

Центральноукраїнський національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Механіко-технологічний

(повне найменування назва факультету)

Матеріалознавство та ливарне виробництво

(повна назва кафедри)

ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ

магістр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: Проект цеху чавунного литва з річною продуктивністю 12000 тон
придатних виливків з удосконаленням проектування і виготовлення
ливарного оснащення на основі застосування адитивних технологій

Виконав: студент групи ОЛ–21М-1,4

спеціальності 131 «Прикладна механіка»

(шифр і назва спеціальності)

Мануйлович А.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник

Конончук С. В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(прізвище та ініціали)

Центральноукраїнський національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет Механіко-технологічнийКафедра матеріалознавства та ливарного виробництваОсвітньо-кваліфікаційний рівень магістрСпеціальність 131 «Прикладна механіка»

(шифр і назва)

Спеціалізація "Обладнання та технології ливарного виробництва"

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.О. завідувача кафедри МЛВ

доц., к.т.н. Кузик О.В.

“ ” 2022 року

З А В Д А Н Н Я

НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТУ

Мануйловича Андрія Володимировича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту Проект цеху чавунного литва з річною продуктивністю 12000 тон придатних виливків з удосконаленням проектування і виготовлення ливарного оснащення на основі застосування адитивних технологій

керівник проекту Конончук Сергій Васильович к.т.н., доц.,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “ 17 ” серпня 2022 року № 13-13

2. Строк подання студентом проекту 20.12.2022 р

3. Вихідні дані до проекту завдання на дипломне проектування, креслення деталі, сплав СЧ20, матеріали переддипломної практики, державні стандарти та технічні нормативи

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Загальна частина, технологічна частина, наукова частина, енергетична частина, економічна частина

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) План цеху, деталь з ливарною технологією, модельний комплект низу, модельний комплект верха, стержневий ящик, форма в зборі,

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1. Загальна частина.	Конончук С.В., доц.		
2. Технологічна частина.	Конончук С.В., доц.		
3. Наукова частина.	Конончук С.В., доц.		
4. Енергетична частина.	Конончук С.В., доц.		
5. Економічна частина.	Сисоліна Н. П., доц.		

7. Дата видачі завдання 1.09.2022

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Розрахунок загальної частини	10.09.2022	
2	Креслення плану цеху	20.09.2022	
3	Розрахунок по технологічній частині	30.09.2022	
4	Креслення по технологічній частині	10.10.2022	
5	Розрахунок науковій частині	20.10.2022	
6	Плакати по науковій частині	30.10.2022	
7	Енергетична частина	05.11.2022	
8	Економічна частина	10.11.2022	
9	Оформлення пояснювальної записки	30.11.2022	
10	Перевірка на анти плагіат	15.12.2022	
11	Оформлення рецензії	20.12.2022	
12	Захист дипломного проекту	27.12.2022	

Студент

(підпис)

Мануйлович А.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту

(підпис)

Конончук С. В.
(прізвище та ініціали)

Формат	Зона	Позиція	Позначення	Найменування	Кільк.	Прим.
				Документація загальна		
				Знову розроблена		
A4			ДП-131.22.08.00.00.00.ПЗ.	Пояснювальна записка	1	
				Документація по кресленням		
A1			ДП-131.22.08.01.01.00.ВЗ	План цеху	1	
A4			ДП-131.22.08.01.01.00	Специфікація	1	
A1			ДП-131.22.08.02.01.00.КС	Деталь з нанесеною ливарною	1	
				технологією		
A1			ДП-131.22.08.02.02.00.КС	Модельна плита верха	1	
A4			ДП-131.22.08.02.02.00	Специфікація	1	
A1			ДП-131.22.08.02.03.00.КС	Модельна плита низу	1	
A4			ДП-131.22.08.02.03.00	Специфікація	1	
A1			ДП-131.22.08.02.04.00.КС	Стержневий ящик	1	
A4			ДП-131.22.08.02.04.00	Специфікація	1	
A1			ДП-131.22.08.02.05.00.КС	Форма в зборі	1	
A4			ДП-131.22.08.02.05.00	Специфікація	1	

АНОТАЦІЯ

Пояснювальна записка викладена на стор. друкованого тексту і містить табл. рис.

ФОНДИ ЧАСУ, ПЛАВИЛЬНА ПІЧ, ВИРОБНИЧА ПРОГРАМА, ВИЛИВОК, ФОРМА, ЛИВНИКОВА СИСТЕМА, АВТОМАТИЧНА ФОРМУВАЛЬНА ЛІНІЯ, АДИТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ, ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЯ, СОБІВАРТІСТЬ, КАЛЬКУЛЯЦІЯ

В дипломному проекті розроблено цех чавунного литва з річною продуктивністю 12000 тон придатних виливків з удосконаленням проектування і виготовлення ливарного оснащення на основі застосування адитивних технологій.

В першому розділі пояснювальної записки виконано розрахунки фондів часу роботи обладнання та робітників, розрахунок виробничої програми цеху, розрахунки основних відділень цеху: плавильного, формувального, стержневого, очисного, обрубного, відділення зачистки виливків.

В другому розділі приведено аналіз конструкції деталі, розроблені технічні умови на виливок. Розроблена технологія виготовлення виливка. Виконано розрахунок ливниково-живильної системи. Описано технологію виготовлення форми, характеристику матеріалів. Наведено параметри та способи технічного контролю якості виливків.

В науковій частині дипломного проекту на основі аналізу сучасних можливостей 3Д друку, комп'ютерної техніки та програмного забезпечення обґрунтовано необхідність удосконалення процесів проектування та виготовлення ливарного оснащення на основі застосування адитивних технологій. Розроблено рекомендації щодо підвищення швидкості впровадження у виробництво нових виливків із застосуванням виготовленого за допомогою 3Д принтера оснащення.

					ДП-131.22.08.00.00.00.ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Анотація		
Розроб.		Мануйлович А.					
Перевір.		Конончук С.В.					
Реценз.							
Н. Контр.		Конончук С.В.					
Затверд.		Кузик О.В.					
					Літ.	Арк.	Акрушів
						4	
					ЦНТУ, гр. ОЛ-21М-1,4		

В четвертій частині проекту розраховано річні потреби ливарного цеху в електроенергії, воді та стисненому повітрі.

В економічній частині проекту розраховано капіталовкладення, штатний розклад та кількість працюючих, кошторис витрат на утримання та експлуатацію устаткування, калькуляція собівартості виливків.

					ДП-131.22.08.00.00.00.ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

стор.

Вступ.....

1. Загальна частина

1.1	Вибір та обґрунтування розташування цеху.....	10
1.2.	Розрахунок річної програми цеху.....	11
1.3.	Вибір режиму роботи цеху.....	14
1.4.	Розрахунок фондів часу.....	14
1.5.	Плавильне відділення.....	18
1.5.1.	Характеристика виплавляемого сплаву	18
1.5.2.	Розрахунок балансу металу	19
1.5.3.	Розрахунок кількості плавильних агрегатів	21
1.5.4.	Розрахунок шихти	22
1.5.5.	Устрій і робота плавильного відділення.....	22
1.5.6.	Вибір ковшів	24
1.6.	Розрахунок формувальної дільниці.....	24
1.7.	Стержньове відділення	28
1.7.1.	Устрій і робота стержневого відділення.....	32
1.8.	Сумішоприготувальне відділення	33
1.8.1.	Устрій і робота сумішеприготувального відділення.....	36
1.9.	Очисне відділення	37
1.10.	Ґрунтування виливків.....	41
1.11.	Допоміжні відділення.....	42
1.12.	Розрахунок допоміжних відділень цеху.....	44
1.13.	Розрахунок складів ливарного цеху.....	45

					ДП-131.22.08.00.00.00.ПЗ						
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Мануйлович А			Зміст			Літ.	Арк.	Акрушів	
Перевір.		Конончук С.В.								6	
								ЦНТУ, гр. ОЛ – 21М-1,4			
Н. Контр.		Конончук С.В.									
Затверд.		Кузик О.В.									

2. Технологічна частина

2.1. Аналіз конструкцій деталей і технологічних умов на відливки.....	49
2.2. Розробка технологічного процесу виготовлення відливка	50
2.3. Розрахунок і конструювання ливникової системи	54
2.4. Описання технологічного процесу виготовлення відливка.....	58
2.5. Опис процесу проектування ливарної оснастки	60
2.6. Контроль якості відливків.....	62

3. Наукова частина

3.1. Переваги та недоліки адитивних технологій	63
3.2. Огляд сучасних видів 3Д друку	71
3.3. Застосування адитивних технологій в ливарному виробництві	79
4.4. Опис процесу проектування і виготовлення ливарного оснащення із застосуванням адитивних технологій	83

4. Енергетична частина

4.1. Річна потреба в електроенергії.....	85
4.2. Річна потреба цеху у воді.....	87
4.3. Річна потреба в стисненому повітрі.....	88

5. Економічна частина

5.1. Розрахунок капітальних вкладень.....	89
5.2. Техніко-економічна частина.....	95
5.3. Складання штатного розкладу працюючих ливарного цеху.....	95
5.4. Чисельність допоміжних робітників.....	97
5.5. Чисельність допоміжних працівників по міжремонтному обслуговуванню	98
5.6. Розрахунок фонду заробітної плати працівників.....	101
5.7. Калькуляція собівартості відливків	104
5.8. Калькуляція собівартості тони придатних відливків	108
Заключення.....	111
Література.....	112
Додатки.....	114

					ДП-131.22.08.00.00.00.ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Ливарне виробництво є основною заготівельною базою машинобудування.

Литі заготовки по розмірам та конфігурації в найбільшій мірі наближаються до готової деталі.

Основним напрямком вдосконалення та розвитку ливарного виробництва є розширене використання відомих і створення нових технологічних процесів, які дозволяють зменшити витрати матеріалу та енергії, знизити трудомісткість, збільшити продуктивність, покращити умови праці і усунути шкідливий вплив на оточуюче середовище та нарешті підвищити якість і ефективність виробництва.

У виробництві литих заготовок для деталей машин і приладів значне місце займають способи отримання відливків в пісчаноглинисті форми, та так звані спеціальні способи лиття: по виплавляємим моделям, в керамічні форми, в кокіль, під тиском, центробіжне литво, електрошлакове лиття та інші, що дають змогу отримати відливки підвищеної точності, з високими службовими властивостями.

Технологічний процес одержання відливків в пісчаноглинисті форми відрізняється тим, що має невелику матеріало- і енергоємність, трудомісткість, дозволяє практично повністю автоматизувати процес виготовлення відливків, суттєво покращити умови праці і зменшити шкідливий вплив на оточуюче середовище.

Ці процеси, як правило здійснюються на автоматизованих або автоматичних ливарних установках, або лініях, тому сфера їх застосування в машинобудуванні весь час розширюється, а обладнання вдосконалюється.

					ДП-131.22.08.00.00.00 ПЗ						
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.	Мануйлович А				ВСТУП			Літ.	Арк.	Акрушів	
Перевір.	Конончук С.В									8	
Н.Контр.								ЦНТУ гр. ОЛ-21М-1,4			
Н. Контр.	Конончук С.В										
Затверд.	Кузик О.В.										

В даному дипломному проекті для плавки сплаву використовуються електродугові печі, для виготовлення відливків використовується високопродуктивна автоматична лінія.

Використання такої технології у поєднанні з якісними матеріалами дозволяє підвищити продуктивність праці і отримати відливки з підвищеною розмірною точністю і якістю. Вибір двозмінного режиму роботи цеху дозволяє виготовляти відливки необхідної якості у кількості річної продуктивності цеху 12000 т/рік з можливістю підвищення продуктивності при переході на трьохзмінний режим роботи. Встановлене обладнання, інвентар, матеріали відповідають вимогам безпеки та промислової санітарії. Застосування адитивних технологій дозволяє удосконалити процес проектування та виготовлення ливарного оснащення та значно скоротити час впровадження нових виливків у виробництво.

					ДП-131.22.08.00.00.00 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Вибір та обґрунтування розташування цеху

Місце побудови ливарного цеху доцільно вибирати якомога далі від житлових масивів, причому слід враховувати наявність або близькість розміщення джерел енергопостачання, палива, води, трудових ресурсів.

Враховуючи близькість проходження транспортних шляхів Одеської залізниці, яка пов'язує місто Олександрія з Донецьким вугільним басейном та Криворізьким металургійним комбінатом, та сусідство з автомобільними магістралями та близькість і компактність розташування селищ, дає змогу забезпечити підприємство трудовими ресурсами, місце побудови заводу доцільно вибрати на околиці міста. Обране місце побудови забезпечує зберігання навколишнього середовища від забруднень, що пов'язано з переважними напрямками вітру, а саме: взимку – південно-східний, влітку – північно-західний.

Формувальні і стержневі піски передбачається постачати залізницею з Дніпровського кар'єру. Постачання технічної води здійснюється із водоочисних споруд, які знаходяться на сході на відстані 3 км від міста, питна вода надходить з свердловин глибиною 260 м, яка знаходиться на відстані 4 км від заводу. Енергопостачання здійснюється від мережі енергосистеми через підстанцію 186.135/6 КВ/ГПП і цехові трансформаторні підстанції. Напруга мережі цеху 380/220 В. Розподіл електроенергії здійснюється по радіальним і магістральним схемам.

					ДП - 131.22.08.01.00.00ПЗ		
Зм.	Арк.	№докум.	Підписі.	Дата	ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА		
Розроб.	Мануйлович						
Перевірив	Конончук						
Н.контр.	Конончук						
Затвер.	Кузик				ЦНТУ гр. ОЛ-21М-1,4		

Забезпечення цеху стисненим повітрям доцільно здійснювати за рахунок компресорної станції 4К – 50Л з встановленими в ній 4 компресорними автоматами по $750 \text{ м}^3/\text{хв}$ при одному резервному варіанті.

Теплоносієм для систем опалення і вентиляції є високотемпературна вода, яка подається системою теплопостачання від котельної. Опалення цеху відбувається за рахунок повітря із системи приточної вентиляції.

Всі ворота цеху забезпечені повітряними тепловими завісами. Все обладнання, що викидає шкідливі речовини оснащено місцевими технологічними відсосами.

1.2 Розрахунок річної програми цеху.

Кожний ливарний цех призначений для випуску визначеного виду продукції. Річна кількість продукції цеху складає його виробничу програму. У виробничу програму цеху входить литво:

- для основної продукції заводу;
- для запасних частин;
- необхідне для запуску виробництва і для задєлов;
- для внутрішніх потреб заводу;
- для власних потреб ливарного цеху.

За завданням на дипломне проектування продуктивність цеху складає 12000 тон придатного литва на рік. Розрахунок ведеться на ЕОМ за допомогою блоку розрахункових програм “Proekt” [3].

В розрахунковій програмі враховується:

- кількість відливків на виріб;
- кількість виробів на програму;
- відсоток браку відливків;
- чорнова маса одного відливка;
- маса ливників на один відливок.

Початкові данні та результати розрахунку приведенні в таблиці 1.1.

					ДП - 131.22.08.01.00.00ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум..	Підпис	Дата		

Розрахункова відомість представляє з себе документ на основі якого роблять необхідні при проектуванні розрахунки. Цей документ використовується при складанні відомостей для розрахунку відділень цеху, який проектується.

1.3 Вибір режиму роботи цеху.

Режим роботи ливарного цеху – це розподілення в часі та просторі всіх робіт, які виконуються при виготовленні відливків. Режим роботи цеху встановлюється на основі аналізу виробничої програми. Оптимальний для даних умов режим роботи залежить від масштабу виробництва, максимальної ваги відливків, серійності виробництва, роду металу і типу плавильних печей, характеру технологічного процесу. Режим роботи цеху встановлюється на основі аналізу виробничої програми. Вибираємо паралельний режим роботи цеху в дві зміни, як найбільш оптимальний.

Цей режим роботи передбачає всі технологічні операції виконувати одночасно на різних виробничих ділянках цеху [4].

Аналізуючи розрахунки річної програми цеху, можна зробити висновок про те, що даний цех відноситься до серійного типу виробництва. По встановленому режиму роботи визначаємо фонди часу.

1.4 Розрахунок фондів часу.

При проектуванні ливарного цеху, розрахунку економічної частини застосовуємо наступні фонди часу - роботи обладнання, робочих місць, робітників, календарний, номінальний, дійсний.

Календарний фонд часу визначаємо за формулою:

$$\Phi_k = T_k \cdot S \cdot t, \quad (1.1)$$

де T_k – календарний рік, днів;

S – кількість змін;

					ДП - 131.22.08.01.00.00ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

t – тривалість зміни, год.

$$\Phi_k = 365 \cdot 2 \cdot 8 = 5840 \text{ год.}$$

Номінальний фонд Φ_n – час, який витрачається на виконання роботи за прийнятим режимом без врахування неминучих втрат.

Номінальний фонд часу при однозмінній роботі визначаються за формулою:

$$\Phi_n = 40 \cdot 52 - T_{пр} \cdot 8 - T_{нд} \cdot 1 \quad (1.2)$$

де 40 – кількість робочих годин за тиждень;

52 – кількість тижнів за рік;

$T_{пр}$ – кількість святкових днів, $T_{пр} = 10$;

$T_{нд}$ – кількість передсвяткових днів, у які тривалість робочого дня (зміни) зменшується на 1 год., $T_{нд} = 8$.

$$\Phi_n = 40 \cdot 52 - 10 \cdot 8 - 8 \cdot 1 = 1992 \text{ год.}$$

Дійсний річний фонд часу роботи устаткування (робочих місць) визначається таким чином:

$$\Phi_{dy} = \Phi_n \cdot S \cdot (1 - 0,01 \cdot f), \quad (1.3)$$

де Φ_n – номінальний фонд часу при однозмінній роботі;

S – кількість змін;

f – регламентовані простої устаткування у відсотках від номінального фонду часу [5].

Визначаємо дійсний фонд часу роботи плавильного устаткування:

$$\Phi_{dy} = 1992 \cdot 2 \cdot (1 - 0,01 \cdot 0) = 3984 \text{ год.}$$

					ДП - 131.22.08.01.00.00ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для автоматичних ліній:

$$\Phi_{\partial y} = 1992 \cdot 2 \cdot (1 - 0,01 \cdot 12) = 3506 \text{ год.}$$

Для стержневих автоматів:

$$\Phi_{\partial y} = 1992 \cdot 2 \cdot (1 - 0,01 \cdot 7) = 3705 \text{ год.}$$

Для сумішоприготувального обладнання:

$$\Phi_{\partial y} = 1992 \cdot 2 \cdot (1 - 0,01 \cdot 4) = 3825 \text{ год.}$$

Для очисного обладнання:

$$\Phi_{\partial y} = 1992 \cdot 2 \cdot (1 - 0,01 \cdot 6) = 3745 \text{ год.}$$

Всі інші типи обладнання:

$$\Phi_{\partial y} = 1992 \cdot 2 \cdot (1 - 0,01 \cdot 4) = 3825 \text{ год.}$$

Дані розрахунку фондів часу устаткування заносимо до таблиці 1.2.

					ДП - 131.22.08.01.00.00ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Фонди часу роботи устаткування

Вид обладнання	Номінальний фонд часу, год.	Кількість змін	Регламентовані втрати, %	Дійсний фонд часу, год.
Плавильне	1992	2	0	3984
Автоматичні лінії	1992	2	12	3506
Стержневі автомати	1992	2	7	3705
Сумішоприготувальне	1992	2	4	3825
Очисне	1992	2	6	3745
Все інше обладнання	1992	2	4	3825

Дійсний фонд часу робітників визначається за формулою:

$$\Phi_{op} = \Phi_n \cdot (1 - 0,01 \cdot C), \quad (1.4)$$

де C – втрати часу в % на невиходи на роботу з поважних причин, $C = 10 \dots 12\%$.

Для робітників, які безпосередньо зайняті в процесі виготовлення відливок:

$$\Phi_{op} = 1992 \cdot (1 - 0,01 \cdot 12) = 1753 \text{ год.}$$

Для інших робітників:

$$\Phi_{op} = 1992 \cdot (1 - 0,01 \cdot 10) = 1793 \text{ год.}$$

Дійсний фонд часу робочих місць приймаємо рівним номінальному фонду. Отримані фонди часу використовуються для визначення кількості технологічного обладнання.

1.5. Плавильне відділення.

1.5.1. Характеристика сплаву що виплавляється. Згідно з завданням на дипломний проект розглянемо чавун марки СЧ 20. Хімічні та механічні властивості даного сплаву приведені в таблицях 1.3 – 1.4.

Таблиця 1.3

Хімічний склад сплаву СЧ 20

Марка сплаву	Вміст хімічних компонентів у сплаві, %				
	C	Si	Mn	S	P
СЧ 20	3,3 – 3,5	1,4 – 2,2	0,7 – 1,0	< 0,15	< 0,2

Таблиця 1.4

Механічні властивості сплаву СЧ 20

Марка сплаву	Тимчасовий опір розриву, МПа	Відносне видовження, %	Твердість НВ·10 ⁻¹ , МПа
СЧ 20	200	—	1700...2410

Класифікація сплавів. У залежності від хімічного складу, умов кристалізації та способів обробки у рідкому стані можна одержати різні за структурою і властивостями чавуни [5]. Форма включень графіту є однією з важливих характеристик, що визначають тип чавуну. Сірий чавун з пластинчастим графітом (СЧ) – це найбільш поширений ливарний сплав. Механічні властивості його визначаються співвідношенням структурних складових – фериту, перліту, графіту. Включення графіту зменшують міцність за рахунок утворення надрізів у структурі та є концентратами внутрішньої напруги.

Кремній, у тих межах, що він знаходиться у чавуні весь розчиняється у рідкому та твердому металі не створює нових фаз.

Сірка сприяє утворенню гарячих тріщин, знижує механічні і ливарні властивості. Також сірка подрібнює евтектичне зерно, збільшує переохолодження сплаву.

Фосфор знижує ударну в'язкість та холодостійкість.

1.5.2. Розрахунок балансу метала. На основі даних подетальної відомості розраховуємо загальну масу металеві завалки для плавильних печей

$$M = \frac{100(P + L + B)}{10 - C - U}, \quad (1.5)$$

де P, L, B – відповідно придатне литво, ливники, брак, т;

C – зливи та сплески, прийняті по виробничим даним, %;

U – угар і безповоротні втрати, прийняті по виробничим даним, %.

Для сплаву чавун СЧ 20:

$$M = \frac{100 \cdot (12000,912 + 6300,479 + 600,046)}{100 - 6 - 3} = 20770,809 \text{ т}$$

Відносний вміст придатного литва, ливників, браку від металозавалки визначаємо за формулами:

$$n = \frac{P}{M} \cdot 100 \%, \quad (1.6)$$

$$l = \frac{L}{M} \cdot 100 \%, \quad (1.7)$$

$$b = \frac{B}{M} \%, \quad (1.8)$$

де n – вага придатного литва, т; l – вага ливників, т; b – вага браку, т.

$$n = \frac{12000,912}{20770,809} \cdot 100 = 57,78\%;$$

$$l = \frac{6300,479}{20770,809} \cdot 100 = 30,33\%;$$

$$b = \frac{600,046}{20770,809} \cdot 100 = 2,89\%$$

Масова доля угару і безповоротних втрат, зливів та сплесків визначаємо за формулами, т:

					ДП - 131.22.08.01.00.00ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Y = \frac{y}{100} \cdot M, \quad (1.9)$$

$$C = \frac{c}{100} \cdot M, \quad (1.10)$$

де y – угар, %; c – зливи та сплески, %.

Для сплаву чавун СЧ 20:

$$Y = \frac{6}{100} \cdot 20770,809 = 1246,25 \text{ т}$$

$$C = \frac{3}{100} \cdot 20770,809 = 623,12 \text{ т}$$

Кількість рідкого металу, т:

$$Q_{pm} = M - Y, \quad (1.11)$$

Для сплаву чавун СЧ 20:

$$Q_{pm} = 20770,809 - 1246,25 = 19524,56 \text{ т}$$

Розрахунки балансу метала заносимо в таблицю 1.5.

Таблиця 1.5

Баланс метала сплаву СЧ20

Компонент	Вміст	
	%	т
Придатне литво	57,78	12000,912
Ливники	30,33	6300,479
Брак	2,89	600,046
Угар, безповоротні втрати	6	1246,25
Зливи і сплески	3	623,12
Всього	100	20770,807

					ДП - 131.22.08.01.00.00ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум..	Підпис	Дата		

1.5.3. Розрахунок кількості плавильних агрегатів.

Для плавки чавуну призначеного для отримання фасонних відливок в якості плавильного агрегату використовуються дугові плавильні електропечі з ефективними системами очищення відхідних газів [4]. Чавун СЧ20 відноситься до конструкційних чавунів звичайних марок. Тому, з економічних міркувань доцільніше використовувати кислу футерівку. Використовувана при цьому шихта за сіркою і фосфором повинна відповідати технічним умовам, адже десульфурація і дефосфорація в кислих печах не проводиться.

Для плавки, перегріву металу та доводки по хімічному складу застосовуємо дугову електропеч. Ємність печі вибирається на підставі розрахункових даних програми цеху рівною 2...3 годинної потреби цеху в рідкому металі. Приймаємо дугову електропеч ємністю 12 тон моделі ДСП – 12, характеристика якої приведена в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6

Технічна характеристика дугової електропечі ДСП – 12

Параметр	Показник
Номінальна потужність трансформатора, кВт	8000
Ємність печі, т	12,0
Тривалість плавки (повний цикл), год	2,3
Продуктивність, т/год	5,2
Маса металоконструкцій печі, т	80

Кількість печей визначається за формулою:

$$n = \frac{K_n \cdot M}{q \cdot \Phi_{\text{ду}}}, \quad (1.12)$$

де $K_n = 1,15-1,25$ [4] – коефіцієнт нерівномірності споживання рідкого металу;

					ДП - 131.22.08.01.00.00ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

M – річна кількість металеві шихти даного складу (визначається за балансом металу), т/рік;

q – продуктивність плавильної печі, т/год;

$\Phi_{\text{ду}}$ – дійсний фонд часу роботи плавильного устаткування, год.

$$n_p = \frac{1,25 \cdot 20770,807}{5,2 \cdot 3984} = 1,26 \text{ шт.}$$

Коефіцієнт використання продуктивності обладнання по плавильній ділянці повинен знаходитись в межах 0,75 - 0,85 [4]. Тоді дійсна кількість печей:

$$n_1 = \frac{n}{K_g}, \quad (1.13)$$

$$n_1 = \frac{1,26}{0,75} = 1,67$$

Приймаємо дві дугові сталеплавильні електропечі ДСТ – 12 ємністю 12 т.

1.5.4. Розрахунок шихти. Розрахунок шихти методом підбору виконано згідно рекомендацій [7] і приведено в таблиці 1.7.

Баланс металу на 1т придатних відливків зводимо до таблиці 1.8.

1.5.5. Устрій і робота плавильного відділення. Плавильне відділення розташоване з торцевої сторони ливарного цеху. Шихтові матеріали, які поступають на склад по залізниці, розвантажуються на спеціальний майданчик вздовж колії. Металева шихта з відкритих вагонів розвантажуються мостовим краном з магнітною шайбою. Зберігається шихта в закромах, які заглиблені відносно пола складу на 4 м. Доставка металеві шихти до місця її зберігання для подальшого завантаження в плавильні печі робиться також за допомогою мостового магнітного крана. Флюси завантажуються мостовим грейферним краном в спеціальні ємності.

					ДП - 131.22.08.01.00.00ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.8 - Баланс металу СЧ20 на 1т придатних відливоків

Компоненти	%	т
Придатна частина		
Чавун ливарний	43,22	0,748
Лом сталевий	4,99	0,086
Лом чавунний	11,37	0,197
Феросиліцій	3,6	0,062
Феромарганець	0,6	0,010
Відходи власного виробництва	36,22	0,627
Всього по придатній частині	100,00	1,731
Витратна частина		
Ливники	30,33	0,525
Брак	2,89	0,050
Зливи і сплески	3	0,052
Всього відходів	36,22	0,627
Угар і безповоротні втрати	6	0,104
Придатне литво	57,78	1,000
Всього по витратній частині	100,00	1,731

Біля плавильних печей розташовано бункери для шихтових матеріалів і флюсів. Металева шихта із бункерів поступає в вагові дозатори (печі оснащено установкою для зважування шихти).

Завантаження печей металозавалкою здійснюється мостовим краном вантажопідйомністю $Q = 20$ т, оснащеного магнітною шайбою. Для обслуговування печей, транспортування рідкого металу від них до заливальної ділянки застосовується мостовий кран $Q = 20$ т.

Вогнетривка футерівка виконується вогнетривкою цеглою на розчині, шамотна футерівка має 25...30 % вогнетривкої глини і 70...75 % молотого шамоту

					ДП - 131.22.08.01.00.00ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

або кварцового піску. Подину набивають формувальною сумішшю. Після ремонту футерівку сушать.

1.5.6. **Вибір ковшів.** Для транспортування рідкого металу від плавильних агрегатів використовуються кранові стопорні ковші місткістю 1000 кг згідно рекомендацій [4]. Приймаємо 10 ковшів з урахуванням запасних і тих, що знаходяться в ремонті. Дані про вибрані ковші приведені в таблиці 1.9.

Таблиця 1.9

Ковшове господарство цеху

Тип ковша	Місткість, кг	Кількість
Крановий стопорний ківш	1000	10

1.6. Розрахунок формувальної ділянки.

Розрахунок кількості форм і об'єму формувальної суміші виконуємо на ЕОМ за допомогою блоку розрахункових програм "Proekt". Розрахункові данні наведені в табл. 1.11. При виробництві відливок використовується автоматична формувальна лінія моделі ІЛ 225 [9], технічна характеристика якої приведена в таблиці 1.12.

Комплексна автоматична лінія формування й вибивання на базі прохідних однопозиційних пневматичних важільних пресових автоматів модель ІЛ 225, яка виробляється Івано-Франківським заводом "Авто-литмаш", показано на кресленні ДП–131.22.08.01.01.00. Ця лінія, а також 19 її модифікацій призначені для виготовлення відливок із сталі й чавуну в одноразових формах.

Лінія складається (ДП–131.22.08.01.01.00) з формівних пресових автоматів 1, 2 для нижніх і верхніх півформ, механізму свердління вентиляційних отворів 3, кантувача нижніх півформ 4, механізму зрізання зайвої суміші 5, кантувача на 360° верхніх півформ 6, складальника форми 7, укладача форм на підпочні плити 8, механізму піднімання підпочних плит 9, механізму скріплення форм роликами 10, роликового приводного конвеєра 11, механізму опускання підпочних плит 12,

					ДП - 131.22.08.01.00.00ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум..	Підпис	Дата		

механізму видавлювання форм 13, інерційної вибивної решітки 14, штовхачів, розміщених над роликовими конвеєрами 15, розпаровника порожніх опок 16, кантувача порожніх опок 17 і механізму зачищення опок 18.

Форми виготовляють методом верхнього пресування на пневматичних важільних формівних автоматах. Рівномірність густини суміші досягається тим, що для пресування застосовується багатоплунжерна головка і вібрація суміші під час пресування. Роликові конвеєри, які з'єднують агрегати лінії, є нагромаджувачами. Швидкість, яку забезпечують роликові конвеєри, в 4,5 рази перевищує технологічно необхідну, тому оброблені предмети (опоки, півформи, форми) швидко передаються до нового агрегату, що забезпечує безперебійну роботу агрегатів.

Таблиця 1.12

Технічна характеристика автоматичної формувальної лінії моделі ІЛ 225

Назва характеристики	Числове значення
Розміри опок /внутрішні/, мм	900 × 600 × 125-250
Продуктивність, форм/год	240
Маса відливки, кг	60
Кількість опок	100
Виграти повітря, м /год	110
Потужність, кВт	115
Маса, кг	220000
Габаритні розміри, мм	65200 × 9300 × 6855

Роликові конвеєри складаються з окремих уніфікованих секцій довжиною 4,5 і 6 м. Електропривод роликових конвеєрів складається з електродвигуна, черв'ячного редуктора і фрикційної муфти. На кожному валу на шпонках встановлено фрикційні диски, між якими за допомогою тарілчастих пружин затиснено приводні зірочки, що захищає привод від поломок.

					ДП - 131.22.08.01.00.00ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На основі подетальної відомості (табл.1.11), визначаємо розрахункову кількість автоматичних ліній моделі ІЛ 225 по формулі:

$$n_{\kappa} = \frac{N_{\phi}}{\Phi_{\text{дв}} \cdot q}, \text{ шт} \quad (1.14)$$

де N_{ϕ} – кількість форм, необхідних на рік, шт;

$\Phi_{\text{дв}}$ – дійсний фонд часу роботи устаткування;

q – продуктивність однієї лінії, форм/год.;

$$n_{\kappa} = \frac{724880}{3506 \cdot 240} = 0,86 \text{ шт.}$$

Коефіцієнт використання продуктивності автоматичних ліній лежить в межах 0,55 – 0,75 [8], тоді кількість автоматичних ліній:

$$n_1 = \frac{0,86}{0,55} = 1,56$$

Приймаємо 2 автоматичні лінії ІЛ 225.

1.7. Стержневе відділення.

Оскільки за номенклатурою стержнів (див. табл. 1.13) їх маса не перевищує 7 кг, приймаємо універсальний автомат для виготовлення стержнів моделі 4509С. Стержні виготовляються у гарячих ящиках з швидко твердіючих термореактивних сумішей, це дає можливість підвищити точність стержня, а відповідно і точність

					ДП - 131.22.08.01.00.00ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відливків. Зменшення ливарних припусків дозволяє зменшити витрати на механічну обробку. Крім того, зникає необхідність у виготовленні каркасів, в громіздких (що займають великі площі) сушильних агрегатах, зростає продуктивність одиниці площі [8]. Технічна характеристика автомату приведена в табл. 1.14 .

Таблиця 1.14

Технічна характеристика піскострільного автомату моделі 4509С

Назва характеристики	Величина
Найбільша маса стержня, кг	10
Продуктивність, зйомів/год.	70...94
Розміри стержневого ящика, мм	800×630×450
Тривалість циклу, с	95
Ємність робочого резервуара, л	25
Потужність електродвигуна, кВт	140
Габарити, мм	3600×2600×3000
Маса, кг	13000

Кількість автоматів розраховуємо за формулою:

$$n = \frac{N}{n_{розр} \cdot \Phi_{д.у.}} \quad (1.15)$$

де N – кількість стержневих ящиків на рік (табл. 1.13);

$n_{розр}$ – циклова продуктивність автомата, зйомів/год., (табл. 1.14);

$\Phi_{д.у.}$ – річний фонд часу автомата (табл. 1.2).

$$n = \frac{686350}{80 \cdot 3705} = 2,31$$

Ділимо отриману кількість на коефіцієнт завантаження 0,7 [8]:

					ДП - 131.22.08.01.00.00ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум..	Підпис	Дата		

$$2,31/0,7 = 3,31$$

Приймаємо 4 автомати.

1.7.1. Устрій і робота стержневого відділення. Стержнева суміш до стержневих автоматів моделі 4509С із сумішеприготувального відділення за допомогою стрічкового конвеєра передається безпосередньо в бункери для роздачі, що розташовані над стержневими автоматами. На території дільниці є спеціальне місце, на якому зберігають стелажі з готовими стержнями.

Технологічний процес виготовлення стержнів по гарячій оснастці полягає в тому, що стержнева суміш, яка заповнює порожнину попередньо нагрітого стержневого ящика, на протязі 15 - 60 с твердіє. Отриманий стержень не потребує додаткової сушки, а його міцність достатня для транспортування і простановки в форму. Головна особливість технологічного процесу виготовлення стержнів по гарячій оснастці полягає в тому, що отримані стержні володіють високою міцністю.

На позиції 1 здійснюється прижим стержневого ящика нагрітого до 180 - 270°C до пісcomетної голівки і заповнення його сумішшю. Позиція 2 передбачена вільною для переналагодження автомата і заміни стержневих ящиків. На 3 - 4 позиціях стержні затвердівають в ящиках, які знаходяться в нагріваємій печі. На позиції 8 виконується розкриття стержневого ящика, видалення готового стержня і обдув внутрішньої порожнини ящика стиснутим повітрям.

Для очищення робочої поверхні ящика і покриття її роздільним складом машина має рухомі форсунки, які при русі уперед обдувають стиснення повітрям робочу поверхню розкритого ящика, а при русі назад – покривають її роздільним складом.

					ДП - 131.22.08.01.00.00ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.8 Сумішоприготувальне відділення

Для розрахунку витрат формувальної суміші на річну програму складаємо відомість витрат формувальної суміші, табл. 1.15

Таблиця 1.15

Відомість витрат формувальної суміші на рік

Витрати суміші в ущільненому стані $V_c, \text{м}^3$	Річні витрати суміші в неущільненому стані, $M_{nc} = 1,4 \cdot V_c, \text{м}^3$	Витрати суміші в неущільненому стані з урахуванням просипань $M_{np} = (1,1 \dots 1,15) \cdot M_{nc}, \text{м}^3$
146935	205709	236566

Для приготування формувальної суміші вибираємо змішувач ливарний типу бігунів періодичної дії з вертикальними котками моделі 15104 [10]. Технічна характеристика бігунів наведена у табл. 1.16.

Таблиця 1.16

Технічна характеристика змішувача моделі 15104

Назва характеристики	Величина
Об'єм замісу, т	2,0
Продуктивність, $\text{м}^3/\text{год}$	40...60
Розміри чаші, м – висота $\times$ внутрішній діаметр	$1130 \times 2540 \pm 13,5$
Кількість котків, шт	2
Частота обертання вертикального вала, об/хв	29 ± 3
Продуктивність витяжної вентиляції, $\text{м}^3/\text{год}$	6000
Габаритні розміри, мм:	$3850 \times 3150 \times 3250$
Маса змішувача, кг	11000

					ДП - 131.22.08.01.00.00ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кількість змішувачів розраховуємо за формулою:

$$M = \frac{K_n \cdot G}{q \cdot \Phi_{\text{д.у.}}}, \quad (1.16)$$

де K_n – коефіцієнт нерівномірності роботи машини, $K_n = 1,15 \dots 1,25$ [8];

G – річна кількість перероблюємого матеріалу, м^3 (табл. 1.15);

q – продуктивність машини, $\text{м}^3/\text{год}$ (табл. 1.20);

$\Phi_{\text{д.у.}}$ – річний фонд часу машини (табл. 1.2).

$$M = \frac{1,25 \cdot 236566}{40 \cdot 3825} = 1,93$$

З урахуванням коефіцієнта завантаження:

$$K = \frac{1,93}{0,70} = 2,76$$

Приймаємо 3 змішувача.

Склад формувальної суміші приймаємо за необхідними вимогами [12] (див. табл. 1.17). Для розрахунку витрат стержневої суміші складаємо відомість витрат стержневої суміші, табл. 1.18.

Таблица 1.18

Відомість витрат стержневої суміші на рік

Витрати суміші в ущільненому стані $V_c, \text{м}^3$	Річні витрати суміші в неущільненому стані, $M_{\text{нс}} = 1,4 \cdot V_c, \text{м}^3$	Витрати суміші в неущільненому стані з урахуванням просипання $M_{\text{пр}} = (1,1 \dots 1,15) \cdot M_{\text{нс}}, \text{м}^3$
2442,24	3420	3762

Для приготування стержневої суміші приймаємо змішувач ливарний типу бігунів моделі 15101, технічна характеристика якого наведена в табл. 1.19.

					ДП - 131.22.08.01.00.00ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.17

Склад і фізико-механічні властивості формувальної суміші

Складова суміші і параметри	Значення параметру
Зворотня суміш, %	96
Пісок кварцевий КО2, КО16, %	3
Вугілля гранульоване, %	0,15
Бентоніт, %	0,15
Вода, %	до вологості 3,0 - 4,0
Вміст глиняної складової, %	11
Вміст активного бентоніту, %	8
Втрати при прожарюванні %	3
Вологість, %	3,5
Міцність на стиснення у сирому стані, МПа	0,12 - 0,15
Газопроникність, одиниць	80
Плинність (по Орлову), одиниць	80

Таблиця 1.19

Технічна характеристика бігунів моделі 15101

Назва характеристики	Величина
Місткість замісу, м ³	0,3
Час перемішування, хв	15
Продуктивність, м ³ /год	1,5
Потужність, кВт	15
Габарити, мм	2000×1865×2895
Маса, кг	4000

Кількість змішувачів визначаємо за формулою:

$$M = \frac{\alpha \cdot G \cdot t}{60 \cdot \psi \cdot \Phi_{\text{о.у.}}}, \quad (1.17)$$

де α – коефіцієнт нерівномірності роботи машини, $\alpha = 1,2$;

					ДП - 131.22.08.01.00.00ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

G – кількість перероблюваної суміші за рік, м³;

t – час перемішування, хв;

ψ – місткість замісу, м³;

$\Phi_{\text{д.у.}}$ – дійсний фонд часу машини.

$$M = \frac{1,2 \cdot 3762 \cdot 15}{60 \cdot 0,3 \cdot 3825} = 0,98.$$

Приймаємо 1 змішувача моделі 15101.

Склад стержневої суміші приймаємо за необхідними вимогами [12] (див. табл. 1.20).

Таблиця 1.20

Склад стержневої суміші і фізико-хімічні властивості

Складові суміші і властивості	Значення параметра
Пісок кварцевий, %	95,24
Смола СФ, %	3,54
Каталізатори М1, %	0,7
Гас, %	0,52
Керосин освітлювальний, %	0,62
Газопроникність, одиниць	80
Міцність на стиснення у сирому стані, МПа	0,005 - 0,01
Вологість, %	1,8-2,8

1.8.1 Устрій і робота сумішоприготувального відділення. Сумішоприготувальне відділення розташоване біля формувальної і стержневої дільниць. Змішувачі обладнують бункерами для сипучих і рідких компонентів. Матеріали подаються за допомогою стрічкового конвеєра. Відпрацьована суміш з-під вибивної решітки автоматичної формувальної лінії поступає на конвеєр, на якому збирається просип з формувальних машин, просіюється на барабанному решеті, підлягає електромагнітній сепарації і після цього охолодженою до $T = 38 - 40$ °С і зволоженою поступає у змішувач для приготування формувальних сумішей.

					ДП - 131.22.08.01.00.00ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Стержнева суміш складається з сухого кварцового піску, термореактивного зв'язуючого матеріалу, каталізатора і незначної кількості інших добавок, які покращують технологічні властивості суміші. В якості зв'язуючого матеріалу застосовують карбамідно-фуранові смоли, які представляють собою продукт з'єднання карбамідної смоли з різною кількістю фурилового спирту.

Каталізатор – розчин мінеральних чи органічних кислот і солей – значно прискорює затвердіння суміші при нагріванні.

В якості добавок застосовують окис заліза, графіт, стеарат кальцію і рідке скло. Окис заліза підвищує теплопровідність суміші, графіт сріблястий виконує роль вогнетривкого наповнювача, інші добавки – зменшують припасність і підвищують текучість суміші.

1.9 Очисне відділення

В числі витрат праці по виготовленню відливків очисні операції складають до 40%, причому в очисних відділеннях застосовується найбільша кількість ручної праці.

У очисному відділенні виконуються операції щодо видалення стержнів з відливків, обрізання ливниково-живильної системи, зачистки, обрубки.

У відділенні повинні бути робочі місця для остаточного контролю, комплектування і вивозу відливків. Для очистки та охолодження відливків із сталі 35Л приймаємо галтовочний барабан безперервної дії моделі ОБ-90 [4]. Технічна характеристика барабана наведена у табл. 1.21.

Таблиця 1.21 – Технічна характеристика галтовочного барабана моделі ОБ-90

Назва характеристики	Величина
Продуктивність, т/год	3,5
Об'єм завантаження, м ³	1,8
Габаритні розміри, мм	3500×1650×1500
Маса, т	3,9
Потужність електродвигуна, кВт	7,5

					ДП - 131.22.08.01.00.00ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кількість барабанів визначається за формулою:

$$n = \frac{G \cdot K_n}{\Phi_{\text{д.у.}} \cdot q}, \quad (1.18)$$

де G – маса відливок, т/рік;

K_n – коефіцієнт нерівномірності роботи [8];

$\Phi_{\text{д.у.}}$ – дійсний час роботи устаткування;

q – продуктивність, т/год (табл. 1.21).

$$n = \frac{13651.037 \cdot 1,25}{3745 \cdot 3,5} = 1,301.$$

З урахуванням коефіцієнту завантаження:

$$n_1 = \frac{1,301}{0,75} = 1,73$$

Приймаємо 2 барабани, на кожену лінію по одному барабану.

Також для очистки відливок застосовуємо дробометну камеру моделі 86414, Технічна характеристика дробометної камери наведена в таблиці 1.22.

Кількість дробометних камер розраховуємо аналогічно:

$$n = \frac{13651.037 \cdot 1,2}{3745 \cdot 10} = 0,43$$

З урахуванням коефіцієнта завантаження:

$$K = \frac{0,43}{0,70} = 0,61$$

Приймаємо одну дробометну камеру.

					ДП - 131.22.08.01.00.00ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.22

Технічна характеристика дробометної камери

Продуктивність камери, т/год	10
Максимальна вага відливок	12
Дробометний апарат	
Число обертів за хвилину	2500
Діаметр дробу, мм	1,5 : 2,0
Електродвигун А02-62-4	
Потужність, кВт	17
Число обертів за хвилину	1450
Ремінна передача, 5-ти струмкова	$i = 175$
Елеватор	
Швидкість руху ленти, м/хв.	75,8
Виробництво, т/год	24,0
Шаг ковшів, мм	300
Об'єм ковша, м ³	0,003
Лента:	
Ширина, мм	160
Довжина, мм	15000
Електродвигун А02-21-4	
Потужність, кВт	2,8
Кількість обертів за хвилину	1440
Редуктор РМ-250	$i = 23,34$
Сито просіву дробу	
Кількість обертань барабану сита за хвилину	30
Електродвигун А02-21-4	
Потужність, кВт	1,1
Кількість обертань за хвилину	1400
Редуктор РМ250	$i = 31,5$
Шаг шнека, мм	250
Конвеєр підвісний цепний	
Швидкість конвеєра, м/хв.	1
Розгорнута довжина траси, м	199,5
Шаг підвісок, мм	800
Кількість підвісок	249
Електродвигун А02-32-4	
Потужність, кВт	3
Кількість обертань за хвилину	1430
Редуктор РМ350	$i = 31,5$

					ДП - 131.22.08.01.00.00ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для подальшої зачистки відливків приймаємо зачисні верстати моделі 3М363 [10]. Технічна характеристика наведена в табл. 1.23.

Таблиця 1.23

Технічна характеристика зачисного станка моделі 3М363

Назва характеристики	Величина
Зернистість	80 - 125
Продуктивність, т/год	0,5 - 0,6
Частота обертання шпинделя, об/хв	955 - 1425
Потужність електродвигуна, кВт	7,5

Кількість зачисних станків розраховуємо за формулою:

$$n = \frac{G \cdot K_n}{\Phi_{\text{д.у.}} \cdot q}, \quad (1.19)$$

де G – маса відливок на річну програму;

K_n – коефіцієнт нерівномірності роботи [7];

$\Phi_{\text{д.у.}}$ – дійсний фонд часу роботи обладнання;

q – продуктивність, т/год (табл. 1.23).

$$n = \frac{12600,958 \cdot 1,2}{3745 \cdot 0,5} = 8,7.$$

З урахуванням коефіцієнта завантаження:

$$K = \frac{8,7}{0,75} = 11,6$$

Щоб задовольнити умовам нормальної роботи приймаємо 12 верстатів.

1.10 Грунтування відливків

У масовому та крупносерійному виробництві грунтовка виконується на конвеєрі, який об'єднує всі фарбувально-сушильні агрегати.

Для транспортування дрібних відливок до 10 кг рекомендуються набірні касети на 2 - 8 відливок або корзини.

Таблиця 1.24

Технічна характеристика миючої машини

Назва характеристики	Величина
Продуктивність, кг/хв	70
Тривалість промивки відливків ,хв	10
Температура миючої рідини, °С	90
Габаритні розміри відливків, мм	425×315×250
Ємність ванни, м ³	3,3
Швидкість руху відливків через камеру, м/хв	0,65
Потужність електродвигуна, кВт	11,4

Таблиця 1.25

Технічна характеристика прохідної фарбувальної камери

Назва харектеристики	Величина
Розмір фарбованих відливок, мм Довжина × ширина × висота	370×360×250
Кількість відсмоктувального повітря, Нм ³ /год	8000
Потужність, кВт	4,7
Загальна вага, кг	897

Технічна характеристика сушильної прохідної камери

Назва характеристики	Величина
Максимальний розмір відливків, мм довжина × ширина × висота	2700×800×500
Температура сушки, °C	90
Продуктивність камери, кВт	10,2
Загальна вага, кг	20760

1.11 Допоміжні відділення

До допоміжних відділень ливарного цеху відносяться:

- 1) ковшове відділення, де проводиться поточний ремонт ковшів, а також підготовка їх до роботи;
- 2) модельно-ремонтна майстерня, яка забезпечує нормальне функціонування модельного оснащення;
- 3) цехові комори, в яких зберігаються різного виду допоміжні матеріали, інструменти;
- 4) цехові лабораторії: земельна, хімічна та ін.;
- 5) ремонтно-механічна майстерня, яка виконує поточний і середній ремонт обладнання цеху;
- 6) санітарно-технічна майстерня, в якій виконується поточний та середній ремонт, а також підтримується нормальне функціонування водопроводів, каналізації, опалення і вентиляції цеху;
- 7) електромагнітна майстерня, яка виконує поточний і середній ремонт, а також забезпечує нормальне функціонування електрообладнання і освітлення цеху;
- 8) діляниця регенерації суміші.

					ДП - 131.22.08.01.00.00ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум..	Підпис	Дата		

Для ділянки регенерації суміші розраховуємо барабанні решета і електромагнітні сепаратори. Приймаємо барабанні решета моделі 176М, характеристика яких наведена в табл. 1.27.

Таблиця 1.27

Технічна характеристика барабанного решета моделі 176М

Назва характеристики	Величина
Продуктивність, м ³ /год	30
Частота обертання, об/хв	23
Потужність, кВт	5,5
Маса, кг	1730
Габарити, мм	3700×1860×1700

Кількість барабанних решіт розраховуємо за формулою:

$$n = \frac{G \cdot K_n}{\Phi_{\text{д.у.}} \cdot q}, \quad (1.20)$$

де: G – кількість суміші, що необхідно переробити, м³;

K_n – коефіцієнт нерівномірності роботи [4];

$\Phi_{\text{д.у.}}$ – дійсний фонд часу роботи устаткування;

q – продуктивність, м³/год табл. 1.28.

$$n = \frac{236566 \cdot 1,15}{3825 \cdot 30} = 2,37$$

З урахуванням коефіцієнта завантаження:

$$K = \frac{2,37}{0,8} = 2,96$$

Приймаємо 3 барабанних решета.

					ДП - 131.22.08.01.00.00ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кількість електромагнітних сепараторів розраховуємо за формулою (1.20):

$$n = \frac{236566 \cdot 1,15}{3825 \cdot 30} = 2,37$$

З урахуванням коефіцієнта завантаження:

$$K = \frac{2,37}{0,8} = 2,96$$

Приймаємо 3 електромагнітних сепаратора моделі ШЕ65.

1.12. Допоміжні відділення цеху.

Визначаємо площі під лабораторії й комори.

Лабораторія хімічна і спектральна	50 м ²
Лабораторія механічних випробувань	36 м ²
Загальна цехова комора	36 м ²
Інструментальна комора механіка, електрика	50 м ²
Інструментальна комора обрізної дільниці	36 м ²

Інструментальна ремонтна майстерня – визначаємо за допомогою таблиці [4], виходячи з кількості одиниць технологічного і підйомно-транспортного устаткування, встановленого в цеху.

Площа, яка приходить на 1 верстат 8 - 10 м², і місце слюсаря буде знаходитися в межах 4 - 6 м² [5].

Тому площу під один верстат приймаємо 8 м², а місце слюсаря 4 м².

Сумарна площа ремонтної майстерні можна визначити:

$$S_{op} = 4 \cdot 8 + 4 \cdot 4 = 48 \text{ м}^2$$

					ДП - 131.22.08.01.00.00ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Дільниця футеровки ковшів і ремонту ковшових печей. Ковшова дільниця призначена для капітального ремонту й футеровки ковшів, а також для ремонту плавильних печей.

Для футеровки ковшів застосовують вогнетривкі матеріали. Ці матеріали зберігають на складі, а футеровальні маси готують на спеціальній дільниці підготовки ковшів. Цю дільницю найчастіше розміщують у плавильному відділенні, у тому самому прольоті, де розливають рідкий метал. Площу дільниці беруть із розрахунку 8 - 10 м² на 1000 т придатного литва на рік.

$$S_{кф} = 10 \cdot 12 = 120 \text{ м}^2$$

1.13. Розрахунок складів ливарного цеху.

Сумарна площа площадок під зберігання шихтових матеріалів визначається за формулою:

$$S_{\kappa} = 1,1 \cdot (S_{заг ш} + S_{зд}), \quad (1.21)$$

де 1,1 – коефіцієнт збільшення розрахункової площі площадок для обліку їх фактичного заповнення;

$S_{заг ш}$, $S_{зд}$, – розрахункові площі площадок для компонентів шихти, м².

Визначення площі під зберігання відповідно складових шихти визначаємо за формулою:

$$S = \frac{Q \cdot a \cdot b}{(k \cdot \Phi_e \cdot h \cdot \gamma)}, \quad (1.22)$$

де Q – річний випуск придатного литва, т;

a – норма витрат відповідного компонента шихти, % металозавалки;

b – норма зберігання даного матеріалу, діб;

					ДП - 131.22.08.01.00.00ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

k – вихід придатного литва, % металозавалки;

Φ_e – річний фонд часу роботи плавильного устаткування, діб;

h – висота зберігання компонента шихти, м;

γ – насипна маса даного матеріалу, кг/м³.

Визначаємо площу необхідну для зберігання лому чавунного:

$$S_1 = \frac{12000 \cdot 5,8 \cdot 20}{57,78 \cdot 251 \cdot 3 \cdot 3,5} = 9,54 \text{ м}^2$$

Визначаємо площу необхідну для зберігання чавуну чушкового:

$$S_2 = \frac{12000 \cdot 56,78 \cdot 20}{57,78 \cdot 251 \cdot 3 \cdot 3,5} = 93,49 \text{ м}^2$$

Визначаємо площу, необхідну для зберігання відходів власного виробництва.

$$S_3 = \frac{12000 \cdot 37,22 \cdot 20}{57,78 \cdot 251 \cdot 3 \cdot 3,5} = 61,28 \text{ м}^2$$

Визначаємо площу необхідну для зберігання феромарганцю:

$$S_4 = \frac{12000 \cdot 0,6 \cdot 15}{57,78 \cdot 251 \cdot 0,5 \cdot 3} = 5,37 \text{ м}^2$$

Визначаємо площу необхідну для зберігання феросиліцію:

$$S_5 = \frac{12000 \cdot 3,6 \cdot 15}{57,78 \cdot 251 \cdot 0,5 \cdot 3} = 32,22 \text{ м}^2$$

Загальна площа під шихтові матеріали.

					ДП - 131.22.08.01.00.00ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S_{заг.м} = S_1 + S_2 + S_3 + S_4$$

$$S_{заг.м} = 9,54 + 93,49 + 61,28 + 5,37 + 32,22 = 201,9 \text{ м}^2$$

Розрахункова площа під допоміжні матеріали визначається за формулою:

$$S = \frac{Q \cdot a_1 \cdot b}{(\Phi_e \cdot h \cdot \gamma)}, \quad (1.23)$$

де a_1 – норма витрат відповідного матеріалу на 1т придатного литва, т

Решта позначень та сама, що і у формулі (1.22).

Площа під флюс:

$$S_7 = \frac{12000 \cdot 0,1 \cdot 20}{251 \cdot 1,65 \cdot 4} = 15,69 \text{ м}^2$$

Площа під глину формувальну:

$$S_8 = \frac{12000 \cdot 0,1 \cdot 20}{251 \cdot 0,65 \cdot 10} = 15,93 \text{ м}^2$$

Площа під пісок формувальний:

$$S_9 = \frac{12000 \cdot 1,1 \cdot 20}{251 \cdot 0,67 \cdot 10} = 170,06 \text{ м}^2$$

Загальна площа площадок під допоміжні матеріали:

$$S_{з\partial} = S_7 + S_8 + S_9 \text{ м}^2$$

$$S_{з\partial} = 15,69 + 15,93 + 170,06 = 201,68 \text{ м}^2$$

					ДП - 131.22.08.01.00.00ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Корисна площа складу складає сумарну площу площадок для шихтових матеріалів та допоміжних

$$S_k = 1,1 \times (201,9 + 201,68) = 403,58 \text{ м}^2$$

Після виконаних розрахунків, вибору обладнання його кількості виконуємо компоновку плану ливарного цеху (рис. 1.1).

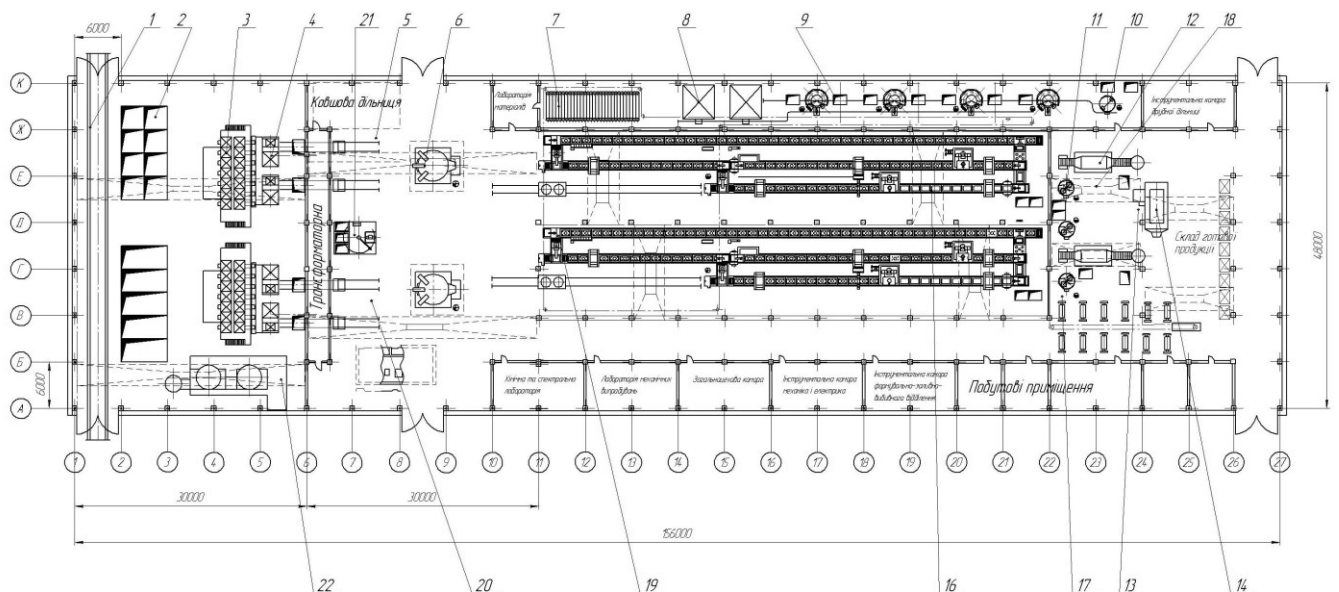


Рисунок 1.1 – План цеху чавунного литва з річною продуктивністю 12000 тон придатних виливків

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП - 131.22.08.01.00.00ПЗ

Арк.

2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Аналіз конструкції деталі і технологічних умов на відливок

Відливок відноситься до XI класу точності за ГОСТ 26645 – 85, виготовляється із СЧ 20 за ГОСТ 1412 – 85[1]. Різностінність не більше 3 мм, короблення не більше 2 мм, перекіс по роз'єму до 2 мм. На оброблюваних поверхнях допускаються одиничні раковини довжиною не більше 1/3 кола, шириною не більше 5 мм, або мілкі раковини найбільшим розміром 3 мм в кількості не більше 5 штук. На необроблюваних поверхнях допускаються одиничні раковини розміром не більше 9 мм, глибиною не більше 4 мм і в кількості не більше 8 штук на поверхню. У місцях спряження стержня і форми допускається присутність кільцевих заусениць довжиною до 1,5 мм.

Деталь "Ступиця" представляє собою частину пристрою, який призначено для транспортування важких вантажів. Маса деталі 2 кг, габаритні розміри 121,5 × 112,5 × 80 мм, твердість 131...157 НВ.

Оброблюваними поверхнями являються посадкові місця на вал. Інші поверхні необроблюються. Даний відливок є технологічним. Зовнішні поверхні відливка представляє собою прямолінійні контури, зчленовані плавними переходами, які забезпечують деяку деформацію відливка при його усадці під час охолодження у формі і зниження залишкових напружень в місцях спряження прямолінійних ділянок. Відливок має один стержень, немає з'ємних частин, роз'єм моделі і форми один.

					ДП - 131.22.08.02.00.00.ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА		
Розроб.		Мануйлович А.					
Перевір.		Конончук С.В.					
Реценз.							
Н. Контр.		Конончук С.В.					
Затверд.		Кузик О.В.					
					Літ.	Арк.	Акрушів
						49	
					ЦНТУ, гр. ОЛ-21М		

2.2. Розробка технологічного процесу виготовлення відливка

2.2.1. Вибір обладнання для виготовлення ливарних форм та стержнів. Для виготовлення відливка "Ступиця" застосовуємо автоматичну ливарну лінію ІЛ 225 Івано-Франківського заводу "Авто-Літмаш" (рис. 2.1). На цій лінії весь процес отримання відливка, від операції формовки до вибивки готової форми, автоматизовано. Розмір опоки в світлі 900×600 мм. Висота верхньої опоки рівна висоті нижньої – 150 мм. Модельні плити односторонні, на одній плиті змонтовані частини моделі для оформлення низу форми, на іншій – для верха.

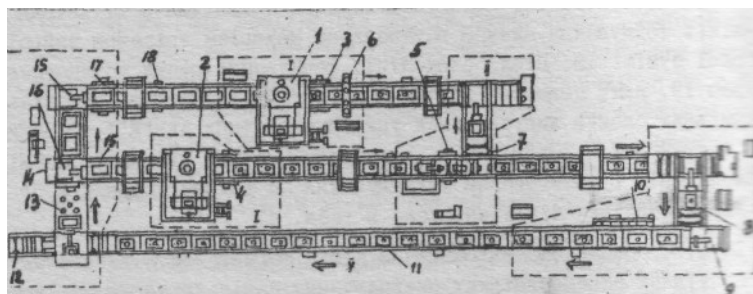


Рис. 2.1. Автоматична лінія ІЛ 225

Процес формовки починається з виготовлення напівформи низу на формувальному пресі В-440М [9]. Виготовлена напівформа по рольгангам направляється на обдув стисненим повітрям для видалення частинок формувальної суміші, що потрапили у порожнину форми. Напівформа верха також виготовляється на формувальному пресі В-440М. З ділянки виготовлення стержнів готові стержні транспортуються до місця збирання напівформ. Стержні проставляються вручну у напівформі низу, потім за допомогою розпаровщика опок ІС-10-001 напівформа верха з'єднується з напівформою низу. Зібрана форма направляється по рольгангам на ділянку заливки. Заливка форми виконується автоматичним заливщиком з ковшем, ємкість якого 250 кг. Перед заливкою розплав повинен бути очищений від шлаку. Технічна характеристика автоматичної формувальної лінії моделі ІЛ 225 наведена в таблиці 1.12.

					ДП - 131.22.08.02.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

Оскільки маса стержнів не перевищує 10 кг, то для їх виготовлення використовуємо універсальний стержньовий автомат моделі 4509 С. Технічна характеристика стержневого автомату наведена в табл. 1.14.

Стержні виготовляються у гарячих ящиках з швидкотвердуючих термореактивних сумішей, що дає можливість підвищити точність стержнів, а відповідно і точність відливків.

Втрати температури чавуну при випуску із плавильної печі, транспортуванні і переливі із ковша в ківш повинні бути враховані при встановленні температури заливки форм. При випуску чавуну з плавильної печі втрати температури складають від 20 до 40°C, а при переливі з ковша в ківш – 30...50 °С.

Рекомендована температура заливки чавуну СЧ 20 при середній товщині стінки відливка 12 мм і з врахуванням втрат тепла складають 1300 – 1400 °С.

Під час заливки форми необхідно слідкувати за рухом розплаву з ковша у форму. У початковий момент заливки необхідно повертати ківш плавно, без ривків, однак достатньо швидко, щоб заповнити ливникову систему і чашу. Після заливки форми, відливки охолоджуються і твердіє, разом з формою пересуваючись по рольгангам з ділянки заливки до ділянки вибивки. За час руху у відливку закінчуються усі перетворення. Чавунні відливки необхідно вибивати при температурі 200°C. Форми, що охололи, направляються на ділянку вибивки. Форма видавлюється на спеціальній установці, на якій суміш і відливки видавлюються пресом на вібраційну решітку із нерухомої форми. Опоки автоматично зіштовхуються з плити ливарного конвеєра штовхачем і форма видавлюється пресом на вібраційну решітку, де руйнуються спресовані грудки суміші, які запеклися. Потім суміш поступає по лотку на транспортер.

Відливки потрапляють в барабан для остаточного відділення від суміші. Із барабанів відливки направляються на пластинчатий транспортер і подаються ним у очисне відділення для очищення, обрубки і зачистки.

Перед очищенням відливки попередньо оглядаються, брак видаляється і не поступає на очистку.

					ДП - 131.22.08.02.00.00.ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технологічний процес очищення відливка складається із наступних операцій:

- видалення стержнів із відливків;
- очищення відливків від прилиплої формувальної суміші;
- відділення ливників, випорів;
- остаточного контролю якості відливків після очищення і обрубки.

Відливки зачищаються абразивними кругами з метою видалення заливів, заусениць, перекосів і нерівностей поверхонь. Обдирання відливків здійснюється на стаціонарних обдирочнозачисних станках.

Контроль якості відливків здійснюється зовнішнім оглядом БТК цеху. Після виправлення знайдених недоліків знову контроль якості - БТК цеху. Грунтовка відливків здійснюється для захисту від корозії при зберіганні на складі і в процесі механічної обробки.

Відливки перед фарбуванням промиваються в двокамерній машині і потім сушаться теплим повітрям. Далі виконується грунтовка відливків з зануренням у ванну і просушуванням у камері при 60 °С на протязі 10 хв. Після фарбування відливки направляються на склад готових виробів.

2.2.2. Визначення положення відливка у формі. Положення відливка у формі в період заливки вибираємо вертикальним, так як оброблювані поверхні – посадочні місця на валу – повинні бути розташовані вертикально, для запобігання отримання раковин, дефектів через забруднення, рихлості. Поверхня роз'єму моделі і форми при цьому займає горизонтальне положення і являється єдиною для даного відливка, що полегшує застосування машинної формовки. Поверхня роз'єму розташовується так, що модель не має з'ємних частин. Роз'єм моделі і форми розташовується таким чином, що відливков знаходиться в нижній і верхній напівформах симетрично. Такий роз'єм забезпечує хорошу набивку форми, її складання, надійність встановлення стержнів, зручність контролю розмірів форми, вільне вилучення моделі із форми.

					ДП - 131.22.08.02.00.00.ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2.3. Вибір припусків на механічну обробку і усадку, радіусів галтелей і формувальних ухилів, розміри стержнів та стержневих знаків. Розміри відливка відрізняються від розмірів готової деталі на величину припусків на механічну обробку. Величину припусків для чавуну СЧ 20 вибираємо по ГОСТ 26645-85. На кресленні межі припусків обводяться тонкою лінією (лист ДП - 131.22.08.02.01.00) і вказується величина припуску, яка по ГОСТ 26645-85 для даної деталі складає 2 мм для торцевих поверхонь, 3,5 мм для внутрішніх поверхонь і 1,5 мм для зовнішніх поверхонь [4].

Припуск на ливарну усадку виражається в відсотках від розміру відливка. Значення величини ливарної усадки для чавуну СЧ 20 вибираємо з [2].

Для середніх відливоків вільна усадка рівна 2 %. Величину радіуса заокруглень вибираємо в межах $1/5 \dots 1/3$ середнього арифметичного товщини спряжених стінок. Для даного відливка радіус заокруглень складає 3 мм. Мінімальні радіуси заокруглень вибираємо із [3].

Радіуси заокруглень проставляємо на кресленні деталі (лист ДП - 131.22.08.02.01.00), не вказані радіуси вказуємо на вільному полі креслення.

Формівні ухили назначаємо в залежності від ливарних розмірів відливка і прийнятої технології виготовлення форми і стержня у відповідності з ГОСТ 3212-57. Величини мінімальних формівних ухилів вибираємо із [4]. Для даного відливка, величина ухилу складає 3° . Величини ухилів вказуємо на кресленні, не вказані ухили проставляємо на вільному полі креслення.

Розміри стержня вибирають з урахуванням припуску на механічну обробку і ливарну усадку (лист ДП - 131.22.08.02.01.00). Розміри стержньових знаків вибираємо у відповідності з ГОСТ 3606-57 із [3]. В залежності від номінального розміру отвору і відношення довжини отвору до цього розміру вибираємо вертикальні знаки стержнів довжиною 25 мм [4].

					ДП - 131.22.08.02.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Величину зазорів між знаками і формою вибираємо в залежності від максимального розміру стержня [4]. Для вертикального знака бокові зазори рівні 0,15 мм, торцевий зазор 0,25 мм.

Ухили знакових частин стержня складають 10° для верхнього знака і 7° для нижнього знака стержня [4].

2.3. Розрахунок і конструювання ливникової системи

2.3.1. Визначення габаритних розмірів опоки. Габарити опок визначаються габаритами відливка, числом відливоків в одній опоці, розмірами ливникової системи, правильністю розміщення моделей на підмодельній плиті. Правильність розміщення моделей на підмодельній плиті для даного розміру опок визначається коефіцієнтом металоємності, тобто співвідношення загальної ваги металу у формі до ваги формівної та стержньової маси опоки. Коефіцієнт металоємності залежить від складності, товщини тіла і габаритів відливка і знаходиться у межах 0,25...1,2.

Відстань між окремими моделями дорівнює $(0,3...0,5) \cdot h$, де h – висота моделі у верхній та нижній напівформах, відстань від моделі до верху форми та від моделі до низу форми. При формовці в одній опоці декількох відливоків, залитих через загальну ливникову систему, відстань в площині роз'єму між ними повинна бути $\leq 20...25$ мм [4]. Відстань від тіла відливка до стінок опок складає 50...100 мм, від стержньового знаку до краю форми 50...100 мм.

Відстань від моделі до верхньої і нижньої площини рівна 60...120 мм [4]. Враховуючи, що для виготовлення відливка застосовуємо автоматичну лінію ІЛ 225 Івано-Франківського заводу "Авто-Літмаш", з розмірами опоки 900×600×150 мм приймаємо кількість відливоків отримуємо в одній опоці рівним 10 шт.

					ДП - 131.22.08.02.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

2.3.2. Визначення оптимальної тривалості заливки. Ливникова система складається з послідовно з'єднаних між собою каналів за допомогою яких розплавлений метал підводиться у ливарну порожнину форми.

Оптимальна тривалість заливки визначається за формулою [1]:

$$t = S_1 \cdot \sqrt[3]{\delta \cdot C_1}, \quad (3.1)$$

де S_1 – коефіцієнт, $S_1 = 1,45$ [4];

δ – середня товщина стінок відливка, $\delta = 12$ мм;

C_1 – вага одного відливка з ливниковою системою, кг

$$C_1 = C_g + 0,3 \cdot C_g \quad (3.2)$$

$$C_1 = 2 + 0,3 \cdot 2 = 2,6 \text{ кг}$$

Тоді:

$$t = 1,45 \cdot \sqrt[3]{12 \cdot 2,6} = 4,2 \text{ сек}$$

Середня швидкість рівня підйому металу у формі визначається по формулі:

$$V = \frac{C}{t}, \quad (3.3)$$

де C – висота відливка, мм;

t – оптимальна тривалість заливки, сек.

$$V = \frac{40}{4,2} = 9,5 \text{ мм / сек.}$$

					ДП - 131.22.08.02.00.00.ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Оптимальна тривалість заливки забезпечує необхідну швидкість підйому рідкого металу у формі [2].

2.3.3. Визначення площі перерізу каналів ливникової системи. Загальна площа живильників на один відливок:

$$\sum F_{жс} = \frac{G \cdot 1000}{\mu \cdot t \cdot \gamma \cdot \sqrt{r \cdot g \cdot H_p}}, \quad (3.4)$$

де G – вага одного відливка, з ливниками і т.п., кг;

μ – коефіцієнт витрат металу, $\mu = 0,5$ [1];

g – прискорення вільного падіння, м/сек²;

H_p – середній метало статичний тиск, см.

Середній метало статичний тиск визначаємо за формулою:

$$H_p = H_0 - \frac{p^2}{c}; \quad (3.5)$$

де H_0 – висота металу в чаші, $H_0 = 140$ мм;

p – висота відливка над рівнем підйому металу, $p = 40$ мм;

c – загальна висота відливка, $c = 80$ мм.

$$H_p = 140 - \frac{40^2}{80} = 120 \text{ мм} = 12 \text{ см}$$

$$\sum F_{жс} = \frac{2,6 \cdot 1000}{0,5 \cdot 4,2 \cdot 7,2 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 12}} = 11,2 \text{ см}^2$$

Так як ливникова система живить 10 відливків, то:

					ДП - 131.22.08.02.00.00.ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F_{жс} = \frac{\sum F_{жс}}{10} = 1,12 \text{ см}^2$$

Приймаємо форму поперечного перерізу живильника трапецію (лист ДП - 7.05050202.14.69.02.01.00). Остаточна площа поперечного перерізу живильника складає $F_{жс} = 1,2 \text{ см}^2$.

Розраховуємо площу шлаковловлювача:

$$\sum F_{жс} : \sum F_{ш} : \sum F_{ст} = 1 : 1,15 : 1,2 \quad (3.6)$$

$$\sum F_{ш} = \sum F_{жс} \cdot 1,15 = 12 \cdot 1,15 = 13,8 \text{ см}^2.$$

Площа перерізу одного шлаковловлювача:

$$F_{ш} = \frac{\sum F_{ш}}{4} = 3,42 \text{ см}^2.$$

Приймаємо для живлення відливків шлаковловлювачі перерізом у формі трапеції з розмірами 16x20x19 мм (лист ДП - 7.05050202.17.13.02.01.00).

Площа поперечного перерізу стояка:

$$F_{ст} = F_{ш} \cdot 1,2 \quad (3.7)$$

$$F_{ст} = 3,42 \cdot 1,2 = 4,1 \text{ см}^2$$

Оскільки:

$$F_{ст} = \frac{\pi \cdot d_{ст}^2}{4} \quad (3.8)$$

					ДП - 131.22.08.02.00.00.ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Діаметр стояка:

$$d_{cm} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{cm}}{\pi}} \quad (3.9)$$

$$d_{cm} = \sqrt{\frac{4 \cdot 4,1}{3,14}} = 2,28 \text{ см}$$

Приймаємо $d = 23$ мм.

Визначимо діаметр чаші для одного відливка:

$$D = (2,7 \dots 3) \cdot d_{cm.в} \quad (3.10)$$

$$D = 3 \cdot 23 = 69 \text{ мм}$$

2.4. Описання технологічного процесу виготовлення відливка

2.4.1. Вибір формувальної та стержньової суміші. У масовому і серійному виробництві рекомендується використовувати єдину формівну суміш.

На автоматичній лінії ІЛ 225 використовується формівна суміш з підвищеною рідинотекучістю. Склад та механічні властивості стержньової та формувальної суміші приведені у таблицях 1.17, 1.20.

2.4.2. Формовка. Основну частину форми одержують машинною формовкою. За допомогою машин механізовано дві основні операції – ущільнення, видалення моделі з форми і деякі інші. Процес виготовлення форм в перших опоках іде таким шляхом:

Формувальна суміш подається в бункери встановлені над машиною. Порожні опоки подаються за допомогою рольгангів. Нижню і верхню напівформи виготовляють на різних машинах. Потім за допомогою дозатора заповнюють опоки формівною сумішшю з бункера. Далі суміш ущільнюють,

					ДП - 131.22.08.02.00.00.ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

готову напівформу кантують, знімають надлишок суміші і виконують обдув форми. Потім напівформи транспортують на збирання.

2.4.3. Збирання форм. Точність збирання в значній мірі визначає точність геометричних розмірів відливка. В об'єм робіт по збиранню форми входять такі операції:

- 1) збирання форми;
- 2) спарювання верхньої та нижньої опок.

2.4.4. Заливка форм. Температура чавуну при заливці повинна бути 1320 – 1400°C. Заливка може виконуватись з рухомою і нерухомою формою. Розплавлений метал з печі потрапляє у попередньо нагрітий ківш барабанного типу ємністю 1т, який транспортується краном. Цей ківш встановлюють на спеціальному стенді для подальшої роздачі металу в розливні ковші.

Для заливки металу використовують ковші чайникового типу ємністю 250 кг. Перед заливкою металу, потрібно видалити шлак з розливного ковша. Підводимо ківш і встановлюємо носок ковша над ливниковою чашею на відстані 150 - 200мм. При заливці швидко заповнити металом ливникову чашу і тримати її заповненою до кінця заливки форми. Забороняється переливати чашу, недолив чаші дозволяється – 20мм. Заливка повинна бути безперервною. Після заливки залишки металу повинні зливатись у спеціальні форми. Тип плавильного агрегату вибирають в залежності від роду металу, а також вимог, які висуваються до якості відливка.

2.4.5. Вибивка і обрубка. Залиті та охолоджені форми подаються на вибивний пристрій. Коливання решітки передається суміші і відливкам. В цих умовах суміш інтенсивно розсипається і проходить в шпориш решітки, та поступає на подальшу переробку. Відливки ковзають на пластинчатий конвеєр рухаючись по якому вони зовсім охолоджуються, подають в галтувальний барабан в якому відділяється формівна суміш, елементи ливниково-живильної системи, відливки очищуються та охолоджуються.

					ДП - 131.22.08.02.00.00.ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Потім відливки поступають в прохідну дробометну камеру де вони позбавляються від пригару.

Далі вони поступають на ділянку контролю де проходять проміжний контроль (по всіх стадіях технологічного процесу) і кінцевий. Перевіряють хімічний склад, структуру, геометричні розміри. Поверхневі дефекти визначають візуально.

Потім відливки потрапляють на ділянку зачистки від заусениць на наждачних верстатах.

2.5. Опис процесу проектування ливарної оснастки

При крупно серійному і масовому виробництві для збільшення строку служби моделей, їх необхідно виготовляти металевими. Заготовки металевих моделей отримують литтям у піщані форми по дерев'яним моделям (промоделям). Промоделі виготовляються з припуском на механічну обробку моделі і відливка, а також з урахуванням усадки сплаву моделі. Модель виготовляється із сірого чавуна марки СЧ 20. Обробляються моделі вручну, припуск на механічну обробку відливка – 3,5 мм. Товщину тіла моделі визначають із номограми в залежності від габаритів моделі. З урахуванням малих габаритних розмірів відливка модель відливається суцільною. Після механічної обробки моделі монтуються на раніше підготовані промодельні плити. При монтажі напівмоделей на плити необхідно враховувати розміри опок. Контур опоки в світлі 900×600 мм. Таким чином обидві промоделі розташовуються на плиті так, щоб відстань від напівмоделей до країв складала не менше 300 мм. Ливникова система монтується у відповідності з кресленням ливникової системи. Кріплення моделей і ливникової системи виконується гвинтами. Монтаж моделей на плитах виконується за допомогою монтажного шаблона, виготовленого з листової сталі товщиною 2...5 мм [15].

					ДП - 131.22.08.02.00.00.ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Модельні плити виготовляються із чавуна. Товщина плит складає 50 мм так як вони повинні витримувати навантаження при формовці. Робоча поверхня плит повинна бути оброблена. На підготовлені плити накладається монтажний шаблон, встановлюються напівмоделі і просвердлюються отвори для кріплення. Напівмоделі являються кондукторами, отвори свердляться одночасно і в плиті і в моделі. Потім плита з отворами накладається на іншу плиту і в останній просвердлюються отвори. На плиту встановлюються напівмоделі і кріпляться гвинтами. Після кріплення моделей установлюється ливникова система. До плити для нижньої напівформи кріпляться моделі живильників, а на плиту верха – моделі шлаковловлювачів. Підмодельні плити повинні мати елементи спарювання з опоками. На одній плиті повинні бути: з однієї сторони – центруючий, з іншої – направляючий штирі. На другій плиті необхідно мати відповідно центруючий і направляючий отвори. Модельні плити на формувальній машині кріпляться за допомогою болтів.

Для виготовлення стержнів піскострільним способом застосовується алюмінієвий стержневий ящик. Заготовку ящика отримуємо литтям у піщані форми по дерев'яним моделям.

При виготовленні моделі ящика необхідно врахувати усадку алюмінієвого сплаву, яка складає 1,25 %. Також враховуємо припуск на механічну обробку ящика, який при зачистці складає 0,4 мм. Для визначення товщини тіла стержневого ящика необхідно знати габаритні розміри. Товщину стінок ящика визначаємо із номограми [5]. Для стержневих ящиків із алюмінієвих сплавів товщина стінок складає 10 мм. По таблицям [5] визначаємо товщину ребер жорсткості і радіус галтелей. При товщині стінок стержневого ящика 10 мм товщина ребер жорсткості складає 10 мм, а радіус галтелей рівний 5 мм. Стержневий ящик відливається у відповідності з розмірами і піддається механічній обробці. Площина роз'єму ящика шліфується для якісного прилягання обох половин ящика одна до одної. Половини ящика з'єднуються за допомогою штирів.

					ДП - 131.22.08.02.00.00.ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для видалення повітря із ящика при виготовленні стержня, встановлюються венті. Розрахунок вент виконується із співвідношення:

$$\frac{F_{вент}}{F_{вд.отв}} = 0,1 \div 0,9, \quad (6.1)$$

де $F_{вент}$ – сумарна площа вент;

$F_{вд.отв.}$ – сумарна площа вдувних отворів.

$$F_{вент} = 0,4 \cdot F_{вд.отв}$$

$$F_{вд.отв} = \frac{\pi \cdot 31^2}{4} = 750 \text{ мм}^2$$

$$F_{вент} = 0,4 \cdot 750 = 300 \text{ мм}^2$$

Площа однієї венті при діаметрі 6 мм дорівнює 28 мм². Звідси для забезпечення щільної набивки стержня необхідно на один вдувний отвір діаметром 31 мм мати 8 вент. Застосовуємо щільовидні прорізи у вентах.

2.6. Контроль якості відливок

Відливки, що пройшли проміжний контроль на різних стадіях технологічного процесу, піддаються остаточному контролю для визначення їх відповідності вимогам стандартів і технологічних умов. Перевіряють хімічний склад сплаву, структуру, геометрію і розмір відливок, механічні властивості, встановлюють поверхневі і внутрішні дефекти.

Поверхневі дефекти відливок у вигляді тріщин, раковин, пригару визначають візуально шляхом порівняння з еталоном, не видимі поверхні дефекту визначають з допомогою магнітної і світлової дефектоскопії.

					ДП - 131.22.08.02.00.00.ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. НАУКОВА ЧАСТИНА

3.1. Переваги та недоліки адитивних технологій

«Адитивні технології» - це процес, який на відміну від традиційних технологій зрізання із заготовки частини матеріалу до досягнення необхідних розмірів, являє собою пошарове об'єднання (склеювання, сплавлення, спікання, тощо) матеріалу з метою створення твердотілого об'єкта з побудованої на комп'ютері 3Д моделі. В наш час під терміном «Адитивні технології» розуміють 3Д друк.

Часто зустрічається така назва як швидке прототипування або Rapid Prototyping. Даним терміном найчастіше позначають термін «адитивні технології» і пов'язано це з тим, що у когось 3D-друк все ще асоціюється лише зі створенням макетів та прототипів. Справді, на початку свого розвитку і приблизно до 2005-2007 років адитивні технології використовувалися лише як можливість створення наочних макетів. Звідси і назва – «швидке прототипування» як спосіб швидкого отримання прототипу майбутнього виробу. Перша технологія, а саме стереолітографія, ідеально підходила для цієї мети, оскільки дозволяла створювати наочні зразки. Дані макети не можна було використовувати функціонально, зокрема через тендітність використовуваних затверділих фотополімерів. Однак вони давали уявлення про загальну конструкцію та геометрію проектного виробу.

На наступних етапах розвитку адитивних технологій почали з'являтися інші методи 3D-друку. Зокрема, з'явилася технологія екструзійного друку (Fused Deposition Modeling, FDM), яка отримала найбільше визнання на сьогоднішній день. Дана технологія дозволила використовувати 3D-друк для створення допоміжного оснащення, кронштейнів, шестерні та інших деталей, які працюють без великих навантажень.

					ДП – 131.22.08.03.00.00.ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Мануйлович А.			НАУКОВА ЧАСТИНА			Літ.	Арк.	Акрушіє	
Перевір.		Конончук С.В.								63	
Реценз.								ЦНТУ, гр. ОЛ -21М			
Н. Контр.		Конончук С.В.									
Затверд.		Кузик О.В.									

Нові технології 3D-друку, що з'явилися, дозволяють вирощувати об'єкти не тільки з фотополімерів, але і з металевих сплавів, таких як сталь, алюміній, титан, або з матеріалів, армованих безперервним вуглеволокном. Використання даних конструкційних матеріалів дозволяє створювати як прототипи, а й повністю функціональні зразки, здатні працювати під навантаженням.

Таким чином, якщо раніше можна було ставити знак рівності між адитивними технологіями та швидким прототипуванням, то зараз адитивні технології можуть застосовуватись як для швидкого створення макетів, так і для виготовлення повнофункціональних зразків та готових виробів.

Розглянемо, куди рухається ринок адитивних технологій та які сучасні тренди йому притаманні. Насамперед слід виділити напрямок, пов'язаний з пошуком нових застосувань 3D-друку. Даний пошук тісно пов'язаний із дослідженням можливості застосування нових матеріалів для пошарового вирощування. Нещодавно було розроблено спосіб друку виробів з кераміки. Стало можливим надрукувати виріб із композитів, за допомогою раніше згаданої FDM технології. Для створення виробів з композитів як матеріал для друку використовується пруток з безперервним вуглеволокном. Ця технологія лягла в основу створення принтерів

Markforged виробництва США і Anisoprint в Росії. Вироби, що створюються за допомогою даних технологій, дуже добре працюють на розтягування за рахунок стійкості вуглеволокна до даного виду деформації.

Як інший напрямок можна виділити експерименти з кількістю матеріалу. На конференції з адитивних технологій представники «Об'єднаної двигунобудівної корпорації» (ОДК) озвучили вимоги/побажання учасникам ринку адитивних технологій надати 22 сплави, які можуть бути виготовлені у вигляді порошку та видані підприємствам усередині ОДК, щоб вони могли експериментувати з даними витратними матеріалами на своїх принтерах. . Слід врахувати, що на той момент, коли проходила конференція, було доступно лише 7 найменувань цих сплавів. Таким чином, пошук більшого

числа матеріалів і, як результат, велика варіативність 3D-друку є одним з ключових трендів.

Третій тренд ринку адитивних технологій – зниження недоліків, про які поговоримо трохи згодом. Але вже зараз можна відзначити, що одним із таких недоліків є шорсткість, яка насправді є властивістю самої технології. Розглянемо приклад. Для друку металами на широко розповсюджених принтерах EOS та SLM Solutions використовується порошок з розміром від 40 до 80 мікрон. Середній розмір 60 мікронів. Один із напрямів розвитку – зменшення діаметра порошку. Якщо використовуватиметься порошок діаметром 10 або 5 мікрон, то і фінальна шорсткість виробу буде значно меншою, а сам виріб стане більш гладким і точним. Відповідно, більшу кількість галузей і підприємств зможуть застосовувати надруковані вироби як кінцеві вироби без додаткових витрат на постобробку або з мінімальними витратами.

Перспективність адитивних технологій оцінена великою кількістю великих компаній. Так, компанія General Electric заявила, що вона прогнозує через 10 років зниження на 50% кількості деталей, виготовлених традиційними способами в галузі газотурбінних двигунів. Іншим прикладом є компанія Airbus, яка вже активно використовує адитивні технології і, зокрема, першою встановила на свої літаки близько 22 000 виробів, виготовлених адитивним способом. Ці вироби виготовляються компанією з поліаміду. Компанія Lockheed Martin заявляє про практично 50% зниження трудовитрат під час виготовлення своїх деталей у перспективі 10 років. Альянс NASA прогнозує через 5-10 років можливість виготовлення друкованим способом космічного супутника цілком, з огляду на новини, пов'язані з доступністю технології 3D-друку електроніки на опуклих поверхнях, виробництво супутників цілком може початися ще раніше.

Слід розуміти, що більшість світового адитивного виробництва сконцентрована в Німеччині та США. Ключовими компаніями є 3D Systems, Stratasys, EOS, SLM, General Electric (ConceptLaser, Arcam), Renishaw,

					ДП – 131.22.08.03.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		65

Trumpf. У Німеччині виробляються одні з найкращих 3D-принтерів по металу, а метал зараз займає лідируючі позиції серед адитивних технологій, оскільки такі вироби найбільш популярні у промисловому виробництві.

Порівняння з традиційними технологіями дозволяє найбільш повно оцінити переваги та недоліки адитивних технологій. До сильної сторони можна виділити простоту і швидкість запуску виготовлення деталі. Однак головною перевагою 3D-друку є можливість прототипування чи персоналізації виробів. Для розуміння того, що таке прототипування, розглянемо такий приклад. У машинобудуванні використовується така деталь як кронштейн. Якщо виникає необхідність створення кількох кронштейнів, кожен із яких відрізняється від іншого, то вартість створення однієї такої деталі буде суттєвою. Пов'язано це з тим, що перед початком виготовлення кожного кронштейна необхідно виготовити відповідне оснащення для закріплення вихідної болванки на устаткуванні. Також для кожної конфігурації потрібно написати програму обробки. Даний G-код повинен бути написаний, відштовхуючись як від конструкції, що виготовляється, так і від можливостей використовуваного верстата з ЧПУ. Усі перелічені етапи мають бути виконані для кожної конструкції кронштейнів.

У випадку використання адитивних технологій, підлягає зміні виключно 3D модель деталі в програмі комп'ютерного моделювання (Computer-Aided Design, або скорочено CAD).

Змінена CAD модель надалі просто відправляється на 3Д друк, де 3Д принтер сам виготовляє виріб із необхідною конфігурацією. В даному випадку немає необхідності створювати оснастку для закріплення виробу, що обробляється.

Можливість легкого випуску прототипів виробів дозволяє адитивним технологіям знайти своє застосування в ливарному виробництві. У тих ситуаціях, коли потрібно виготовити промодель, елемент ливникової системи

(стояк, шлаковловлювач, живильник), адитивні технології є інструментом, який дозволяє виготовити різні вироби для різного ливарного оснащення.

Ще однією перевагою адитивних технологій є зменшення металоємності виливків, що досягається завдяки можливості виготовлення складних форм, які отримати традиційною формовкою неможливо. Можливе виготовлення виробів з різною товщиною стінок, причому товщина може бути змінена як для зовнішніх, так і внутрішніх елементів деталі. Також існує можливість створення внутрішніх каналів та порожнин, які в принципі неможливо виготовити за допомогою традиційних технологій. Так, наприклад, за допомогою фрезерування або свердління не вдасться створити внутрішній спіралеподібний канал. Крім цього, адитивні технології дозволяють створювати коміркові структури (lattice structures) або, попростому, «сітки». Дані структури дозволяють значно скоротити загальну масу деталі, при цьому не знижуючи характеристики міцності виробу. Пов'язано це з тим, що дана структура має достатню міцність і жорсткість для застосування в машинобудуванні та інших галузях. Таким чином, створення складних геометричних форм та просторових структур дозволяє використовувати тільки необхідну кількість матеріалу та у потрібних ділянках виробу. В результаті цього підходу, адитивні технології дозволяють отримувати легші вироби, які так само задовольняють вимогам, що пред'являються з урахуванням умов їх роботи (рис 1.1).

Третя перевага полягає у можливості зниження загальної кількості деталей. Подібне скорочення багато в чому досягається завдяки можливості створення виробу цілком методами 3D-друку. Насамперед таке скорочення призводить до зниження трудомісткості виготовлення та збирання виробу. По-друге, менше деталей призводить до зниження ймовірності виникнення браку. І, звичайно, скорочення кількості деталей призводить до зменшення номенклатури компонентів для складання виробу і, як наслідок, зменшення кількості деталей, що зберігаються на складі.

					ДП – 131.22.08.03.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67

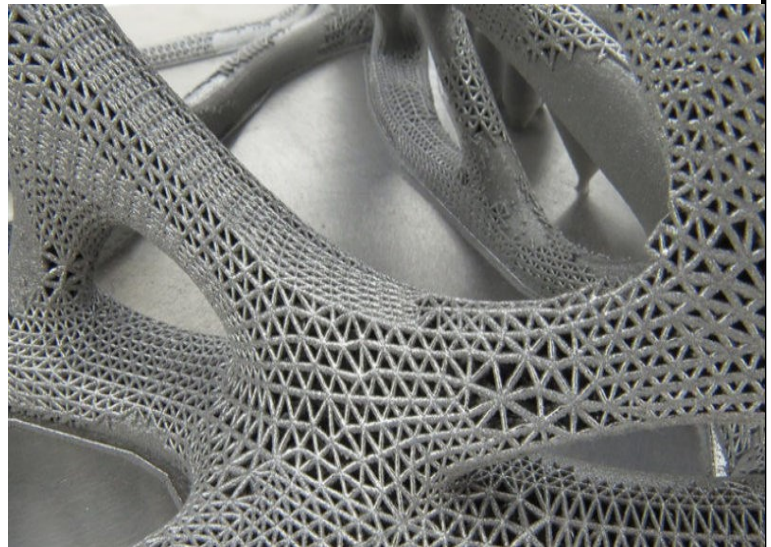
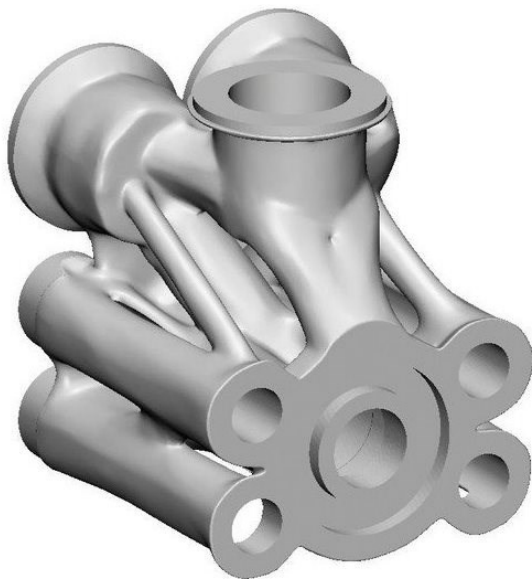
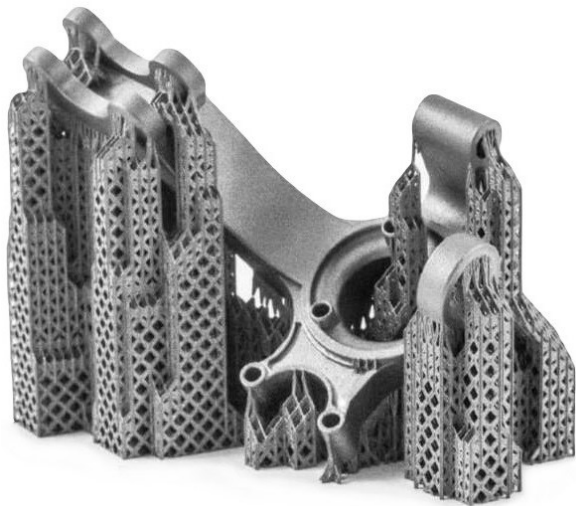


Рисунок 3.1 – Надруковані на 3Д принтері вироби

Четвертою перевагою адитивних технологій є екологічність самого процесу. Якщо в традиційних технологіях при фрезеруванні потрібен вихідний шматок матеріалу (заготовки), з якого згодом забирається все зайве, то в адитивних технологіях навпаки використовується тільки та кількість матеріалу, яка насправді необхідна. У випадках, коли побудова деталі не потребує допоміжних підтримок, коефіцієнт використання матеріалу може наближатися до 100%. Але навіть у випадках, коли використовуються підтримки, коефіцієнт використання матеріалу значно вищий, ніж у випадках застосування традиційних підходів. Якщо з бруска металу видаляти зайвий матеріал у вигляді фрезерної обробки, то кінцева маса деталі, тобто кількість

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП – 131.22.08.03.00.00.ПЗ

Лист

68

матеріалу, що залишився, може скласти всього 5% від початкової маси заготовки. При адитивному виробництві відсоток може сягати 100% і зазвичай не опускається нижче 50%.

До основних недоліків адитивних технологій по-перше, їх високу вартість. Тут слід розуміти, що саме мають на увазі під високою вартістю. У першу чергу йтиметься про можливість застосування 3D-друку для серійного виробництва виробів. Якщо йдеться про серію зі 100 000 однакових металевих виробів, то адитивними технологіями виготовити всі 100 000 виробів завжди буде дорожче. Саме тому адитивні технології ніколи не зможуть витіснити традиційні технології. Традиційні механообробні та формоутворюючі технології завжди будуть знаходити і займати своє місце. Інше питання – скільки у відсотках від загального обсягу робіт зможуть замінити адитивні технології. За різними оцінками це число може становити до 50%. Проте для одиничного виробництва, наприклад, для виготовлення промоделей ливарного оснащення адитивні технології підходять якнайкраще.

Коли йдеться про виготовлення перших кількох зразків, адитивні технології завжди дозволяють скоротити загальну вартість. Як згадувалося раніше, виготовлення одного металевого зразка фрезеруванням необхідно виготовити оснастку і написати програму. Якщо ж необхідно виготовити 2 або 10 однакових виробів, то вартість різних видів адитивних технологій може збігатися з традиційними.

Наступним недоліком є якість поверхні. Надруковані деталі мають високу шорсткість, а також на поверхні можуть бути різні нерівності, зумовлені в першу чергу товщиною шару. Якщо друк відбувається шар за шаром, то кожен шар має товщину (висота), а також загальні межі деталі. На боковій поверхні виробу при екструзійному друку, спостерігатиметься шорсткість, яка визначається половиною діаметра екструдованої нитки, що використовується для друку. Якщо ж йдеться про верхню поверхню, то тут багато в чому залежить від виду застосовуваної адитивної технології. Так для

екструзійного друку поверхня досить шорстка. У разі друку металом, якість поверхні може зменшуватися до шорсткості Ra 20 - 30.

Останній недолік адитивних технологій – обмеження розмірів деталей, що виготовляються, об'ємом робочої камери 3D-принтера. Якщо вести мову про фрезерну обробку, то верстати можуть бути, умовно, нескінченною довжиною. В адитивних технологіях, фактично до останнього часу, великого робочого простору не було. 3D-принтер завжди має на увазі наявність робочої камери з обмеженим розміром, який починається від 10x10x10 см, якщо говорити про стереолітографію, і закінчуються камерами 500x500x500 см, характерними для металевого друку. Також відомі принтери для екструзійного друку із розмірами камери 2x2x2 метри. Слід зазначити, вже з'явилися 3D-принтери, які можуть друкувати архітектурні споруди. Вони здатні виготовити невеликі будинки або виготовити блоки, з яких надалі можна зібрати споруду. Головна відмінність даних принтерів полягає у відсутності закритих робочих камер. Вони друкують у відкритій камері, використовуючи руку-маніпулятор. Тим не менш, навіть у таких систем область побудови обмежена тим, куди рука-маніпулятор може дістатись. Ця область у середньому становить трохи більше 5-6 метрів.

Таким чином, були перераховані всі недоліки, які на даний момент притаманні адитивним технологіям. Слід зазначити, що у кожному недоліку виконуються дослідження та розробки, створені задля подолання даних обмежень. Так, вартість поступово знижується за рахунок збільшення числа виробників, що призводить до здешевлення витратних матеріалів. Якість поверхні покращується завдяки зміні витратних матеріалів, зокрема завдяки зменшенню діаметра частинок порошків, що застосовуються для друку. Також якість поверхні значно покращується за рахунок застосування гібридних підходів. Найвідоміша гібридна установка – це DMG Mori Lasertec65. Список матеріалів постійно зростає і доповнюється. Для збільшення області друку ведуться розробки нових конструкцій адитивного обладнання. Вже створено машини з нескінченною областю друку. Це

					ДП – 131.22.08.03.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		70

означає, що використовується пристрій переміщення або, іншими словами, транспортер, що дозволяє 3D принтеру працювати безперервно вздовж деякої області побудови. У цьому випадку немає потреби в закритій робочій камері. Є 3D принтери які дозволяють пошарово чергуючи зв'язуюче та пісок відразу друкувати ливарну форму.

3.2. Огляд сучасних видів 3Д друку

Екструзійна технологія 3Д друку (FDM). Насамперед необхідна платформа. Під час друку ABS пластиком платформа повинна бути нагріта до 100 – 110°C. Після цього екструдер наносить перший шар друку, потім піднімається на висоту першого шару, друкує наступний шар, потім піднімається на висоту наступного шару і т. д. Це легко уявити, якщо згадати кондитерський шприц. Як із нього можна щось наносити? Шприцем спочатку наносимо перший шар. Далі піднімаємо інструмент, наносимо наступний шар і так продовжуємо, поки не збудуємо або не надрукуємо якийсь об'єкт (рис.3.2). Звісно, це дуже спрощена модель.

FDM - Fused Deposition Modelling, моделирование послойным наложением расплавленного материала ("кондитерский шприц")



Рисунок 3.2 – Технологія FDM друку

Якщо дивитися докладніше, то спочатку на платформу наноситься перший шар і зазвичай відбувається заштриховування, тобто заповнення шару. Можливо заповнення з порожнечами, і може бути суцільне заповнення. Про обмеження та складності заповнення деталі стільникової структурою зі зменшенням маси виробу буде розказано далі.

Після того, як завершився друк першого шару, екструдер піднімається на висоту другого шару, обходить контур другого шару і заповнюють («заштриховує») його. Варто зазначити, що зазвичай штрихування на наступному шарі йде під кутом 90 градусів до штрихування попереднього шару, тобто сітка штрихування розташовується то в одну діагональ, то в іншу - це дозволяє робити виріб міцнішим і запобігає справі мінації шарів.

Розглянемо проміжний стан при друкуванні FDM, коли частина виробу вже надрукована. Екструдер розташований зверху та до нього подається витратний матеріал. У разі – пруток (ще синонімом є слово – «стренгу»). Коли з екструдера виходить розплавлений матеріал, він остигає під дією нормальної кімнатної температури.

Дана технологія (FDM, екструзійний друк) найбільш поширена серед звичайних, компактних, настільних, домашніх, побутових або навчально-побутових 3Dпринтерів. Завдяки тому, що пристрій є компактным, а витратний матеріал недорогим.

Слід зазначити, що існують професійні 3D-принтери за цією технологією. Вони можуть коштувати близько 10 млн. рублів та вище. З чим це пов'язано? Звідки з'являється така висока вартість, якщо звичайний невеликий 3D принтер можна купити за ціною від 15 тис. рублів? Промислові 3D-принтери відрізняються тим, що менше схильні до недоліків FDM-технології. Вони мають закриту камеру, яка запобігає розшаровуванню (деламінацію). У них дуже точно відкалібровано витратний матеріал (пруток), який заходить в екструдер. Якщо для побутових принтерів діаметр прутка становить 1,75 мм + - 0,1 мм, то для промислового прутка така точність буде занадто низькою - там допуск становить + - 0,02 або 0,03 мм.

					ДП – 131.22.08.03.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72

Іноді виробники намагаються ще покращити цей допуск, щоб моделі виходили ще точнішими.

Слід зазначити, що FDM технологія на даний час є найдоступнішою. В якості 3D принтера для виготовлення оснастки ливарного виробництва можна рекомендувати модель TRONXY X8 (рис.3.3)

TRONXY

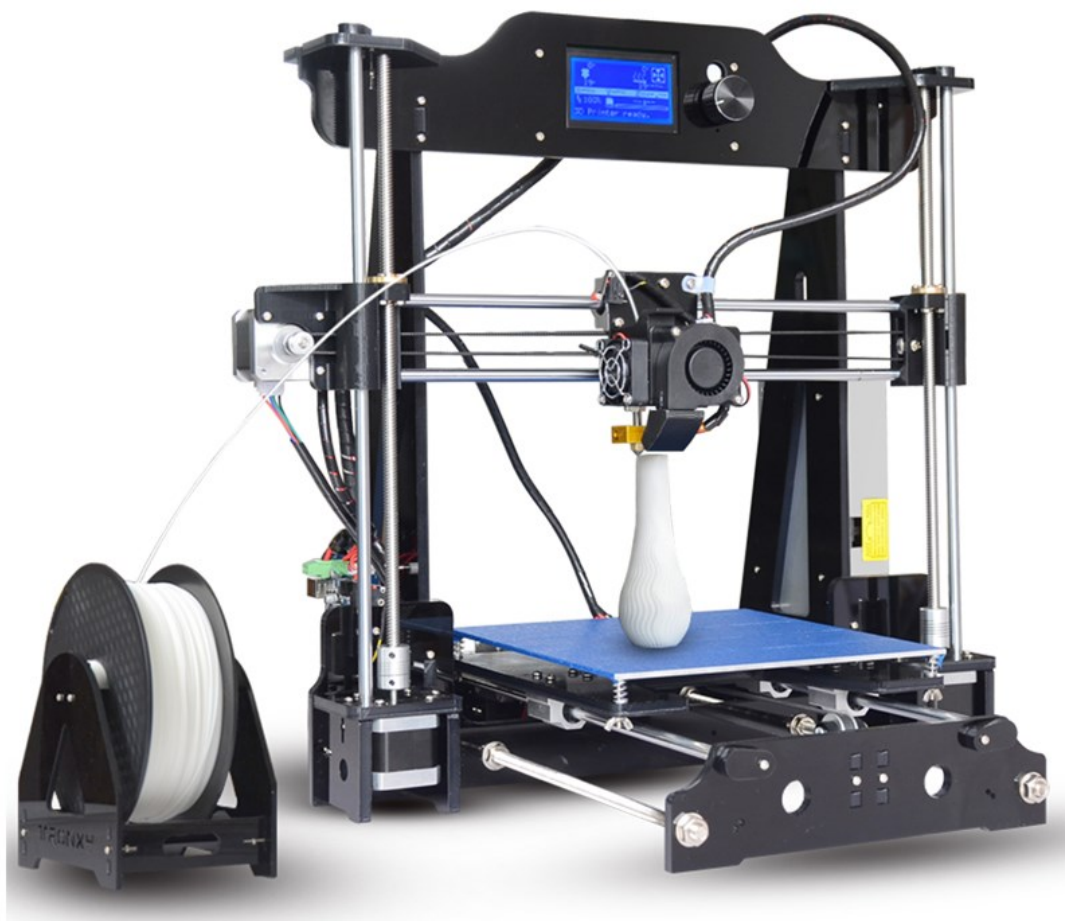


Рисунок 3.3 – 3D-принтер TRONXY X8

LOM (Laminated object manufacturing) технологія. Якщо коротко, то для друку використовуються листи, які обрізаються та склеюються один з одним. Матеріалами виступають папір чи його аналоги, і навіть листи металу.

Розглянемо процес друку на прикладі паперу. Використовується аркуш паперу, що спочатку кладеться на основу (на платформу). Після цього

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП – 131.22.08.03.00.00.ПЗ

Лист

73

використовується різак або ніж для того, щоб вирізати та відокремити майбутній виріб від того, що буде підтримкою. Замість того, як за FDM-технології, матеріал екструдується там, де буде майбутній виріб, тут відразу є суцільний матеріал і просто проводиться кордон. Дана маніпуляція трохи схожа на технологію фрезерування, коли забирається зайвий матеріал. Після цього наноситься клей, укладається наступний лист і процес повторюється.

Застосування паперу дозволяє отримувати багатобарвні (повнокольорові) зразки,

тобто. використовувати друкувальну головку з кольоровим картриджем як у звичайному 2D-принтері. Тому в ускладненому варіанті технологія вже виглядає так: укладається папір, приклеюється до попереднього шару, після цього проходить кольорова головка та забарвлює поточний шар, а потім проходить ріжуча головка та відрізає непотрібне. Після цього наноситься клей, наноситься наступний аркуш паперу, наступний шар і все це повторюється. Цікавий факт: саме із застосуванням LOM технології найкраще виходять людські обличчя та маски

SLA (стереолітографічна) технологія. Принцип роботи наступний: є ванна з полімером, в яку опускається платформа. На початку друку платформа піднімається на рівень полімеру та опускається на висоту одного шару. Далі використовується лазер, або інше джерело УФ-випромінювання, наприклад, проектор з УФ-випромінюванням, щоб засвітити (затвердити) полімер у тих місцях, де це потрібно. Засвічується зріз виробу. У випадку з FDM-технологією, зріз - це саме шар, який «заштриховується», заповнюється. Зріз проектується, у разі проектора, або заповнюється, у разі лазера, лише на рівні полімеру. Після цього платформа опускається на висоту шару, зверху заливається наступний полімер (для цього проходить так званий «двірник», який вирівнює рівень полімеру). Далі процес повторюється. Звичайно, є кілька хитрощів та нюансів, але загалом технологія працює саме так. SLA принтер зображено на рис.3.4.



Рисунок 3.4 – Фотополімерний SLA 3Д принтер FORMLABS FORM 3L

Необхідно звернути увагу, що існують пряма стереолітографія і зворотна стереолітографія. Пряма стереолітографія – коли джерело УФвипромінювання розташоване зверху, а модель поступово занурюється у ванну з полімером. Зворотна стереолітографія – коли джерело випромінювання розташоване знизу, під ванною з полімером, а платформа спочатку опускається на дно ванни, далі піднімається на висоту шару, і знизу засвічується один шар (у цьому випадку об'єкти друкуються «головою вниз»).

Важливий параметр – це обсяг полімеру, який потрібний для роботи. У випадку прямої стереолітографії необхідна ємність, в яку буде опускатися модель. Якщо виріб має габарити 200 x 200 x 200 мм, як у випадку з екструзійним друком, то потрібна ємність з такими ж розмірами, навіть трохи більше, щоб полімер міг переливатись знизу вгору – цей обсяг досить великий, і, щоб заповнити його полімером, потрібно кілька сотень тисяч рублів, залежно від того, який полімер використовувати (дешевший за 5 – 10 тисяч рублів або дорогий, професійний за 20 – 30 тисяч рублів). У разі зворотної стереолітографії для друку потрібно стільки полімеру, скільки буде використано в самому виробі і невеликий об'єм для заливання кількох шарів – у цьому випадку йдеться про мілілітри, тобто. мінімально необхідний обсяг значно менше. Така технологія – зворотна стереолітографія – дуже добре підходить для ювелірного виробництва.

Селективне лазерне сплавлення (SLM), селективне лазерне спікання (SLS). У цих технологій витратним матеріалом є порошок. Це може бути як порошок металевий, так і полімерний порошок (наприклад, поліамід). На початку друку платформа піднімається на верх бака. Далі спеціальний ніж із бункера з матеріалом наносить на платформу один шар матеріалу. Після цього лазер сплавляє частинки матеріалу там, де має бути виріб – повністю за аналогією з роботою лазера в технології SLA, яка була розглянута раніше. Далі процес повторюється. Таким чином, наприкінці друку платформа знаходиться на дні бака (бо платформа при друку опускається), весь бак заповнений порошком, частина порошку вільна, частина – надруковані вироби. Після закінчення друку необхідно висунути бак і прибрати зайвий порошок у спеціальній установці: бак поміщається у спеціальну камеру, де спеціальним пилюсомоком та/або вручну механічно забирається зайвий порошок. Коли деталі витягнуті з бака (камери друку) і очищені від зайвого порошку можна використовувати будь-які засоби для постобробки (наприклад, піскоструми, дробоструми, галтування та інші).

У чому відмінність технології селективного лазерного сплавлення (SLM, selective laser melting) від спікання (SLS, selective laser sintering) – у характері зміни матеріалу у процесі друку. У разі сплаву кожна гранула («порошинка», частка порошку) під дією лазера повністю розплавляється, а у разі спікання відбувається розплавлення лише частини гранули (частини оболонки). Слід зазначити, що досі ці терміни (SLM, SLS) нерідко використовуються як синоніми.

Технологія спікання також використовується для спеціальних порошків, які є частинками конструкційного матеріалу, покритого сполучним (клеєм) – при друкуванні (спіканні) лазер розплавляє сполучне і частинки порошку склеюються один з одним. У цьому випадку після друку, зазвичай, виріб поміщають у піч для виплавлення/випалювання клею, а потім заповнюють порожнечі іншим конструкційним матеріалом. SLS та SLM 3Д принтери представлено на рис. 3.5 – 3.6.



Рисунок 3.5 – Промисловий SLS 3Д принтер ProtoFab

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП – 131.22.08.03.00.00.ПЗ



Рисунок 3.6 – Промисловий SLM 3Д принтер SLM Solutions

При друку великих виробів за технологією SLM, по-перше, потрібно багато витратного матеріалу для заповнення камери, по-друге, витрачається час на те, щоб нанести кожен шар (рівно, з рівномірним заповненням, що дорівнює висоти).

Технологія прямої подачі металу позбавлена цих недоліків: у цій технології існують друкуючі головки (сопла), і, як і в технології PolyJet, подається матеріал тільки туди, де відбувається побудова об'єкта. Подається метал (у вигляді порошку або дроту), енергія для того, щоб він розплавився та наплавився на нижній шар. У цьому плані технологія схожа на технологію екструзійного друку, коли із сопла видавлюється пластик там, де має бути виріб, і шар приплавляється до попереднього шару. Технологія прямої подачі металу дозволяє чергувати різні матеріали: спочатку використовувати один метал, потім у блоці подачі порошку змінити метал і продовжити друкувати іншим металом.

3.3. Застосування адитивних технологій в ливарному виробництві

Слід розуміти, що не завжди обов'язково використовувати лише адитивні технології - можна використовувати в режимі «із застосуванням адитивних технологій», тобто виготовляти якісь деталі традиційними способами з поєднанням адитивних технологій.

Наприклад, при виготовленні прототипів існує можливість надрукувати промодель за допомогою технології FDM і потім, провести просту постобробку. Інший варіант - виготовлення накладки на кронштейн: застосовують шліфування, полірування та фарбування, для того щоб отримати готовий виріб.

Розглянемо складніший приклад: виробництво виробів у металі. У цій галузі, на даний момент, є найбільше проблем і найбільше очікувань. Її перевага полягає в тому, що можна надрукувати деталь складної геометричної форми, деталь матиме меншу вагу, що дуже важливо для авіації, космосу і всього, що літає, плаває та рухається.

Для того, щоб виготовити фінальні вироби складної геометричної форми на сьогоднішній день можливе застосування адитивних технологій як допоміжних. Наприклад, можливо виготовити майстер-модель з фотополімеру, що випалюється, після цього за допомогою лиття по виплавлених/випалюваних моделях отримати виріб в металі. У цьому випадку для отримання виробу будуть застосовані 2 технології: адитивне вирощування та лиття. Таке поєднання технологій іноді називають "гібридними технологіями". Розглянемо докладніше застосування SLA друку як елемента гібридної технології.

Процес отримання деталі з моменту готової 3D-моделі до металевої робили раніше, міг займати від 2 тижнів до місяця і більше, а зараз час скоротився до 48 годин. Цей параметр («time to market» - швидкість виведення нових товарів ринку) дуже важливий для сучасного виробництва.

Перший етап – друк деталей із фотополімеру – займає 4-10 годин. Після цього деталь поміщається або в гіпс, або спеціальну суміш, наприклад, вмочується кілька разів для отримання декількох шарів кірки. Це стандартна технологія для лиття в оболонкові форми. Далі кірка з деталлю фотополімеру поміщається в муфельну піч, де відбувається плавне нагрівання, частина полімеру розплавляється і витікає вниз, частина випаюється (випаровується).

Наступний етап - вивільнення форми та заливання металу в рідкому вигляді. Через невеликий проміжок часу, коли метал устоїться та застигне, вийде сформована металева деталь у кірці. Після цього кірку видаляють і очищають готовий виріб від сміття та можливих нерівностей. Вже можливе отримання деталей складної форми протягом 2-х днів, що раніше було недосяжно. Слід зазначити і можливе застосування FDM друку у гібридних технологіях. Таким чином, можна виготовити досить велику майстер-модель (виріб, з якого відбувається виливок деталей), і при цьому вона не обмежена розмірами камери одного принтера. Наприклад, є приклад друку з 7 деталей макета розміром 600*500*200 мм, частини були роздруковані на трьох різних 3D-принтерах, після чого були склеєні в єдиний макет. Далі отриману майстер-модель використовували для лиття в пісок (майстер-модель укладається в спеціальну суміш, суміш застигає, форма роз'єднується, майстер-модель виймається, з'єднується форма і заливається метал). Такий варіант підходить, коли деталь має досить просту форму та отриману модель, заповнену піском можна роз'єднати. Цей спосіб можна застосувати і при литті в піщано глинисту форму, і при литті в гіпсових чи оболонкових формах.

Спрощена послідовність етапів виробництва виливків із застосуванням адитивних технологій SLA 3Д друку представлена на рис. 3.7.

					ДП – 131.22.08.03.00.00.ПЗ	Лист
						80
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



1) Промодель надрукована на SLA 3Д принтері з випалюваного фотополімера

2) Оболонкова форма: промодель покрита стандартною «кіркою» відповідно технології лиття по виплавляємим моделям

3) Виливок після виплавлення фотополімера із оболонкової форми та заливки її рідким металом

Рисунок 3.7 - Етапи виробництва виливків із застосуванням адитивних технологій SLA 3Д друку

В останній час має суттєвий розвиток спосіб 3Д друку ливарних форм та піщаних стержнів. Даний спосіб полягає у тому, що пошарово наноситься на платформу шар піску, а потім через сопло подається в потрібних місцях відповідно до побудованої 3Д моделі зв'язуюче. Нанесене зв'язуюче вибірково склеює піщинки. Потім платформа опускається і наноситься наступний шар. Таким чином, шар за шаром друкується піщана форма або стержень. Потім форму знімають з платформи і там де не було нанесене зв'язуюче пісок просто висипається. В якості зв'язуючого використовують

фуранові, фенольні та неорганічні зв'язуючі. Завдяки пошаровому склеюванню піску можна отримати форми і стержні дуже складної конфігурації, які недосяжні для традиційних способів формовки (рис. 3.8 – 3.9).



Рисунок 3.8 – Надрукована на 3Д принтері ливарна форма і виливок



Рисунок 3.8 – Надрукований на 3Д принтері піщаний стержень

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП – 131.22.08.03.00.00.ПЗ

Лист

82

4.4. Опис процесу проектування і виготовлення ливарного оснащення із застосуванням адитивних технологій

Після «традиційного» проектування ливарного оснащення, яке було описано в другому розділі, необхідно в CAD системі комп'ютерного проектування побудувати 3Д модель елемента ливарного оснащення.

Далі в спеціалізованій програмі необхідно задати параметри 3Д друку: позиціонування на платформі, необхідність та розміщення підтримок, щільність заповнення 3Д моделі, висоту шару, параметри екструдера тощо. Після задання всіх необхідних параметрів програма здійснює слайсинг (нарізання) 3Д моделі на шари. Можна здійснювати 3Д друк моделі.

Наступним етапом є фінішна обробка надрукованої моделі. Прибираються всі підтримки. Механічною обробкою досягається необхідна шорсткість поверхні та точність розмірів. Вже на цьому етапі можна оцінити якість отриманого виробу та за необхідності внести корективи в 3Д модель.

Після 3Д друку всіх елементів модельного комплексу здійснюють їх монтаж на підмодельній плиті.

Потім здійснюємо виготовлення ливарної форми традиційною формовкою.

Далі йде заливка, вибивка форми, фінішна обробка металевого модельного комплексу, його механічна обробка.

Після контролю якості і розмірів металевого модельного комплексу здійснюють його монтаж на підмодельній плиті.

Далі після прийнятно-здавальних випробувань та контролю якості виливків впроваджують модельний комплект ливарного оснащення у виробництво.

Блок-схема процесу проектування і виготовлення ливарного оснащення із застосуванням адитивних технологій представлена на рис. 3.9.

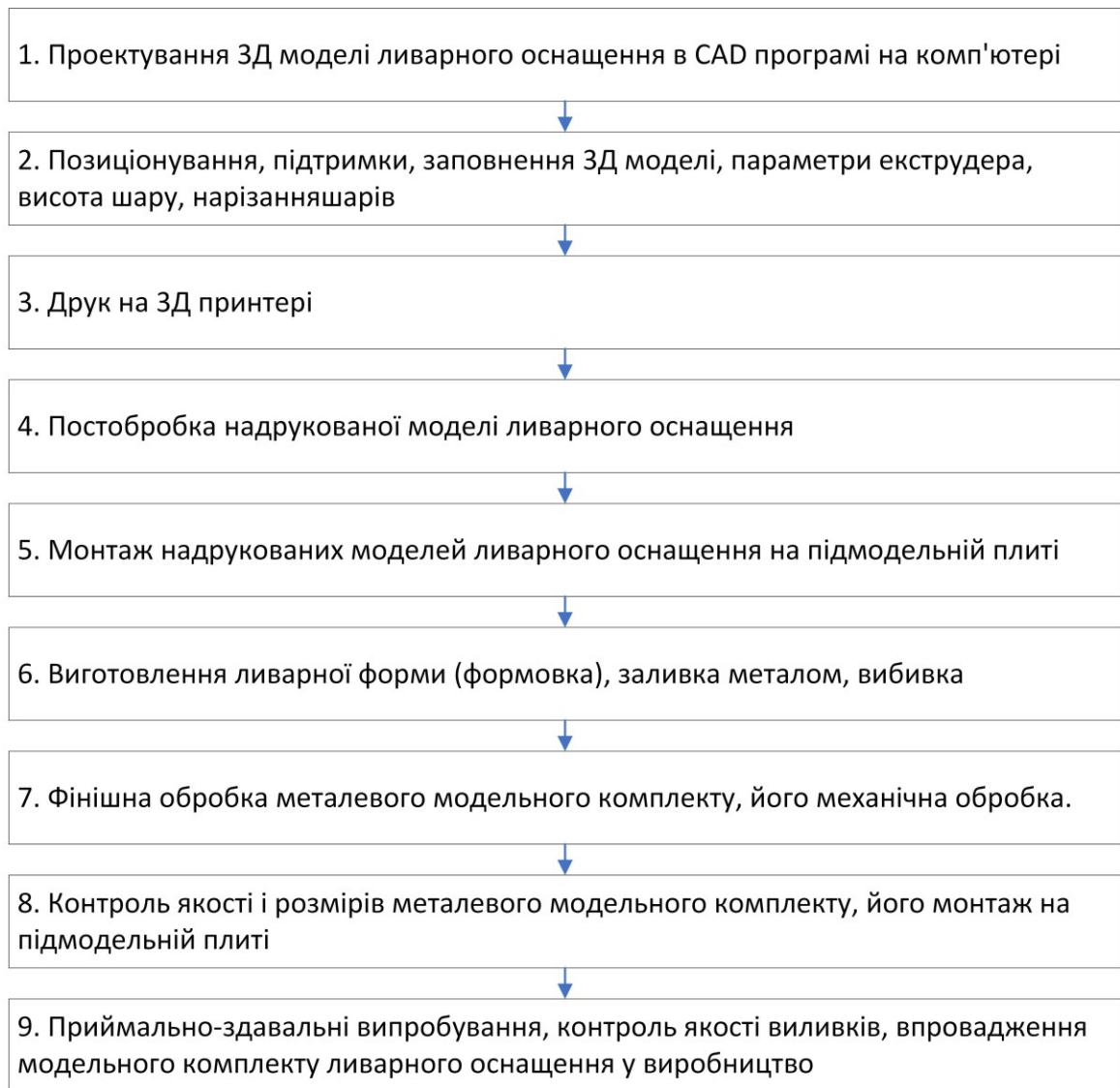


Рисунок 3.9 - Блок-схема процесу проектування і виготовлення ливарного оснащення із застосуванням адитивних технологій

Таким чином на основі аналізу сучасних можливостей 3Д друку, комп'ютерної техніки та програмного забезпечення обґрунтовано необхідність удосконалення процесів проектування та виготовлення ливарного оснащення на основі застосування адитивних технологій. Розроблено рекомендації щодо підвищення швидкості впровадження у виробництво нових виливків із застосуванням виготовленого за допомогою 3Д принтера оснащення. Згідно із запропонованим способом виготовлення ливарного оснащення на основі застосування адитивних технологій, час від початку проектування 3Д моделі до впровадження металевого модельного комплексу у виробництво складає не більше 48 годин.

4. ЕНЕРГЕТИЧНА ЧАСТИНА

4.1. Річна потреба в електроенергії.

Визначаємо потребу цеху в технологічній, силовій освітлювальній електроенергії по типовим нормам витрат на 1т придатного литва [5].

Загальні витрати електро енергії по цеху складають:

$$W = W_T + W_c, \quad (4.1)$$

де W_T - річна витрата електроенергії на електропривод силових установок, кВт/рік;

W_c - річна потреба електроенергії на електропривод силових установок, кВт·рік;

Річна потреба електроенергії розраховується на основі встановленої потужності устаткування і річної кількості його роботи. Укрупнені розрахунки приводяться по питомим нормам витрати електроенергії на 1т придатного литва по формулі:

$$W_c = P_c \cdot Q_z \cdot K_w, \quad (4.2)$$

де P_c - питома витрата силовій електроенергії на 1т придатного литва, кВт·рік [6];

Q_z - випуск придатних відливок, т/рік;

$K_w = 1,05$ - коефіцієнт, який враховує втрати електроенергії в мережі.

					ДП - 131.22.08.04.00.00.ПЗ		
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ЕНЕРГЕТИЧНА ЧАСТИНА		
Розроб.	Мануйлович А.						
Перевір.	Конончук С.В.						
Н. Контр.	Конончук С.В.						
Затверд.	Кузик О.В.						
					Літ.	Арк.	Акрушів
					ЦНТУ гр. ОЛ-21М		

$$W_c = 120 \cdot 12000 \cdot 1,05 = 1512000 \text{ кВт/рік}$$

Річну витрату електроенергії на технологічні потреби визначаємо по формулі:

$$W_m = P_m \cdot Q_z \cdot K_w, \quad (4.3)$$

де P_m - питома витрата технологічної електроенергії на 1т придатного литва, кВт·рік [8];

$$W_m = 420 \cdot 12000 \cdot 1,05 = 5292000 \text{ кВт·рік}$$

Загальні витрати електроенергії:

$$W = 1512000 + 5292000 = 6804000 \text{ кВт·рік}$$

Річна потреба в освітлювальній електроенергії визначається по формулі:

$$W_0 = 0,001 \cdot \rho \cdot F \cdot T_0 \quad (4.4)$$

де ρ - середні витрати за 1 годину на 1м² площі (для виробничих відділень ливарного цеху, $\rho = 18 \text{ Вт}$) [6];

F - освітлювальна площа, м²;

T_0 - річне число годин освітлювального навантаження.

$$W_0 = 0,001 \cdot 18 \cdot 11934 \cdot 5615 = 927822,6 \text{ кВт/рік}$$

					ДП - 131.22.08.04.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2. Річна потреба цеху в воді

Вода в ливарному цеху витрачається на приготування формувальної суміші, грануляцію шлаку, охолодження дугової печі, господарчі потреби, побутові і санітарно-гігієнічні потреби. Витрати води на технічні потреби розраховуються по формулі:

$$P_m = P_v \cdot Q_{річн} , \quad (4.5)$$

де P_m - питомі витрати технологічної води на 1т придатного литва [6], м³/т.

$$P_m = 35 \cdot 12000 = 420000 \text{ м}^3$$

Витрати води на побутові потреби, господарсько-питні: 45 л на 1 чоловіка в зміну. Тоді:

$$P_x = 45 \cdot 193 \cdot 2 = 17370 \text{ м}^3$$

Річну потребу цеху в воді визначаємо:

$$P = P_m + P_x , \quad (4.6)$$

$$P = 420000 + 17370 = 437370 \text{ м}^3$$

					ДП - 131.22.08.04.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.3. Річна потреба в стисненому повітрі

Розрахунок ведемо на 1т придатного литва по формулі:

$$Q_{cm} = P_{cm} \cdot Q_z, \quad (4.7)$$

де $P_{ст}$ - витратна стисненого повітря на 1т придатного литва, $P_{cm} = 750...850 \text{ м}^3/\text{т}$ [8].

$$Q_{cm} = 800 \cdot 12000 = 9600000 \text{ м}^3$$

					ДП - 131.22.08.04.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Усі данні для розрахунку отримані у попередніх розділах чи на базовому підприємстві.

Режим роботи цеху, фонди часу устаткування і працівників, баланс метала, вибір і розрахунок технологічного обладнання та його кількість описані в першій частині.

5.1. Розрахунок капітальних вкладень

Капітальні вкладення при проектуванні цеху визначаються за методом прямого розрахунку окремих елементів (по балансовій вартості):

$$K = K_{yc} + K_{буд} + K_y + K_{осн} + K_{инв} + K_{пр}, \quad (5.1)$$

де K_{yc} – капіталовкладення в устаткування, грн;

$K_{буд}$ – капіталовкладення в будівлі, грн;

$K_{осн}$ – капіталовкладення в технологічне оснащення, грн;

K_y – капіталовкладення в споруди та обладнання, грн;

$K_{инв}$ – капіталовкладення в інвентар, грн;

$K_{пр}$ – капіталовкладення в проектування діляниці, грн.

$$K = 30797560 + 171635200 + 20596224 + 1051624 + 300464 + 283712 = 224664784 \text{ грн.}$$

Капіталовкладення в устаткування розраховуються за формулою:

$$K_{yc} = K_{ym} + K_{ye} + K_{нту} + K_{км}, \quad (5.2)$$

					ДП-131.22.08.05.00.00.ПЗ						
Змн.	Лист	№ докум.	П.ідпис	Дата	ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА			Літ.	Арк.	Акрушів	
Розроб.		Мануйлович А									
Перевір.		Сисоліна Н.П.								115	
Реценз.								ЦНТУ гр. ОЛ-21М			
Н. Контр.		Конончук С.В.									
Затверд.		Кузик О.В.									

де K_{yt} – капіталовкладення в технологічне устаткування, грн;

K_{ye} – капіталовкладення в енергетичне устаткування, грн;

$K_{пту}$ – капіталовкладення в підйомно-транспортне устаткування, грн;

$K_{км}$ – капіталовкладення у засоби комплексної механізації, грн.

$$K_{yc} = 15023200 + 1502320 + 10516240 + 3755800 = 30797560 \text{ грн}$$

Капітальні вкладення у технологічне устаткування розраховуємо за формулою:

$$K_{ym} = \sum [C_o \cdot (1 + \alpha_m + \alpha_c + \alpha_m) \cdot z], \text{ грн}, \quad (5.3)$$

де C_o – оптова ціна устаткування, грн;

α_m – коефіцієнт транспортно-заготівельних витрат, пов'язаний із придбанням устаткування. У наближених розрахунках він може бути прийнятий в розмірі 0,05 для устаткування масою вищою за 30 т, та 0,1 в інших випадках;

α_c – коефіцієнт, що враховує витрати на будівельні роботи, в тому числі обладнання фундаментів під устаткування;

α_m – коефіцієнт, що враховує витрати на монтаж та освоєння устаткування;

Z – число типорозмірів устаткування.

Для прикладу приводимо розрахунок витрат на технологічне устаткування – дугова електропіч.

$$K_{ym} = 1450000 \cdot (1 + 0,1 + 0,02 + 0,1) \cdot 1 = 1769000 \text{ грн}$$

Решту розрахунків проводимо аналогічно і заносимо до таблиці 5.1.

					ДП-131.22.08.05.00.00.ПЗ	Арк.
						116
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.1.

Капітальні вкладення у технологічне устаткування

Найменування устаткування	Модель	Кількість, шт	Оптова ціна одиниці, грн.	Величина коефіцієнта			Балансова вартість, грн.	Всього
				α_m	α_c	α_m		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Дугова електропіч	ДСП-12	2	1450000	0,1	0,02	0,1	1769000	3538000
Автоматична лінія	ІЛ 225	2	3500000	0,05	0,05	0,1	4200000	8400000
Стержневий автомат	4509С	4	100000	0,05	0,03	0,1	118000	472000
Змішуючі бігуни	15104	2	70000	0,05	0,03	0,1	82600	165200
Змішуючі бігуни	15101	1	65000	0,05	0,05	0,1	78000	78000
Галтовочний барабан	ОБ-800	2	70000	0,05	0,05	0,1	84000	168000
Відрізний верстат	3Е184В	9	40000	0,05	0,05	0,1	48000	432000
Обдирочно шліфувальний верстат	3М363	11	25000	0,05	0,05	0,1	30000	330000
Дробеметна камера	86414	1	1200000	0,05	0,05	0,1	1440000	1440000
Всього								15023200

Капіталовкладення в енергетичне устаткування. Приймаємо 10 % [23] вартості технологічного устаткування

$$K_{ye} = K_{ym} \cdot 0,1 \quad (5.4)$$

$$K_{ye} = 15023200 \cdot 0,1 = 1502320 \text{ грн}$$

					ДП-131.22.08.05.00.00.ПЗ	Арк.
						117
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Капіталовкладення в підйомно-транспортне устаткування. Приймаємо 70% вартості технологічного устаткування

$$K_{nty} = K_{ym} \cdot 0,7 \quad (5.5)$$

$$K_{nty} = 15023200 \cdot 0,7 = 10516240 \text{ грн}$$

Капіталовкладення у засоби комплексної механізації і автоматизації. Приймаємо 25 % [24] вартості технологічного устаткування

$$K_{км} = K_{ym} \cdot 0,25 \quad (5.6)$$

$$K_{км} = 15023200 \cdot 0,25 = 3755800 \text{ грн}$$

Капітальні вкладення в будівлі:

$$K_{б\gamma\delta} = S_{цех} \cdot h \cdot Ц_{б\gamma\delta}, \quad (5.7)$$

де $S_{цех}$ – загальна площа цеху, (згідно спроектованого плану цеху). $S_{цех} = 8480 \text{ м}^2$

h – висота приміщення цеху, $h = 12,65 \text{ м}$;

$Ц_{б\gamma\delta}$ – вартість 1 м^3 будівлі, $Ц_{б\gamma\delta} = 1600 \text{ грн/м}^3$ [24].

$$K_{б\gamma\delta} = 8480 \cdot 12,65 \cdot 1600 = 171635200 \text{ грн.}$$

Капітальні вкладення у споруди та обладнання у внутрішньо цехові рейкові колії, повітропроводи, та інші пристрої. Приймаємо 12 % [2] від вартості будівлі.

$$K_{сп.обл} = K_{б\gamma\delta} \cdot 0,12 \quad (5.8)$$

					ДП-131.22.08.05.00.00.ПЗ	Арк.
						118
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_{\text{сп.обл}} = 171635200 \cdot 0,12 = 20596224 \text{ грн.}$$

Капітальні вкладення у технологічне оснащення. Приймаємо 7% вартості технологічного устаткування.

$$K_{\text{тех.осн}} = K_{\text{ут}} \cdot 0,07 \quad (5.9)$$

$$K_{\text{тех.осн}} = 15023200 \cdot 0,07 = 1051624 \text{ грн}$$

Капітальні вкладення у виробничий та господарський інвентар (стелажі, предмети протипожежного устаткування, засіки, тумбочки). Приймаємо 2 % вартості технологічного устаткування:

$$K_{\text{інв}} = K_{\text{ут}} \cdot 0,02 \quad (5.10)$$

$$K_{\text{інв}} = 15023200 \cdot 0,02 = 300464 \text{ грн}$$

Капітальні вкладення в проектування ливарного цеху визначаються за формулою:

$$K_{\text{пр}} = \left(\sum_{i=1}^n M_i \cdot K_i \cdot O_i \right) \cdot K, \text{ грн}, \quad (5.11)$$

де M_i – кількість місяців роботи над проектом;

K_i – кількість задіяних конструкторів, технологів і т.д.;

O_i – посадовий оклад за місяць, $O_i = 8860$ грн (технолог), $O_i = 9680$ грн (конструктор);

K – поправочний коефіцієнт, що враховує додаткові витрати, $K = 1,1$.

$$K_{\text{пр}} = (4 \cdot 3 \cdot 9680 \cdot 1,1) + (4 \cdot 4 \cdot 8860 \cdot 1,1) = 283712 \text{ грн}$$

					ДП-131.22.08.05.00.00.ПЗ	Арк.
						119
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Результати розрахунків капітальних вкладень зводяться до таблиці 5.2.

Таблиця 5.2.

Капіталовкладення цеху

№ п/п	Група основних фондів	Розмір капітальних вкладень, грн	Відсоткі в
1	2	3	4
1	Технологічне устаткування	15023200	6,7
2	Енергетичне устаткування	1502320	0,67
3	Підйомно-транспортне устаткування	10516240	4,45
4	Будівлі та споруди	192231424	85,57
5	Ливарна оснастка	1051624	0,46
6	Засоби механізації і автоматизації	3755800	1,64
7	Виробничий та господарський інвентар	300464	0,13
8	Капітальні вкладення в проектування ливарного цеху	283712	0,12
	Всього	224664784	100%

5.2. Техніко-економічна частина

5.2.1. Складання штатного розкладу працюючих ливарного цеху.

Загальна чисельність виробничих робітників визначається укрупнено по трудомісткості робіт по 1 т литва:

$$R_{\text{сп.в}}^{\text{заг}} = \frac{Q_{\text{пр}} \cdot t_n}{\Phi_{\text{др}} \cdot K_{\text{в}}}, \text{чол}, \quad (5.12)$$

де $Q_{\text{пр}}$ – маса придатного литва на річну програму, т;

t_n – продуктивність 1 т литва, нормо-год;

$\Phi_{\text{др}}$ – дійсний фонд часу роботи працівників, год;

$K_{\text{в}}$ – коефіцієнт виконання норм, $K_{\text{в}} = 1$ [2].

$$R_{\text{сп.в}}^{\text{заг}} = \frac{12000 \cdot 15}{1753 \cdot 1} = 100 \text{ чол}$$

Розрахунок кількості виробничих робітників по професіях проводиться за робочими місцями відповідних відділень і дільниць в залежності від обраного типу устаткування:

$$R_{\text{сп}} = \frac{M \cdot H_{\text{бр}}}{K_{\text{вик}}} \cdot S, \quad (5.13)$$

де M – прийнята кількість одиниць устаткування, шт;

$H_{\text{бр}}$ – число робітників в бригаді, чол;

$K_{\text{вик}}$ – коефіцієнт використання робочого часу.

$$K_{\text{вик}} = 1 - 0,01 \cdot C, \quad (5.14)$$

де C – коефіцієнт невиходу на роботу з поважних причин.

$$K_{\text{вик}} = 1 - 0,01 \cdot 12 = 0,88$$

Приймаємо 1 плавильника на дугову піч, кількість печей – 2 шт.

					ДП-131.22.08.05.00.00.ПЗ	Арк.
						121
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R_{cn} = \frac{2 \cdot 2}{0,88} \cdot 2 = 10 \text{ чол}$$

Приймаємо 6 плавильників і 4 підручних.

Кількість робітників на заливочному обладнанні. Приймаємо 2 заливщика на одну автоматичну лінію, кількість автоматичних ліній – 2.

$$R_{cn} = \frac{2 \cdot 2}{0,88} \cdot 2 = 10 \text{ чол}$$

Кількість робітників на сумішоприготувальному обладнанні:

$$R_{cn} = \frac{3 \cdot 1}{0,88} \cdot 2 = 7 \text{ чол}$$

Кількість робітників на стержневому обладнанні:

$$R_{cn} = \frac{4 \cdot 1}{0,88} \cdot 2 = 10 \text{ чол}$$

Кількість робітників на очисному обладнанні, кількість очисних машин – 23:

$$R_{cn} = \frac{23 \cdot 1}{0,88} \cdot 2 = 53 \text{ чол}$$

Кількість робітників на формувальному обладнанні:

$$R_{cn} = \frac{2 \cdot 2}{0,88} \cdot 2 = 10 \text{ чол}$$

Приймаємо 6 формівника і 4 наладчика формівних машин.

Повний склад виробничих робітників приводиться в таблиці 5.3.

					ДП-131.22.08.05.00.00.ПЗ	Лист
						122
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблиця 5.3.

Склад виробничих робітників ливарного цеху

Відділення	Професія	Кількість, чол.	Розряди роботи					
			1	2	3	4	5	6
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Плавильне	плавильники	6				+		
	підручні	4			+			
Заливочне	залівники	6				+		
	наладчики-оператори	4		+				
Сумішеприготувальне	наладчики-оператори	7				+		
Стержневе	Оператори стерж. автоматів	10				+		
Очисне	обрізники	18			+			
	заточники	22			+			
	обрубники	7			+			
	наладчики	6				+		
Формувальне	формівники	6				+		
	наладчики	4				+		
Всього		100						

5.2.2. Чисельність допоміжних робітників. Сумарна чисельність допоміжних робітників визначається із співвідношення:

$$R_{\text{доп}}^{\text{max}} = R_{\text{сп.в}}^{\text{заг}} \cdot B, \quad (5.15)$$

де B – коефіцієнт, що враховує допоміжних працівників, $B = 0,65$ [23].

					ДП-131.22.08.05.00.00.ПЗ	Арк.
						123
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R_{\text{дон}}^{\text{max}} = 100 \cdot 0,65 = 65 \text{ чол}$$

5.2.3. Чисельність допоміжних працівників по міжремонтному обслуговуванню (чергові слюсарі, верстатники та інші).

$$R = \frac{R_o}{m_o \cdot K} \cdot S, \text{ чол} \quad (5.16)$$

де m_o – норма обслуговування одним робітником;

R_o – обсяг робіт механічної та електричної частини устаткування РО.

Таким чином:

$$R_o = \frac{Q_n}{100} \cdot R_H, \quad (5.17)$$

де R_H – норматив ремонтних одиниць, $R_H^m = 190$; $R_H^e = 140$ [23].

$$R_o = \frac{100}{100} \cdot 190 = 190$$

$$R_o = \frac{100}{100} \cdot 140 = 140$$

Для обслуговування обладнання на виробництві використовуємо дві бригади чергових слюсарів і дві бригади чергових електриків, які працюють позмінно.

- для верстатників $m_o = 750$: - для чергових слюсарів $m_o = 650$:
- $R_{\text{сн1}} = \frac{190}{750 \cdot 0,88} \cdot 2 = 0,57 \text{ чол};$ - $R_{\text{сн2}} = \frac{190}{650 \cdot 0,88} \cdot 2 = 0,66 \text{ чол};$
- для мастильників $m_o = 500$: - для чергових електриків $m_o = 150$:
- $R_{\text{сн3}} = \frac{190}{500 \cdot 0,88} \cdot 2 = 0,86 \text{ чол};$ - $R_{\text{сн3}} = \frac{140}{150 \cdot 0,88} \cdot 2 = 2,12 \text{ чол}$

Розрахункові данні дуже малі, тому приймаємо по 2 робітника кожної професії. Професії допоміжних робітників і їх середній розряд вказані у таблиці 5.4.

					ДП-131.22.08.05.00.00.ПЗ	Лист
						124
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблиця 5.4.

Штатний розклад чисельності допоміжних робітників

№ групи	Професія	Кількість чоловік	Середній розряд роботи	Методика розрахунку та джерело інформації
1.	Чергові слюсарі Верстатники Мастильники Чергові електрики Наладчики устаткування	2 2 2 3 10	4 4 2 4 4	Приймаємо згідно технологічної потреби на 2 зміни $65 \cdot 0,14 = 10$
2.	Слюсарі по ремонту устаткування Верстатники по ремонту устаткування Електрозварювальники Ківшовими (ремонт ковшів) Пічники (ремонт печей всіх видів)	5 4 2 2 2	4 4 4 4 4	7% від $R_{\text{доп}}$ 5% від $R_{\text{доп}}$ 1 робітник 6-7 тис.т потужності 1 робітник 6-7 тис.т.потужності 3% від $R_{\text{доп}}$
3.	Стропальники Водії відповідного транспорту	6 4	2 2	По кількості робочих місць У відповідності до транспорту та числу змін
4.	Слюсарі з ремонту оснащення Лаборанти хім.лаб.	2 3	4 2	1 робітник на 6-7 тис.т.литва 4% від $R_{\text{доп}}$
5.	Контролери БТК Комірники	4 3	4 2	6% від виробничих робітників 4% від $R_{\text{доп}}$
6.	Прибиральники виробничих приміщень	6	2	Приймаємо 1 прибиральник на зміну на 2500-3000м ² площі цеху
7	Підсобні робітники на очисній ділянці	3	2	4% від $R_{\text{доп}}$
Всього $\Sigma R_{\text{маходп}}$		65		

Чисельність керівників і спеціалістів приймається у відсотках від чисельності робітників

$$R = 17\% \cdot (100 + 65) = 28 \text{ чол}$$

					ДП-131.22.08.05.00.00.ПЗ	Арк.
						125
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.5.

Штатний розклад керівників і спеціалістів цеху

№	Посада	Кількість	Посадовий оклад, грн/міс	Сума, грн
1	Начальник цеху	1	14000	14000
2	Заст. начальника цеху	1	12535	12535
3	Головний металург	1	11285	11285
4	Головний технолог	1	10450	10450
5	Головний енергетик	1	10450	10450
6	Головний механік	1	10450	10450
7	Спеціаліст металург	3	9750	29250
8	Спеціаліст технолог	4	8860	35440
9	Спеціаліст конструктор	3	9680	29040
10	Спеціаліст енергетик	3	9750	29250
11	Спеціаліст механік	3	9750	29250
12	Начальник ПРБ	1	10450	10450
13	Економіст	2	8860	17720
14	Майстер зміни	2	11385	22770
15	Старший майстер	1	12060	12060
	Всього	28		284400

Загальний склад працюючих в цеху заносимо до зведеної таблиці 5.6.

Загальний склад працюючих ливарного цеху

Категорія працюючих	Всього чоловік	Відсоток від загальної кількості працюючих
Виробничі працівники	100	51,81
Допоміжні робітники	65	33,68
Керівники і спеціалісти	28	14,51
Всього	193	100 %

Розрахунок фонду заробітної плати працівників

Запланований фонд заробітної плати (ФЗП) виробничих виробників за рік визначається за формулами:

$$\Phi_o^c = l_{zod}^c \cdot R_{cn}^{zag} \cdot \Phi_{ov} \cdot (1 + K_{np} + K_d + K'_d), \quad (5.18)$$

де l_{zod}^c – середньогодинна тарифна ставка робітників

$$l_{zod}^c = \frac{\sum_{i=1}^Z l_{zod} \cdot R_{cni} \cdot K_y}{R_{cn}^{zag(d)}}, \quad (5.19)$$

де Z – номенклатура професій виробничих (допоміжних) робітників;

l_{zod} – годинна тарифна ставка робітника відповідного розряду;

R_{cni} – кількість виробничих робітників відповідного розряду;

$R_{cn}^{zag(d)}$ – загальна кількість, виробничих (допоміжних) робітників;

K_y – коефіцієнт, який враховує доплати за умови праці;

Φ_{op} – дійсний річний фонд часу роботи одного робітника, год;

K_{np} – коефіцієнт, який враховує премії робітникам за виконання плану і якість робіт, $K_{np} = 0,15$ [23];

					ДП-131.22.08.05.00.00.ПЗ	Арк.
						127
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

K_o – коефіцієнт, який враховує доплати за фактично вироблений час,
 $K_o = 0,075 \dots 0,8$ [24];

K'_o – коефіцієнт, який враховує додаткову заробітну плату за не відроблений час, $K'_o = 0,08 \dots 0,1$ [24].

$$Z_{mic}^c = \frac{\Phi_{mic}^c}{R_{cn}^{заз(o)} \cdot M}, \quad (5.20)$$

де M – середня кількість місяців роботи виробничих (допоміжних) робітників,
 $M = 11,2$ міс;

$$L_{год} = \frac{\sum L_{год} \cdot R_{cni}}{R_{cn}^{заз}}, \quad (5.21)$$

$$L_{год} = \frac{(46 \cdot 27 + 59 \cdot 38)}{65} = 53,6 \text{ грн}$$

Фонд заробітної плати допоміжних робітників:

$$\Phi_o^{c(o)} = 19,41 \cdot 65 \cdot 1793 \cdot (1 + 0,15 + 0,08 + 0,1) = 8308260 \text{ грн}$$

Середньомісячна заробітна плата одного допоміжного робітника:

$$Z_{mic}^c = \frac{8308260}{65 \cdot 11,2} = 11413 \text{ грн}$$

Фонд заробітної плати виробничих робітників:

$$L_{год} = \frac{(46 \cdot 4 + 52 \cdot 51 + 59 \cdot 45)}{100} = 54,67 \text{ грн}$$

$$\Phi_o^{c(o)} = 54,67 \cdot 100 \cdot 1753 \cdot (1 + 0,15 + 0,08 + 0,1) = 12746255 \text{ грн}$$

					ДП-131.22.08.05.00.00.ПЗ	Арк.
						128
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Середньомісячна заробітна плата:

$$Z_{\text{міс}}^c = \frac{12746255}{100 \cdot 11,2} = 11381 \text{ грн}$$

Плавильне відділення

$$l_{\text{год}} = \frac{4 \cdot 52 + 6 \cdot 59}{10} = 56,2 \text{ грн / год}$$

$$\Phi_o = 56,2 \cdot 10 \cdot 1753 \cdot (1 + 0,15 + 0,08 + 0,18) = 1389112,2 \text{ грн}$$

$$Z_{\text{міс}} = \frac{1389112,2}{10 \cdot 11,2} = 12403 \text{ грн.}$$

Основний фонд заробітної плати без робітників плавильної ділянки:

$$\Phi_o^c = 12746255 - 1389112,2 = 11357143 \text{ грн}$$

Сумарний фонд заробітної плати:

$$\sum \Phi_o^c = 8308260 + 12746255 + 284400 = 21338915 \text{ грн}$$

Витрати на утримання і експлуатацію устаткування:

$$\sum P_o = (1,0 \dots 3,5) \cdot \sum \Phi_o^c = 3,5 \cdot 21338915 = 74686203 \text{ грн}$$

$$t_y = \frac{\sum P_o}{T_{\text{річ}}}$$

$$T_{\text{річ}} = Q_n \cdot t_n$$

де $T_{\text{річ}}$ – трудомісткість річної виробничої програми цеху;

t_n – трудомісткість 1 т литва, нормо-год, $t_n = 15$ нормо-год.

$$T_{\text{річ}} = 12000 \cdot 15 = 180000 \text{ нормо-год}$$

$$t_y = \frac{74686203}{180000} = 414,9 \text{ грн/нормо-год}$$

Процент цехових витрат приймаємо по даним ПрАТ "Металит" – $K \sum_{\text{цех}} \% = 67,8\%$.

					ДП-131.22.08.05.00.00.ПЗ	Арк.
						129
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.3. Калькуляція собівартості відливків

Калькуляція собівартості однієї тони рідкого металу:

Визначаємо цехову собівартість тони рідкого металу по сплаву сталь 35Л за формулою:

$$C_{ц} = M + Z_o + Z_d + Z_{відр} + P_o + K_{ц}, \quad (5.22)$$

де M – вартість матеріалів металевої шихти, грн;

Z_o – основна заробітна плата виробничих виробників плавильної дільниці, грн;

Z_d – додаткова заробітна плата виробничих робітників, грн;

$Z_{відр}$ – відрахування в соціальні фонди виробничих робітників, грн;

P_o – витрати на утримання і експлуатацію устаткування, які приходяться на одну тонну рідкого металу, грн;

$K_{ц}$ – цехові витрати, які приходяться на одну тонну рідкого металу

$$C_{ц} = 8547,2 + 73,5 + 13,23 + 191 + 1259,7 + 903,9 = 10816,63 \text{ грн}$$

Визначаємо цехову собівартість 1т придатних відливків по сплаву чавун СЧ20 за формулою:

$$C_{ц} = M + Z_o + Z_d + Z_{відр} + P_o + K_{ц}, \quad (5.23)$$

де Z_o – основна заробітна плата виробничих виробників плавильної дільниці, грн;

Z_d – додаткова заробітна плата виробничих робітників без плавильної дільниці, грн;

$Z_{відр}$ – відрахування в соціальні фонди виробничих робітників без плавильної дільниці, грн;

P_o – витрати на утримання і експлуатацію устаткування, які приходяться на одну тонну придатних відливків, грн;

$K_{ц}$ – цехові витрати, які приходяться на одну тонну придатних відливок

					ДП-131.22.08.05.00.00.ПЗ	Арк.
						130
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$C_{\text{г}} = 20091,64 + 600,9 + 208,2 + 156 + 6298,5 + 4677,8 = 33933 \text{ грн}$$

Вартість шихтових матеріалів по сплаву чавун СЧ20:

$$M_{\text{ш}} = \sum_{i=1}^n a_{\text{р}} \cdot \text{Ц}_{\text{м}} \cdot K_{\text{тр}}, \quad (5.24)$$

де $a_{\text{р}}$ – норма витрати i -го матеріалу на 1т придатного литва, кг;

$\text{Ц}_{\text{м}}$ – ціна 1 кг i -го матеріалу;

$K_{\text{тр}}$ – коеф., який враховує транспортно-заготівельні витрати, $K_{\text{тр}}=1,1$;

z – номенклатура шихтових матеріалів.

$$M_{\text{ш}} = (661,5 \cdot 7,75 + 128,31 \cdot 6,5) \cdot 1,1 + (260,19 \cdot 7,5) \cdot 1,02 = 8547,2 \text{ грн}$$

Основна заробітна плата робітників плавильної дільниці:

$$З_0 = \frac{\Phi_{\text{опл}}}{Q_{\text{р.м}}}$$

де Φ – основний фонд заробітної плати виробничих робітників плавильного цеху, грн;

$Q_{\text{р.м.}}$ – маса рідкого металу на річну програму, т

$$З_{\text{о.пл}} = \frac{1389112,2}{19524} = 73,5 \text{ грн.}$$

$$З_{\text{о.без.пл}} = \frac{11357143}{19524} = 600,9 \text{ грн}$$

Додаткова заробітна плата виробничих робітників плавильної дільниці:

$$З_{\text{д}} = З_0 \cdot (K_{\text{д}} + K_{\text{д1}}), \quad (5.25)$$

$$З_{\text{д.пл}} = 73,5 \cdot (0,08 + 0,1) = 13,23 \text{ грн}$$

$$З_{\text{д.без.пл}} = 600,9 \cdot (0,08 + 0,1) = 108,2 \text{ грн}$$

Відрахування в соціальні фонди виробничих робітників:

$$З_{\text{відр}} = (З_0 + З_{\text{д}}) \cdot \frac{K_{\text{с}}}{100}$$

					ДП-131.22.08.05.00.00.ПЗ	Лист
						131
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

де K_c – коефіцієнт, який враховує відрахування в соціальні фонди, $K_c=22$ [24].

$$Z_{\text{відр.пл}} = \frac{22}{100} \cdot (73,5 + 13,23) = 19,1 \text{ грн}$$

$$Z_{\text{відр.безпл}} = \frac{22}{100} \cdot (600,9 + 108,2) = 156 \text{ грн}$$

Витрати на утримання і експлуатацію устаткування, на одну тону рідкого металу (придатного литва):

$$P_0 = t_y \cdot \frac{t_{\text{пл}}}{1000} \cdot 1000, \quad (5.26)$$

де t_y – витрати на утримання і експлуатацію устаткування, яке припадає на 1т рідкого металу (придатного литва), грн/т;

$t_{\text{пл}}$ – трудомісткість плавильної ділянки на 1т рідкого металу (придатного литва), $t_{\text{пл}}=0,2 \cdot t_n=0,2 \cdot 15 = 3,0$

$$P_0 = 419,9 \cdot \frac{3,0}{1000} \cdot 1000 = 1259,7 \text{ грн}$$

$$P_0 = 419,9 \cdot \frac{15}{1000} \cdot 1000 = 6298,5 \text{ грн}$$

Загальноцехові витрати, що припадають на 1т рідкого металу (придатного литва):

$$P_0 = \frac{\%K_{\text{ц}}}{100} \cdot (3_0 + P_0) \quad (5.27)$$

$$K_{\text{ц.р.м.}} = \frac{67,8}{100} \cdot (73,5 + 1259,7) = 903,9 \text{ грн}$$

$$K_{\text{ц.пр.л}} = \frac{67,8}{100} \cdot (600,9 + 6298,5) = 4677,8 \text{ грн}$$

Калькуляцію цехової собівартості 1т рідкого металу (придатного литва) заносимо до табл. 5.7 та 5.8.

					ДП-131.22.08.05.00.00.ПЗ	Арк.
						132
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.7

Планова калькуляція 1т рідкого металу сплаву чавун СЧ20

№ рядка	Найменування статей	Кількість, кг	Ціна, грн/кг	Сума, грн
1	Чавун ливарний Л5 або Л6	661,50	7,75	5639,3
	Лом сталевий (Вид 21)	128,31	6,5	917,4
	Відходи власного виробництва	260,19	7,5	1990,5
	Металозавалка	1050		8547,2
2	Угар і безповоротні втрати	50		
3	Вихід рідкого металу	1000		8547,2
4	Основна заробітна плата робітників плавильної ділянки			73,5
5	Додаткова заробітна плата виробничих робітників			13,23
6	Відрахування в соціальні фонди			19,1
7	Витрати на утримання і експлуатацію устаткування			1259,7
8	Загальноцехові витрати			903,9
9	Цехова собівартість 1т рідкого металу			10816,63

Таблиця 5.8

Планова калькуляція 1т придатних відливок сплаву Чавун СЧ20

№ ря дка	Найменування статей	Кількість, кг	Ціна, грн/кг	Сума, грн.
1	Рідкий метал	1627	10,82	17604,14
2	Відходи:			
	Ливники	525	7,50	3937,5
	Зливи і сплески	52	-	550
	Брак	50	11,00	
3	Придатне литво	1000		13116,64
4	Основна заробітна плата виробничих робітників цеху без робітників плавильної дільниці			600,9
5	Додаткова заробітна плата без плавильної дільниці			108,2
6	Відрахування в соціальні фонди			156
7	Витрати на утримання і експлуатацію устаткування			6298,5
8	Загальноцехові витрати			4677,8
9	Цехова собівартість 1т придатного литва			24958

Техніко-економічні показники цеху заносимо в таблицю 5.9.

					ДП-131.22.08.05.00.00.ПЗ	Арк.
						134
	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.9

Техніко-економічні показники ливарного цеху.

№ п/п	Найменування показників	Одиниця виміру	Величина показників
1	Річний випуск литва	Т	12000
2	Кількість працюючих в цеху: - виробничих робітників - допоміжних робітників - керівників і спеціалістів	чол чол чол.	100 65 28
3	Фонд заробітної плати: - виробничих робітників - допоміжних робітників - керівників і спеціалістів	грн грн грн.	12746255 8308260 284400
4	Собівартість 1т рідкого металу	Грн.	10816,63
5	Собівартість 1т придатного литва	Грн.	24958
6	Вартість 1т придатного литва	Грн.	44112,95
6	Капіталовкладення всього, в тому числі і технологічного устаткування	Грн. грн.	224664784 15023200
7	Загальна площа цеху	м ²	8480
8	Випуск литва на 1-го виробничого робітника	т/чол.	120
9	Середня заробітна плата на одного виробничого робітника	Грн.	11381
10	Трудомісткість 1т придатного литва	н-год/т	15
11	Зйом з 1м ² загальної площі	т/м ²	1,42
12	Фондовіддача	грн/грн.	4,13

Фондовіддача розраховується за формулою:

$$f_0 = \frac{C}{\Phi_{осн}}, \quad (5.28)$$

де $C_{нов}$ – вартість річної виробничої продукції цеху.

Вартість річної виробничої продукції цеху з врахуванням позавиробничих витрат і прибутку за даними ПрАТ "Металит":

$$B_{пр} = 1,3 \cdot C \quad (5.29)$$

$$B_{пр} = 1,3 \cdot 24958 = 32445,45 \text{ грн.}$$

Тоді:

$$f_0 = \frac{32445,45 \cdot 12000}{224664784 - 283712} = 1,73 \text{ грн/грн}$$

Виходячи з отриманої фондовіддачі та основних показників (див. табл. 5.11), спроектований цех – рентабельний.

					ДП-131.22.08.05.00.00.ПЗ	Арк.
						136
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗАКЛЮЧЕННЯ

В дипломному проекті розроблено цех чавунного литва з річною продуктивністю 12000 тон придатних виливків з удосконаленням проектування і виготовлення ливарного оснащення на основі застосування адитивних технологій.

В першому розділі пояснювальної записки виконано розрахунки фондів часу роботи обладнання та робітників, розрахунок виробничої програми цеху, розрахунки основних відділень цеху: плавильного, формувального, стержневого, очисного, обрубного, відділення зачистки виливків.

В другому розділі приведено аналіз конструкції деталі, розроблені технічні умови на виливок. Розроблена технологія виготовлення виливка. Виконано розрахунок ливниково-живильної системи. Описано технологію виготовлення форми, характеристику матеріалів. Наведено параметри та способи технічного контролю якості виливків.

В науковій частині дипломного проекту на основі аналізу сучасних можливостей 3Д друку, комп'ютерної техніки та програмного забезпечення обґрунтовано необхідність удосконалення процесів проектування та виготовлення ливарного оснащення на основі застосування адитивних технологій. Розроблено рекомендації щодо підвищення швидкості впровадження у виробництво нових виливків із застосуванням виготовленого за допомогою 3Д принтера оснащення.

В четвертій частині проекту розраховано річні потреби ливарного цеху в електроенергії, воді та стисненому повітрі.

В економічній частині проекту розраховано капіталовкладення, штатний розклад та кількість працюючих, кошторис витрат на утримання та експлуатацію устаткування, калькуляція собівартості виливків.

					ДП-131.22.08.00.00.00.ПЗ	Арк.
						111
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЛІТЕРАТУРА

1. Жуковский С.С. О задачах Всесоюзной ассоциации литейщиков. – Литейное производство. - №12, 1989. – С. 2-4.
2. Степанов Ю.А. и др. Технология литейного производства: специальные виды литья. Учебник для ВУЗов. – М.: Машиностроение, 1983. – 287 с.
3. Юдкин А.К. Современные плавильные агрегаты для плавки чугуна / А.К. Юдкин, Я.И. Оберман. – М.: ВНИИЭСМ Минстройдормаша СССР, 1973. – 73 с.
4. Титов Н.Д., Степанов Ю.А. Технология литейного производства: Учебник для машиностроительных техникумов. 2-е изд. перераб. – М.: Машиностроение, 1978. – 432 с.
5. Могилев В.К., Лев О.И. Справочник литейщика. – М.: Машиностроение, 1988. – 271 с.
6. Москалев И.Н. Методические указания к дипломному проектированию для студентов специальности 0502. /Сост. И.Н. Москалев, Л.П. Миронов. – Кировоград: КИСХМ, 1985. – 76 с.
7. Сисоліна Н.П. Економічні розрахунки при проектуванні ливарних цехів: Методичні вказівки до курсової та дипломної робіт для студентів спеціальності 8.090502 / укл. Н.П. Сисоліна, Л.В. Лебедева – Кіровоград: КНТУ. 1999. – 63 с;
8. Москальов І.Н. Ливарні сплави та їх плавка: Навчальний посібник. – К.:НМК ВО. 1993. – 368 с.
9. Литейное производство: Учебник для металлургических специальностей вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1987, – 256 с., ил;
10. Сафронов В.Я. Справочник по литейному оборудованию. – М.: Машиностроение, 1985, – 320 с., ил.
11. Чугунное литье в станкостроении / [Под ред. Г.И. Клецкина]. – М.: Машиностроение, 1975. – 320 с

					ДП-131.22.08.00.00.00.ПЗ	Арк.
						112
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 12.Логинов И.З. Проектирование литейных цехов. – Минск: “Вышэйш. школа”, 1975, – 320 с., ил.;
- 13.Справочник по чугунному литью. 3-е изд. пер. и доп. / [Под ред. д.т.н., проф. Н.Г. Гиршовича]. – Л.: Машиностроение, 1978. – 758 с.
- 14.Чугун: Справочное издание / [Под ред. А.Д. Шермана и А.А. Жукова]. – М.: Металлургия, 1991. – 576 с.
- 15.Жидкие металлы и шлаки: Справочник / Андронов В.Н., Чекин Б.В., Нестеренко С.В. – М.: Металлургия, 1977. – 128 с.
- 16.Григорян В.А., Белянчиков Л.Н., Стомахин А.Я. Теоретические основы электросталеплавильных процессов / В.А. Григорян, Л.Н. Белянчиков, А.Я. Стомахин. – Издание 2-е, перераб. и доп. – М.:Металлургия, 1987. – 272 с.
- 17.Жевтунов Н.П. Литейные сплавы. – М.: Машгиз, 1957. – 394 с.
- 18.Курдюмов А.В. и др. Литейное производство цветных и редких металлов. – М.: Металлургия 1972. – 194 с.
19. Леви Л.И., Кантеник С.К. Литейные сплавы. – М.: Высшая школа, 1967. – 320 с.
- 20.Леви Л.И. Основы теории металлургических процессов и технология плавки литейных сплавов / Л.И. Леви, Л.М. Мариенбах. – М.: Машиностроение, 1970. – 496 с.
21. Ефименко В.В. Металлургия чугуна / В.В. Ефименко, А.А Гиммельфарб, В.Е. Левченко. – Киев: Высшая школа, 1970. – 487 с.
- 22.Методические указания к курсовому проектированию по дисциплине «Технология литейной формы» для студентов специальности 0502 // Миронов В.С., Телин В.М., Кудя В.И. – Кировоград: КИСМ, 1985. – 88 с.
- 23.ГОСТ 1855-85 Припуски на механическую обработку, допускаемые отклонения по размерам и весу отливок.
- 24.ГОСТ 1412-85 Чугун с пластинчатым графитом для отливок
- 25.ГОСТ 4832-95 Чугун литейный. Технические условия

					ДП-131.22.08.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		113

- 26.Цымбал В.П. Математическое моделирование металлургических процессов:
Учебное пособие для вузов / В.П. Цымбал. – М.: Металлургия, 1986. – 240 с.
- 27.Липницький А.М. Плавка чугуна и сплавов цветных металлов / А.М. Липницький. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, 1973. – 192 с
- 28.О.А. Беликов, Л.П. Каширцев. Приводы литейных машин. – М.: Машиностроение, 1971. – 312 с.
- 29.Сумцов В.П.. Устаткування ливарних цехів / В.П. Сумцов. – Київ: Наукова думка, 1993. 552 с.
- 30.Глиняна Н.М. Охорона праці у ливарному виробництві: курс лекцій для студентів вищих навчальних закладів напряму 0904 «Металургія» / Н.М.Глиняна. – Краматорськ : ДДМА, 2009. – 184 с.
31. Березуцький В.В. Основи Охорони праці. Навч. Посібник / Березуцький В.В., Бондаренко Т.С., Валенко Г.Г. – 2-ге вид., перероб. і доп. – Х.: Факт, 2007. – 480 с.
32. Глиняна Н. М. Охорона праці у ливарному виробництві: курс лекцій для студентів вищих навчальних закладів напряму 0904 “Металургія” / Н.М. Глиняна. – Краматорськ: ДДМА, 2009. – 184 с.
33. Жидецький В.Ц. Практикум із охорони праці. Навчальний посібник / Жидецький В.Ц., Джигирей В.С., Сторожук В.М. – Львів, Афіша, 2000. – 352 с.
34. Гуменюк О. Л. Охорона праці. Методичні вказівки до виконання розділу “Охорона праці” в дипломних проектах для студентів освітньо-кваліфікаційного рівня “бакалавр” галузі знань 0501 – інформатика та обчислювальна техніка / О.Л. Гуменюк – Чернігів: ЧДТУ, 2013. – 21 с.

					ДП-131.22.08.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		114