріалів. – Львів: Світ, 2006.
7. Технологія конструкційних матеріалів / М. А. Сологуб, І. О. Рожнецький, О. І. Некоз та ін. – К. : Вища школа 2002. – 374 с.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

						Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		