

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 алюмінієвого литва з річною продуктивністю
3600 тон придатних виливків з підвищенням продуктивності на
основі синхронізації плавильного та заливного обладнання

Виконав: студент групи ОЛ - 21М-1,4

спеціальності 131 «Прикладна механіка»
(шифр і назва спеціальності)

Баркар А.А.

(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

Баркар Андрій Анатолійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту Проект цеху алюмінієвого литва з річною продуктивністю 3600 тон придатних виливків з підвищенням продуктивності на основі синхронізації плавильного та заливного обладнання

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 р3. Вихідні дані до проекту — завдання на дипломне проектування,— 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, охорона праці

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
План цеху, Креслення виливка корпус НШ10УК, Напівформа права, Напівформа ліва, Кокіль для виливка Корпус НШ10УК, Стержень центральний

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

Керівник проекту

(підпис)

(підпис)

Баркар А.А.

(прізвище та ініціали)

Конончук С. В.

(прізвище та ініціали)

[illegible]

АНОТАЦІЯ

Розрахунково-пояснювальна записка викладена на стор. , містить рис. , табл. , бібл. .

В даному дипломному проєкті розраховано і спроектовано ливарний цех алюмінієвого литва з річною продуктивністю 3600 т придатних виливків з підвищенням продуктивності на основі синхронізації плавильного та заливного обладнання. Розраховано фонди часу, виробничу програму ливарного цеху, плавильну діляницю, діляниці лиття у кокіль та під тиском, відділення відрізки ливників та виконання фінішних операцій, площі складів та допоміжних діляниць. Виконано креслення плану ливарного цеху.

Виконано аналіз конструкції деталі та технічних умов на відливок «Корпус НШ10УК-3-02», зроблено розрахунок та аналіз ливниково-живильної системи, виконано розробку технологічного процесу виготовлення виливка. Розроблено креслення деталі з нанесеною ливарною технологією, кокілю в зборі, правої та лівої напівформ, стержня центрального.

На основі аналізу роботи плавильного і заливного обладнання встановлено оптимальну послідовність операцій та переходів для мінімізації простоїв обладнання. Побудовано циклограми синхронної роботи плавильної діляниці та діляниці лиття. Розроблено рекомендації щодо підвищення продуктивності процесу лиття.

Розраховано енергетичну та економічну частини спроектованого ливарного цеху.

ІНДУКЦІЙНА ТИГЕЛЬНА ПІЧЬ, АЛЮМІНІЄВИЙ СПЛАВ, РАФІНУВАННЯ, ПЛАВКА, ЗАЛИВКА, СИНХРОНІЗАЦІЯ, ВИЛИВОК, ПРОДУКТИВНІСТЬ

					ДП-131.22.05.00.00.00 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Анотація		
Розроб.	Баркар А.А.						
Перевір.	Конончук С. В.						
Реценз.							
Н. Контр.	Конончук С. В.						
Затверд.	Кузик О.В.				ЦНТУ, 01-21М-14		
					Літ.	Арк.	Акрушіє
						4	

ЗМІСТ

ВСТУП	
1.ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА	
1.1. Вибір та обґрунтування місця побудови ливарного цеху	
1.2. Розрахунок виробничої програми ливарного цеху	
1.3. Режим роботи цеху	
1.4. Розрахунок фондів часу та виробничої програми	
1.4.1. Розрахунок дійсних фондів часу роботи обладнання та робітників	
1.5. Розрахунок плавильного відділення	
1.6. Розрахунок дільниці лиття в кокіль	
1.7. Розрахунок дільниці лиття під тиском	
1.8. Розрахунок відділень відрізки та обрубки ливників	
1.9. Розрахунок відділення для виконання фінішних операцій	
1.10. Проектування і розрахунок допоміжних дільниць та приміщень ..	
1.10.1. Дільниця ремонту і футеровки ковшів	
1.10.2. Склад модельного оснащення	
1.10.3. Лабораторії та службові приміщення	
1.10.4. Склад готової продукції	
1.10.5. Склад шихтових матеріалів	
1.11. Проектування ливарного цеху	
2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	
2.1. Аналіз конструкції деталі та технічних умов на відливок	
2.2. Розробка технологічного процесу виготовлення відливка	

					ДП-131.22.05.00.00.00 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Баркар А.А.				Зміст	Літ.	Арк.
Перевір.	Конончук С. В.						5
Реценз.						ЦНТУ, 01-21М-14	
Н. Контр.	Конончук С. В.						
Затверд.	Кузик О.В.						

2.2.1. Вибір поверхні роз'єму форми	
2.2.2. Вибір припусків на механічну обробку	
2.2.3. Вибір радіусів скруглень та ливарних ухилів	
2.2.4. Припуски на усадку	
2.2.5. Розробка креслень модельно-ливарних вказівок	
2.3. Розрахунок та конструювання ливниково-живильної системи	
2.3.1. Основні положення при конструюванні ливниково-живильної системи	
2.3.2. Вибір місця підводу металу	
2.3.3. Тип ливникової системи	
2.3.4. Розрахунок конструкції підживлювача	
2.3.5. Розрахунок ливникової системи	
2.4. Технологічний процес виготовлення відливка	
2.5. Опис процесу проектування ливарної оснастки	
3. НАУКОВА ЧАСТИНА	
3.1. Методи підвищення продуктивності діляниць ливарного цеху	
3.2. Аналіз послідовності операцій та переходів технологічного процесу лиття в кокіль	
3.3. Оптимізація роботи ділянки лиття в кокіль.....	
4. ЕНЕРГЕТИЧНА ЧАСТИНА	
4.1. Річна потреба в електроенергії	
4.2. Річна потреба у воді	
4.3. Річна потреба в стисненому повітрі	
4.4. Річна потреба у природному газі	
5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	
5. 1. Капітальні вкладення	
5.2. Техніко-економічна частина	
5.2.1 Складання штатного розкладу працюючих ливарного цеху	

					ДП-131.22.05.00.00.00 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.2.2. Чисельність допоміжних робітників	
5.2.3. Чисельність керуючого персоналу та спеціалістів	
5.3. Фонди заробітної плати	
5.4. Калькуляція собівартості однієї тони рідкого металу	
5.5. Калькуляція собівартості придатних відливків	
5.6 Техніко-економічні показники спроектованого цеху алюмінієвого литва	
ВИСНОВКИ	
ЛІТЕРАТУРА	
ДОДАТКИ	

					ДП-131.22.05.00.00.00 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Ливарне виробництво – процес виготовлення деталей з розплаву металів або інших матеріалів, які заливаються в пустотілу форму з обрисом пустоти, що відповідає формі деталі. Лиття – один з основних способів виробництва заготовок в машинобудуванні, тому що дозволяє одержати відливки практично будь-якої форми і маси з необхідними фізико-механічними властивостями. Лиття часто не тільки простіший, але й економічніший за інші спосіб виробництва (литі деталі складають близько 50 % маси машини, а частина витрат на них 15 – 25 %).

На частку литих металевих деталей в середньому припадає 50-70 % маси (в верстатобудуванні до 90 %) і 20 % вартості машин. Тільки методами лиття можливо отримати складні за конфігурацією і геометрією заготовки із чорних та кольорових сплавів з високим (75-98 %) коефіцієнтом використання металу. В 1985-90 р.р. ливарники України займали перше місце у світі по литтю металу на душу населення, виробляючи до 6-6,5 млн т виливків на рік [1].

Основним направленням удосконалення та розвитку ливарного виробництва є розширення використання відомих та створення нових технологічних процесів, що дозволяють зменшити витрати матеріалів та енергії, знизити витрати праці, підвищити продуктивність та умови праці, усунути шкідливу дію на оточуюче середовище та в результаті підвищити ефективність виробництва.

Удосконалення та розробка нових технологічних процесів, створення високопродуктивних автоматичних машин для їх здійснення, керування ливарними процесами та відповідно підвищення якості та ефективності виробництва повинні ґрунтуватись на вивченні суті та використанні закономірностей фізико-хімічних процесів, що проходять при заповненні ливарної форми рідким металом, затвердінні та охолодженні виливка.

					ДП-131.22.05.00.00.00 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Вступ</i>		
Розроб.	Баркар А.А.						
Перевір.	Конончук С. В.						
Реценз.							
Н. Контр.	Конончук С. В.						
Затверд.	Кузик О.В.				ЦНТУ, 01-21М-14		
					Літ.	Арк.	Акрушіє
						8	

Підвищення ефективності ливарного виробництва потребує постійного удосконалення, реконструкції ливарних цехів та рівня організації виробництва на кожному його етапі. Для ефективного рішення питань організації та планування виробництва велике значення має наявність у інженерно-технічних робітників необхідних знань та навичок в області оцінки економічної ефективності та проектуємих засобів виробництва, технологічних процесів та організації виробництва. Планування та економічні розрахунки дозволяють приймати рішення про доцільність впровадження проектів у виробництво.

					ДП-131.22.05.00.00.00 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1. Вибір та обґрунтування місця побудови ливарного цеху

Місце розташування ливарного цеху повинно знаходитись подалі від жилих районів та від центра міста, так як це досить не вигідно та навіть небезпечно, причому слід враховувати наявність або близькість розміщення джерел енергопостачання, палива, води, трудових ресурсів. До цих небезпечних факторів відносяться: забруднення навколишнього середовища, погіршення здоров'я жителів міста, вибухонебезпечність та інші.

Новий цех повинен відповідати усім нормам технічної безпеки, будівлі повинні знаходитись в доброму стані, цех повинен мати доступ до питної та технічної води, мати систему каналізації, доступ до електроенергії, знаходитись на достатній відстані від міста щоб приносити якнайменше шкоди природі та жителям міста, мати доступ до транспортних доріг.

Враховуючи близькість проходження транспортних шляхів Одеської залізниці 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.

Постачання технічної води доцільно здійснювати 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.

					ДП-131.22.05.01.00.00 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Загальна частина		
Розроб.		Баркар А.А.					
Перевір.		Конончук С.В.					
Реценз.							
Н. Контр.							
Затверд.		Кузик О.В.			ЦНТУ, 0Л-21М-14		

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.

Забезпечення цеху стисненим повітрям доцільно здійснювати за рахунок компресорної станції 4К - 50Л з встановленими в ній 4 компресорними автоматами по 750 м³/хв при одному резервному варіанті.

Тепловим носієм для систем опалення і вентиляції є високотемпературна вода→, яка подається системою тепlopостачання від котельної. Опалення цеху відбувається за рахунок повітря із системи проточної вентиляції.

Всі ворота цеху забезпечені повітряними тепловими завісами. Все обладнання оснащено місцевою технологічною витяжною вентиляцією.

					<i>ДП-131.22.05.01.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2. Розрахунок виробничої програми ливарного цеху

Кожен цех призначений для випуску певного виду продукції. Річна кількість продукції цеху складає його виробничу програму.

У виробничу програму цеху входить литво: а) для основної продукції заводу; б) для запасних частин; в) необхідне для запуску виробництва і для заділів; г) для внутрішніх потреб заводу; д) для інших заводів, що випускається в порядку кооперації; е) для власних потреб ливарного цеху.

Кожна зі складових частин виробничої програми враховується сумарно по загальній вазі, сортам металу і ваговим групам.

Для виконання необхідних розрахунків по виробничій програмі складається специфікація литва і розрахункова відомість (табл. 1.1).

У розрахунковій програмі враховується: чистова маса деталей в обробленому вигляді; чорнова маса відливків в очищеному і обрубаному стані (величина річного випуску литва згідно виробничій програмі обчислюється в чорновій масі); заливаєма маса металу – сума чорнової маси відливків і маси ливників, випорів і підживлювачів (необхідна для визначення кількості металу на ливники, випори і підживлювачі для визначення виходу придатного литва по рідкому металу).

Розрахункова відомість є документом, на підстав якого проводять необхідні при проектуванні розрахунки. Цей документ використовується при складанні відомостей для розрахунку відділень цеху, що проектується.

В даному проекті приймаємо виготовлення відливків з двох видів сплавів: АК9МЗ – для лиття у кокіль, АК12М2 – для лиття під тиском. Номенклатуру відливків розділяємо по видах сплаву.

					ДП-131.22.05.02.01.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1

Розрахунок виробничої програми ливарного цеху

№ п/п	Назва відливка	Позначення	Вихідні дані						Кількість відливоків, шт.			Маса відливоків, кг			Маса ливників на річний випуск, кг	Маса рідкого металу на річний випуск відливоків, кг	Сплав
			Кількість відливоків у групі на виріб, штук	Кількість виробів на програму, штук	Відсоток браку відливоків, %	Чорнова маса одного відливка, кг	Чорнова маса ливникової системи, кг	Кількість відливоків у формі, штук	На річну програму основної продукції	На покриття браку	Всього лиття на річний випуск	Загальна на річну програму	На покриття браку	Всього лиття на річний випуск			
1	Корпус	НШ16Г	1	23333	3	1,3	0,74	1	23333	700	24033	30333	910	31243	17785	49028	АК9М3
2	Корпус	НШ10УК	1	28210	5	0,98	0,59	1	28210	1410	29620	27646	1382	29028	17476	46504	
3	Корпус	НШ25М	1	3500	3,5	2,1	0,69	1	3500	122	3622	7350	257	7607	2500	10107	
4	Корпус	НШ32УК	1	31290	4	2,2	0,63	1	31290	1252	32542	68838	2754	71592	20501	92093	
5	Корпус	НШ32М	1	18200	5	1,96	0,59	1	18200	910	19110	35672	1784	37456	11275	48730	
6	Корпус	НШ50УК	1	17220	4,5	2,54	0,72	1	17220	775	17995	43739	1968	45707	12956	58663	
7	Корпус	НШ50М	1	37800	3,5	2,32	0,53	1	37800	1323	39123	87696	3069	90765	20735	111501	
8	Корпус	НШ50УКФ	1	4200	4,5	2,56	0,88	1	4200	189	4389	10752	484	11236	3862	15098	
9	Корпус	НБО56	1	3500	12	5,65	3,95	1	3500	420	3920	19775	2373	22148	15484	37632	
10	Корпус	НШ100	1	52267	5	7,8	3,12	1	52267	2613	54880	407680	20384	428064	171226	599290	
11	Корпус	НБО112	1	5833	12	8,14	3,61	1	5833	700	6533	47483	5698	53181	23585	76767	
12	Корпус	НШ250	1	23333	7,3	20,95	6,45	1	23333	1703	25037	488833	35685	524518	161486	686005	
13	Корпус	НШ25Г	1	18667	3	2,54	0,67	1	18667	560	19227	47413	1422	48836	12882	61718	
14	Корпус	НШ22Г	1	18667	3	2,06	0,68	1	18667	560	19227	38453	1154	39607	13074	52681	
15	Обойма підтискна	НШ100	1	52267	8	5,48	1,58	1	52267	4181	56448	286421	22914	309335	89188	398523	

ДП-13.12.05.01.00.00 ПЗ

Арк.

Змін.

Арк.

№ докум.

Підпис

Дата

Зм.		Таблиця 1.1 продовження																	
Арк.																			
№ докум.																			
Підпис																			
Дата																			
ДП-13.12.20.05.01.00.00 ПЗ		16	Обойма підтискна	НШ50	1	46667	6	1,9	0,65	1	46667	2800	49467	88667	5320	93987	32153	126140	AK9M3
		17	Обойма підтискна	НШ32	1	93333	6	1,61	0,53	1	93333	5600	98933	150267	9016	159283	52435	211717	
		18	Обойма підтискна	НШ250	1	23333	6	16,46	4,24	1	23333	1400	24733	384067	23044	407111	104869	511980	
		19	Обойма підш.	НШ100	1	52267	3,5	2,39	0,42	1	52267	1829	54096	124917	4372	129289	22720	152010	
		20	Обойма підш.	НШ50	1	46667	3	1,06	0,74	1	46667	1400	48067	49467	1484	50951	35569	86520	
		21	Обойма підш.	НШ32	1	70000	3	1,69	0,68	1	70000	2100	72100	118300	3549	121849	49028	170877	
		22	Обойма підш.	НШ250	1	23333	6	6,35	2,36	1	23333	1400	24733	148167	8890	157057	58371	215427	
		23	Корпус	НШ32М	1	2800	3	2,55	0,49	1	2800	84	2884	7140	214	7354	1413	8767	
		24	Корпус	НШ32УКП	1	2800	4	2,26	1,05	1	2800	112	2912	6328	253	6581	3058	9639	
		25	Корпус	НШ100Г	1	700	8	7,53	5,85	1	700	56	756	5271	422	5693	4423	10115	
		26	Корпус	НШ140	1	490	8	8,53	5,85	1	490	39	529	4180	334	4514	3096	7610	
		27	Корпус	НШ180	1	1003	7	11,65	2,61	1	1003	70	1074	11689	818	12507	2802	15309	
			Всього для сплаву								701680	34310	735990	2746544	159954	2906498	963952	3870450	
		28	Кришка верхня	НП90	1	20067	4	1,38	0,14	8	20067	803	20869	27692	1108	28800	2922	31721	AK12M2
		29	Кришка нижня	НП90	1	20067	4,5	0,77	0,64	4	20067	903	20970	15451	695	16147	13421	29567	
		30	Кришка	НШ100А	1	52267	2	2,1	0,5	2	52267	1045	53312	109760	2195	111955	26656	138611	
		31	Кришка	НШ250	1	23333	2	4,48	0,6	2	23333	467	23800	104533	2091	106624	14280	120904	
		32	Кришка	НШ63Г	1	13417	6	2,6	1,91	2	13417	805	14222	34883	2093	36976	27163	64140	
		33	Кришка	НШ3Г	1	18667	3	0,67	0,5	6	18667	560	19227	12507	375	12882	9613	22495	
		34	Кришка	НШ6Д6	1	7233	4,5	0,43	0,15	8	7233	325	7559	3110	140	3250	1134	4384	
		35	Кришка	НШ10Д	1	6300	6	0,86	0,7	4	6300	378	6678	5418	325	5743	4675	10418	
		36	Кришка	НШ28Д	1	5367	4	1,21	0,48	4	5367	215	5581	6494	260	6753	2679	9432	
		37	Кришка задня	НШ63Г	1	12600	6	1,84	1,1	4	12600	756	13356	23184	1391	24575	14692	39267	
		38	Кришка передня	НШ10Г	1	74667	4	0,46	0,3	8	74667	2987	77653	34347	1374	35721	23296	59016	
		39	Кришка	НШ10ДБ	1	35000	9	0,35	0,46	8	35000	3150	38150	12250	1102	13352	17549	30901	
		40	Кришка	НШ32М	1	182000	3,5	1,28	0,55	4	182000	6370	188370	232960	8154	241113	103603	344717	
		41	Кришка задня	НШ32Д	1	17500	6	0,82	0,47	6	17500	1050	18550	14350	861	15211	8718	23929	
42	Кришка ліва	НШ32М	1	14000	5	0,54	0,38	8	14000	700	14700	7560	378	7938	5586	13524			
43	Кришка	НШ32УК	1	42000	6	0,58	0,31	8	42000	2520	44520	24360	1462	25822	13801	39623			
44	Кришка	НШ50А	1	21000	3	1,04	0,37	4	21000	630	21630	21840	655	22495	8003	30498			
45	Кришка	НШ32	1	18667	4,5	2,5	0,44	4	18667	840	19507	46667	2100	48767	8583	57350			
46	Кришка	НШ20М	1	35000	4	2,55	0,47	4	35000	1400	36400	89250	3570	92820	17108	109928			
47	Кришка передня	НШ63Г	1	9800	8	2,79	1,62	2	9800	784	10584	27342	2187	29529	17146	46675			
	Всього для сплаву								628950	26687	655637	853958	32516	886474	340628	1227102			
	Всього								1330630	60998	1391627	3600501	192470	3792972	1304581	5097552			
Арк.																			

1.3. Режим роботи цеху

Режим роботи цеху встановлюється на основі аналізу виробничої програми та характеру виготовлення відливок. Оптимальний для даних умов режим роботи залежить від:

1. Масштабу виробництва;
2. Ваги відливок, які випускаються;
3. Серійності виробництва;
4. Роду металу і типу плавильних печей;
5. Характеру технологічних процесів.

Усім перерахованим вимогам для даного цеху, що проектується, відповідає двозмінний режим роботи. Цей режим роботи оправдовує себе при масовому, крупносерійному виробництві та при високій механізації технологічних процесів. Враховуючі усі ці фактори, приймаємо двозмінний режим роботи усіх дільниць. Тривалість зміни – 8 годин. Робочий тиждень складається з 5 робочих днів.

					ДП-131.22.05.01.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.4. Розрахунок фондів часу та виробничої програми

Приймаємо: середньосерійний тип виробництва з двозмінним режимом виробництва.

1.4.1. Розрахунок дійсних фондів часу роботи обладнання та робітників

Розраховуємо календарний фонд часу роботи обладнання та робітників:

$$\Phi_K = n \cdot 24 = 365 \cdot 24 = 8760 \text{ год/рік}, \quad (1.1)$$

де $n = 365$ – кількість днів у році.

Номінальний фонд часу на одну зміну:

$$\Phi_H = 40 \cdot 52 - 11 \cdot 8 - 7 \cdot 1 = 1985 \text{ год/рік},$$

де 40 – кількість робочих годин на тиждень;

52 – кількість тижнів на рік;

11, 7 – кількість святкових днів і передсвяткових днів;

8 – кількість робочих годин на день;

1 – зменшення робочого часу в передсвяткові дні.

Номінальний фонд часу за рік при двозмінному режимі роботи:

$$\Phi^I_H = \Phi_H \cdot 2 = 3970 \text{ год/рік}, \quad (1.2)$$

де 2 – кількість змін на один робочий день.

Фактичний фонд роботи обладнання на рік:

$$\Phi_{\phi o} = \Phi_H \cdot (1 - k), \quad (1.3)$$

де k – втрати робочого часу роботи обладнання.

					ДП-131.22.05.01.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Фактичний фонд роботи обладнання в одну зміну на рік:

- плавильне обладнання

$$\Phi_{Д, пл} = 1985 \cdot (1 - 0,06) = 1866 \text{ год/рік}$$

- заливочне обладнання

$$\Phi_{Д, зал} = 1985 \cdot (1 - 0,09) = 1806 \text{ год/рік}$$

- машини лиття під тиском

$$\Phi_{Д, маш} = 1985 \cdot (1 - 0,09) = 1806 \text{ год/рік}$$

- кокільні верстати

$$\Phi_{Д, кок} = 1985 \cdot (1 - 0,09) = 1806 \text{ год/рік}$$

- обрубно-зачисне обладнання

$$\Phi_{Д, оч} = 1985 \cdot (1 - 0,09) = 1806 \text{ год/рік}$$

- ремонтне обладнання

$$\Phi_{Д, оч} = 1985 \cdot (1 - 0,11) = 1766 \text{ год/рік}$$

Фактичний фонд роботи працівників в одну зміну на рік:

$$\Phi_{Д, прац} = 1985 \cdot (1 - 0,12) = 1746 \text{ год/рік}$$

					ДП-131.22.05.01.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отримані дані зводжу в таблицю 1.2.

Таблиця 1.2

Відомість фактичних фондів часу на рік

№ п/п	Група обладнання	Ном. фонд часу на 1 зміну на рік	Кількість змін	Коеф. втрат часу обладнання, %	Дійсний фонд часу роботи обладнання, год		Коеф. втрат часу робітників, %	Дійсний фонд часу роботи працівників, год	
					На 1 зм.	За рік		На 1 зм.	За рік
1	Плавильне обладнання	1985	2	6	1866	3732	12	1746	3492
2	Машини лиття під тиском	1985	2	9	1806	3612	12	1746	3492
3	Кокільні верстати	1985	2	9	1806	3612	12	1746	3492
4	Обрубно- зачисне обладнання	1985	2	9	1806	3612	12	1746	3492
5	Ремонтне обладнання	1985	2	11	1766	3532	12	1746	3492

					ДП-131.22.05.01.00.00 ПЗ				Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

1.5. Розрахунок плавильного відділення

Для плавки алюмінієвих сплавів АК9МЗ і АК12М2, приймаємо індукційну тигельну піч ІАТ-2,5/1,15. Печі такого типу найчастіше застосовують для плавки алюмінієвих сплавів в цехах лиття алюмінієвих сплавів. Втрати металу на угар невеликі, а також вони задовольняють санітарно-гігієнічним умовам праці. Хімічний склад та механічні властивості сплавів наведені у таблицях 1.3 та 1.4.

Таблиця 1.3

Хімічний склад сплаву

Сплав	Si	Mg	Cu	Mn	Ti	Zn	Fe	Al
АК9МЗ	8,0–11,0	0,1–0,5	2,0–3,5	0,1–0,5	До 0,15	До 1,2	< 1,0	Основа
АК12М2	11,0–13,0	до 0,2	1,8–2,5	до 0,5	до 0,2	до 0,8	0,6–1,0	Основа

Таблиця 1.4

Механічні властивості сплавів

Сплав	Вид ТО	Границя міцності при розтягу, кгс/мм ² (Па)	Відносне видовження, %	Твердість, НВ	Лінійна усадка, %	Рідинотекучість (мм) по спіральній пробі
АК9МЗ	Т5, Т6	21 (206)	1,3	70–110	1,25	410
АК12М2	Без ТО	19 (186)	1,0	75–110	1,0	750

В результаті плавки частина металу втрачається в результаті утворення шлаку, оксидних плівок та угару. Втрати при плавці алюмінієвого сплаву приведені в таблиці 1.5.

					ДП-131.22.05.01.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.5

Втрати при плавці алюмінієвих сплавів

Марка сплаву	Види втрат, %			
	Шлак	Оксидні плівки	Угар	Загальні втрати
AK9M3	4,500		1,610	6,110
AK12M2	2,470	4,100	1,130	7,700

Індукційні печі зарекомендували себе як надійні і практичні плавильні установки для ливарної індустрії. При використанні промислової частоти вони особливо ефективні для плавки малорозмірних матеріалів, зокрема, стружки. Чудова рівномірність температури розплаву і його гомогенність є додатковими перевагами.

Тепер уже протягом ряду років ведучі металургійні компанії успішно використовують тигельні печі OTTO JUNKER для плавки і обробки надзвичайно широкого спектра сплавів.

Безканальна тигельна індукційна піч має керамічний тигель – звичайно змінний – для розплавленого металу, що обігрівается зовнішнім індуктором.

Як правило піч має систему гідравлічного нахилу і, залежно від версії, систему безперервного зважування, що дозволяє здійснювати автоматизоване завантаження, а також систему контролю параметрів процесу.

Завдяки багаторічному досвіду тигельні індукційні печі OTTO JUNKER легко встановлюються і високонадійні.

Електропіч індукційна тигельна ІАТ–2,5/1,15 призначена для розплавлення перегрівання сталі, чавуну та інших сплавів. Плавка кольорових сплавів виконується в графітових тиглях, а плавка чорних металів в набивних тиглях. Технічна характеристика печі наведена в таблиці 1.6. Піч зображена на рис. 1.1

					ДП-131.22.05.01.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.6

Технічна характеристика індукційної печі ІАТ–2,5/1,15 ОТТО JUNKER

Технічний параметр	Показник	
	Плавка в гарячому тиглі	Плавка в холодному тиглі
Ємкість печі, т:		
по сталі	2,5	2,5
по міді	2,8	2,8
по алюмінію	0,85	0,85
Потужність, кВт :		
живлючого перетворювача	320	320
споживаєма	250	250
Температура перегріву, °С :		
сталі	1600	1600
міді	1200	1200
алюмінію	760	760
Питома втрата електроенергії на розплавлення та перегрів, кВтгод/т :		
сталі	665	750
міді	480	700
алюмінію	380	600
Максимальна швидкість плавки, т/год :		
сталі	1,5	1,0
міді	2,25	1,6
алюмінію	1,15	0,85
Час розплавлення та перегріву, год		
сталі	1,3	2,0–2,2
міді	1,0	1,4–1,8
алюмінію	0,6	0,8–1,0

					ДП-131.22.05.01.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 1.1. Індукційна тигельна піч OTTO JUNKER IAT-2,5/1,15

На основі розрахунку виробничої програми цеху розраховуємо баланс металу для кожного зі сплавів, т (табл. 1.7 – 1.9).

$$M = \frac{100 \cdot (П + Л + Б)}{100 - у - з}, \quad (1.4)$$

де

П – маса придатного литва,

Л – маса ливників,

Б – маса браку,

у – відсоток угару при плавці, в зв'язку з тим що цей сплав дуже активний до окислення,

з – відсоток зливів, метал що залишається в ковші та іде на переплав.

					ДП-131.22.05.01.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для сплаву АК9МЗ:

$$M = \frac{100 \cdot (2746 + 963 + 159)}{100 - 1,61 - 4,5} = 4120 \text{ т}$$

Для сплаву АК12М2:

$$M = \frac{100 \cdot (854 + 340 + 32)}{100 - 1,13 - 6,57} = 1328 \text{ т}$$

Визначаємо відносний вміст складових балансу:

- придатного литва, ливників та браку:

$$\pi = \frac{П}{M} \cdot 100\%; \text{ л} = \frac{Л}{M} \cdot 100\%; \text{ б} = \frac{Б}{M} \cdot 100\% \quad (1.5)$$

Для сплаву АК9МЗ:

$$\pi = \frac{2746}{4120} \cdot 100\% = 66,44\%,$$

$$\text{л} = \frac{963}{4120} \cdot 100\% = 23,54\%,$$

$$\text{б} = \frac{159}{4120} \cdot 100\% = 3,91\%$$

					ДП-131.22.05.01.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для сплаву АК12М2:

$$\Pi = \frac{854}{1328} \cdot 100\% = 62,63\%,$$

$$\text{Л} = \frac{340}{1328} \cdot 100\% = 27,33\%,$$

$$\text{б} = \frac{32}{1328} \cdot 100\% = 2,34\%$$

Визначаємо масу угару та зливів, т

Для сплаву АК9М3:

$$\text{У} = \frac{1,61}{100\%} \cdot 4120 = 66 \text{ т}$$

$$\text{З} = \frac{4,5}{100\%} \cdot 4120 = 185 \text{ т}$$

Для сплаву АК12М2:

$$\text{У} = \frac{1,13}{100\%} \cdot 1328 = 15 \text{ т}$$

$$\text{З} = \frac{6,57}{100\%} \cdot 1328 = 87 \text{ т}$$

					ДП-131.22.05.01.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.7

Відомість балансу металу сплаву АК9М3

Складові балансу	т	%
Придатне литво	2746	66,44
Ливники	963	23,54
Брак	159	3,91
Угар	66	1,61
Зливи	185	4,5
Всього	4120	100

Таблиця 1.8

Відомість балансу металу сплаву АК12М2

Складові балансу	т	%
Придатне литво	853	62,63
Ливники	340	27,33
Брак	32	2,34
Угар	15	1,13
Зливи	87	6,57
Всього	1328	100

Баланс металу для двох сплавів зводимо у одну таблицю:

Таблиця 1.9

Баланс металу

№ п/п	Компонент	АК9М3		АК12М2		Всього
		т/рік	%	т/рік	%	т/рік
1	Придатне литво	2746	66,44	853	62,63	3600
2	Ливники	963	23,54	340	27,33	1303
3	Брак	159	3,91	32	2,34	191
4	Угар	66	1,61	15	1,13	81
5	Зливи	185	4,5	87	6,57	272
	Всього	4120	100	1328	100	5448

					ДП-131.22.05.01.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перед застосуванням шихтові матеріали в залежності від вихідного стану проходять спеціальну підготовку – їх подрібнюють, очищують від мастил, вологи та сторонніх включень (пісок, окисли, залізо), підігрівають.

Чушки та зливки в'язких металів таких як алюмінії, олово розрізають на алігаторних ножицях. Великий вплив на якість продукції здійснюють умови зберігання шихтових матеріалів на складах, вони повинні бути ретельно захищені від вологи та снігу, перед використанням шихтові матеріали необхідно просувати.

Склади зберігання шихтових матеріалів, представляють з себе зварені з листової сталі невеликі ємності, які розташовані біля плавильного відділення.

В залежності від призначення сплаву від наявності шихтових матеріалів співвідношення окремих складових в шихті різне. Шихта може складатися з лише свіжих металів, з свіжих металевих відходів та лігатур з відходів та брухту. Найбільш часто зустрічається другий випадок складання шихти, так як на будь якому машинобудівному виробництві є відходи які необхідно використовувати в якості шихтових матеріалів.

Перед тим, як розпочати виготовлення сплаву виконують розрахунок шихти, тобто визначають кількість окремих видів шихтових матеріалів, необхідних для отримання сплаву необхідного хімічного складу. Вихідними даними для розрахунку являються :

- хімічний склад сплаву по ГОСТ або ТУ;
- оптимальний або розрахунковий склад шихти ;
- хімічний склад вихідних шихтових матеріалів;
- угар або пригар окремих складових сплаву в процесі його виготовлення.

В якості шихтових матеріалів для приготування сплавів АК9М3 та АК12М2 використовуються 65% вторинних металів та 35% відходів власного виробництва такі ж за хімічним складом, як і готовий сплав. Це забезпечить отримання відповідного сплаву заданого хімічного складу. Виходячи з цього розрахунок шихти робити не потрібно.

					ДП-131.22.05.01.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Оскільки було прийнято одну марку печі, кількість плавильних печей розраховуємо для всієї металозавалки.

Розрахунок кількості печей, шт:

$$n = \frac{Q_m K_n}{\Phi_d g}, \quad (1.6)$$

де

Q_m – річна металозавалка, т/рік;

K_n – коефіцієнт нерівномірності роботи печі, $K_n = 1,25$ [1];

Φ_d – дійсний фонд роботи плавильного обладнання, $\Phi_d = 3747$ год/рік;

g – продуктивність печі, т/год.

$$n = \frac{5448 \cdot 1,25}{3732 \cdot 1,15} = 1,55 \approx 2 \text{ шт.}$$

Оскільки в ливарних цехах для неперервної роботи печі встановлюють в блоки по два плавильних агрегата, приймаємо 4 індукційні тигельні печі ІАТ-2,5/1,15, які у поєднанні утворюють дві плавильні установки. Ця установка показана на рис. 1.2.

Для рафінування металу перед заливкою і роздачею у кокілі необхідно передбачити роздаточні печі, в кількості 2 печі на один верстат. В якості роздаточної печі обираю електричну піч опору НО-136, технічна характеристика якої показана у таблиці 1.10.

					ДП-131.22.05.01.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

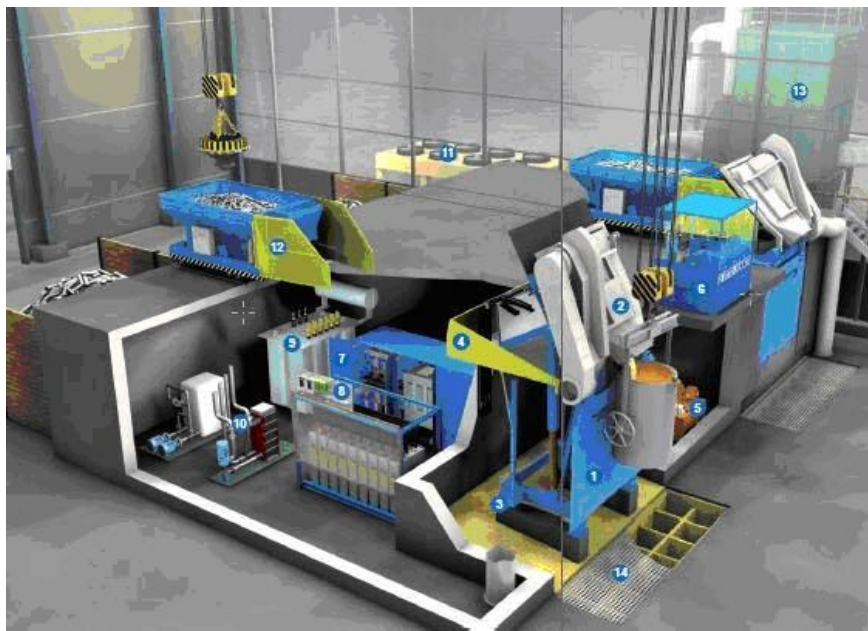
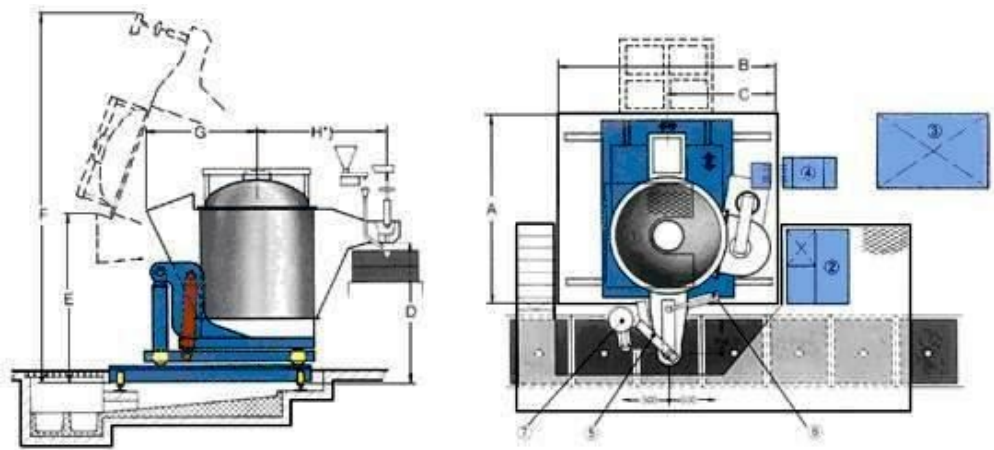


Рис. 1.2. Габаритні розміри та загальний вид
плавильної установки OTTO JUNKER

- 1 – Піч; 2 - Витяжний ковпак; 3 - Вагова система; 4 - Захист ями;
5 - Гідравлічна силова установка; 6 - Панель управління оператора;
7 - Перетворювач частоти; 8 - Модуль конденсаторів; 9 - Трансформатор;
10 - Система водяного охолодження; 11 - Повітряний охолоджувач;
12 - Завантажувальний пристрій; 13 - Система обезпилення;
14 - Аварійна накопичувальна яма

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП-131.22.05.01.00.00 ПЗ

Арк.

Технічна характеристика печі НО–136

Технічний параметр	Показник
Загальна вага печі без фундаменту і тигля	1365 кг
Продуктивність печі	50 кг/год
Напруга жиличої мережі	380/220 В
Число фаз	3
Частота струму	50 Гц
Максимальна робоча температура	850° С
Число теплових зон	1
Час розігріву печі до робочої температури при потужності:	
40 кВт	4,5–5 год
48 кВт	2,5–3 год
55 кВт	2,5–2 год
Вага одноразового завантаження (по алюмінію)	200–220 кг
Розміри робочого простору :	
діаметр	500 мм
глибина	604 мм
Габаритні розміри печі :	
діаметр	1700 мм
довжина	2300 мм
висота	1770 мм

Технологічний процес плавки алюмінієвого сплаву в індукційній печі наступний. Процес плавки алюмінієвого сплаву не викликає особливих труднощів. Оксидна плівка Al_2O_3 , що утворюється на поверхні розплаву захищає його від насичення киснем і воднем з атмосфери печі. Необхідно мати на увазі, що захисні властивості окисної плівки змінюються під дією різних металів.

Весь процес приготування рідкого сплаву з доведенням його до розливки у форми можна розділити на такі основні етапи:

- пуск печей;
- приготування шихти та її розвантаження;
- плавлення (приготування сплавів);
- рафінування в деяких випадках і модифікування.

					ДП-131.22.05.01.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Пуск печі. Перед пуском нового тигля піч необхідно добре просушити, а потім нагріти до 900 °С. Сушити треба з такою швидкістю, щоб рівномірно прогріти усю футеровку печі і тим самим уникнути утворення в ній тріщин. Ця операція надзвичайно важлива, оскільки в значній мірі саме вона визначає тривалість експлуатації печі. Індукційні печі потребують сушіння, чим більше буде видалено з футеровки вологи, тим краще буде сплав.

Перші декілька десятків плавок рекомендується проводити для переплавки відходів. Спочатку завантажують чушкові метали, потім великі відходи та тугоплавкі лігатури, а також браковані деталі. По розплавленню всієї шихти до сплаву додають присадки легкоплавких металів. Шихту завантажують так, щоб уникнути пошкодження тигля. Для очищення сплаву перед розливкою, від газових та металевих включень, щоб запобігти утворенню газових раковин та інших ливарних дефектів, проводять рафінування з використанням пробат флюса АЛ224. Пробат флюс АЛ224 представляє собою світло білий порошок без запаху. Порядок проведення рафінування наступний:

- провести відбір флюса спеціальною міркою;
- загорнути навіску в папір у вигляді конверту. Слідкувати за тим, щоб товщина конверта не перевищувала 10 мм;
- підготувати плавильний інструмент до рафінування: занурний дзвоник, зачищалка повинні бути пофарбовані вогнетривкою фарбою на основі окису цинку та ретельно просушені, виливниці для збору шлаку повинні бути очищені та просушені;
- помістити навіску флюса в занурний дзвоник;
- занурний дзвоник з флюсом вводити в середину ванни з металом на глибину 50 – 100 мм від дна ванни, температура металу при цьому повинна бути 720 – 730 °С;

					ДП-131.22.05.01.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- при рафінуванні виконувати рухи занурним дзвоником по спіралі від центра до периферії та в зворотному напрямку, а також знизу до гори протягом 5 – 8 хв.;
- по закінченню рафінування занурний дзвоник витягти з розплаву та ретельно очистити. Закінченням рафінування вважати зупинення бурління металу;
- після рафінування розплав витримати протягом 10 – 15 хв. Для впливання шлаку і виходу газів;
- поверхню сплаву ретельно очистити від шлаку зчищалкою. Шлак зібрати в підготовлену виливницю;
- провести розливку металу;
- у випадку вистоювання сплаву після рафінування більше 60 хв. провести повторне рафінування;
- по закінченню роботи вибити шлак з виливниці в спеціально виділену тару.

Ефективність застосування рафінуючи препаратів та питання удосконалення процесів рафінування алюмінієвих сплавів на основі дослідження термодинамічних характеристик хімічних реакцій рафінування буде розглянуто далі, в науковій частині дипломного проекту.

					ДП-131.22.05.01.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.6. Розрахунок дільниці лиття в кокіль

Лиття в металеві форми є одним з прогресивних способів отримання відливків. Сутність процесу полягає в багаторазовому застосуванні металевої форми, яка має найбільш високу стійкість, ніж звичайна піщано-глиниста форма. Висока міцність матеріалу металевої форми дозволяє виконувати робочі порожнини форми з найбільш точними стабільними розмірами та відповідно отримувати відливки відповідно до 5-го класу точності.

Металева форма зазвичай складається з 2-х напівформ плити та вставок.

Рідкий метал заливається у форму через ливникову систему. Перед заливкою на робочу поверхню наносять напилення шар вогнетривкої фарби. Склад фарби залежить від заливаемого сплаву, а товщина від необхідної швидкості охолодження відливка. Крім того шар вогнетривкого покриття запобігає термічному угару поверхні форми який виникає внаслідок заливки металу.

В якості вогнетривкого покриття використовують покриття на основі окису цинку наступного складу (таблиця 1.11) :

Таблиця 1.11

Склад вогнетривких покриттів для кокілей та плавильного інструмента

Складова покриття	Номер покриття			
	П1	П2	П3	П4
Окис цинка	50 г	250 г	450 г	—
Вода технічна	1 л	1 л	1 л	1 л
Рідке скло	—	100 г	—	—
Gillolin A1223	—	—	—	250 г

Порядок приготування покриттів (П1, П2, П3) на основі окису цинку наступний. В ємкість для приготування покриттів налити воду, підігріту до температури 60 – 80 ° С. Просіяти окись цинку через сито з діаметром 0,5 мм. Засипати в воду окис цинку дрібного помолу, додержуючись вказаної пропорцій

					ДП-131.22.05.01.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

та ретельно перемішати. При приготуванні покриття П2 додати рідке скло у вказаній пропорції та ретельно перемішати.

Порядок приготування покриття (П4) на основі препарату Gillolin A1223 наступний. Ємкість для приготування покриття наповнити однією об'ємною частиною препарату Gillolin 1223. В ємкість додати від 3 до 5 об'ємних частин води з температурою оточуючого середовища (20 °C). Суміш ретельно перемішати до отримання однорідної маси.

Порядок нанесення вогнетривкого покриття на плавильний інструмент такий. Перед нанесенням вогнетривкого покриття на плавильний інструмент (ковші, счищальники, дзвінок) їх очищують від старого покриття, настилів, шлаку, окислів та інших забруднень та наносять тонкий рівномірний шар вогнетривкого покриття. Нагрівають плавильний інструмент до температури 150 – 200 С °. Покриття відновлюють по мірі його руйнування.

Порядок нанесення вогнетривкого покриття на кокілі слідуючий. Перед нанесенням вогнетривкого покриття порожнину кокілю очищують від старого покриття, настилів, шлаку, окислів та інших забруднень. Продувають половинки кокілю стиснутим повітрям. Підживлюючу частину утеплюють азбестом товщиною 5 мм. Встановлюють інжекційну горілку у внутрішню порожнину кокіля. Нагрівають кокіль до температури 150–200° С. Допускається нагрів кокілю рідким металом. Повільним струменем металу починаючи з 1/8 об'єму відливка і доводячи його поступово до придатного відливка. Виконують 6–7 промивочних заливок. Покривають кокіль вогнетривким покриттям. Встановлюють інжекційний пальник у внутрішню порожнину кокіля. Просушують кокіль на протязі 5 – 7 хвилин. Кокіль фарбують по мірі руйнування покриття.

Після нанесення вогнетривкого покриття, форму підігрівають до певної температури (не більше 200° С). Після досягнення відливком температури 400 °C, форму розкривають і видаляють відливком.

					ДП-131.22.05.01.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Температура заливки залежить від хімічного складу сплаву, від конфігурації, товщини стінок відливка. Тривалість витримки відливка в формі призначають із врахуванням його розмірів і ваги. Передчасне розкриття викликає руйнування відливка в результаті його малої міцності. В разі дуже великої витримки у формі відливка можуть з'являтися тріщини усадочного характеру в наслідок непіддатливості форми. Тривалість витримки відливка визначають розрахунком і коригують при відладці технологічного процесу.

Згідно з розрахунком виробничої програми цеху (таблиця 1.1), розділимо її на кокільні агрегати та машини лиття під тиском. Для ділянки лиття в кокіль розрахунок виробничої програми показаний в таблиці 1.12, для ділянки лиття під тиском – в таблиці 1.15.

					ДП-131.22.05.01.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблица 1.12

Розрахунок виробничої програми ливарного цеху для дільниці лиття в кокіль

№ п/п	Назва відливка	Позначення	Вихідні дані						Кількість відливок, шт.			Маса відливок, кг			Маса ливників на річний випуск, кг	Маса рідкого металу на річний випуск відливок, кг
			Кількість відливоків у групі на виріб, штук	Кількість виробів на програму, штук	Відсоток брака відливок, %	Чорнова маса одного відливка, кг	Чорнова маса ливникової системи, кг	Кількість відливоків у формі, штук	На річну програму основної продукції	На покриття браку	Всього лиття на річний випуск	Загальна на річну програму	На покриття браку	Всього лиття на річний випуск		
1	Корпус	НШ16Г	1	23333	3	1,3	0,74	1	23333	700	24033	30333	910	31243	17785	49028
2	Корпус	НШ10УК	1	28210	5	0,98	0,59	1	28210	1410	29620	27646	1382	29028	17476	46504
3	Корпус	НШ25М	1	3500	3,5	2,1	0,69	1	3500	122	3622	7350	257	7607	2500	10107
4	Корпус	НШ32УК	1	31290	4	2,2	0,63	1	31290	1252	32542	68838	2754	71592	20501	92093
5	Корпус	НШ32М	1	18200	5	1,96	0,59	1	18200	910	19110	35672	1784	37456	11275	48730
6	Корпус	НШ50УК	1	17220	4,5	2,54	0,72	1	17220	775	17995	43739	1968	45707	12956	58663
7	Корпус	НШ50М	1	37800	3,5	2,32	0,53	1	37800	1323	39123	87696	3069	90765	20735	111501
8	Корпус	НШ50УКФ	1	4200	4,5	2,56	0,88	1	4200	189	4389	10752	484	11236	3862	15098
9	Корпус	НБО56	1	3500	12	5,65	3,95	1	3500	420	3920	19775	2373	22148	15484	37632
10	Корпус	НШ100	1	52267	5	7,88	3,12	1	52267	2613	54880	411861	20593	432454	171226	603680
11	Корпус	НБО112	1	5833	12	8,14	3,61	1	5833	700	6533	47483	5698	53181	23585	76767
12	Корпус	НШ250	1	23333	7,3	20,95	6,45	1	23333	1703	25037	488833	35685	524518	161486	686005
13	Корпус	НШ25Г	1	18667	3	1,54	0,67	1	18667	560	19227	28747	862	29609	12882	42491
14	Корпус	НШ22Г	1	18667	3	1,46	0,68	1	18667	560	19227	27253	818	28071	13074	41145

ДП-13.12.20.05.01.00.00 ПЗ

Арк.

Таблиця 1.12 продовження

15	Обойма підтискна	НШ100	1	52267	8	5,48	1,58	1	52267	4181	56448	286421	22914	309335	89188	398523
16	Обойма підтискна	НШ150	1	46667	6	1,9	0,65	1	46667	2800	49467	88667	5320	93987	32153	126140
17	Обойма підтискна	НШ32	1	93333	6	1,61	0,53	1	93333	5600	98933	150267	9016	159283	52435	211717
18	Обойма підтискна	НШ250	1	23333	6	16,46	4,24	1	23333	1400	24733	384067	23044	407111	104869	511980
19	Обойма підш.	НШ100	1	52267	3,5	2,39	0,42	1	52267	1829	54096	124917	4372	129289	22720	152010
20	Обойма підш.	НШ150	1	46667	3	1,06	0,74	1	46667	1400	48067	49467	1484	50951	35569	86520
21	Обойма підш.	НШ32	1	70000	3	1,69	0,68	1	70000	2100	72100	118300	3549	121849	49028	170877
22	Обойма підш.	НШ250	1	23333	6	6,35	2,36	1	23333	1400	24733	148167	8890	157057	58371	215427
23	Корпус	НШ32М	1	2800	3	2,55	0,49	1	2800	84	2884	7140	214	7354	1413	8767
24	Корпус	НШ32УКП	1	2800	4	2,26	1,05	1	2800	112	2912	6328	253	6581	3058	9639
25	Корпус	НШ100Г	1	700	8	7,53	5,85	1	700	56	756	5271	422	5693	4423	10115
26	Корпус	НШ140	1	490	8	8,53	5,85	1	490	39	529	4180	334	4514	3096	7610
27	Корпус	НШ180	1	1003	7	10,65	2,61	1	1003	70	1074	10685	748	11433	2802	14235
	Всього:								701680	34310	735990	2746855	159197	2879052	963952	3843005

Приймаємо кокільні машини моделі 59K613.

Шестипозиційні карусельні кокільні машини 59K613 призначені для масового виробництва відливків з чорних і кольорових сплавів в кокільях з вертикальним роз'ємом. На кожній позиції такого кокілю є рухома і нерухома плита для кріплення на них відповідних частин кокілю. Привід машин – гідравлічний, цикл роботи – напіваавтоматичний.

Всі технологічні операції в межах одного цикла – заливка розплаву в кокіль, охолодження відливка в кокілі, виштовхування відливка з кокілю, очищення і нанесення вогнетривкого покриття на робочу поверхню кокілю – виконуються за заданою програмою на певних позиціях і регулюються за часом.

Технічна характеристика шестипозиційних кокільних машин призначених для виробництва фасонних відливків приведена в таблиці 1.13:

Таблица 1.13

Технічна характеристика шестипозиційних кокільних машин

Параметри	59K613
Кількість позицій	6
Розмір робочого місця для кріплення частини кокілю (ширина x висота), мм	500x400
Найменша відстань між плитами, мм	500
Хід плити, мм	400
Зусилля розмикання кокілю, кгс	4000
Час повороту каруселі на 1 позицію, с	6
Діаметр каруселі, мм	4600
Продуктивність, заливок/год	до 180
Максимальна металоємність кокілю, кг: • для чорних сплавів • для кольорових	40
	10
Висота машини над рівнем підлоги, мм	2350
Спільна висота, мм	2900
Маса машини, кг	25000

					ДП-131.22.05.01.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На рис. 1.3 представлена шестипозиційна кокільна машина моделі 59К613, призначена для виробництва фасонних відливків з алюмінієвих сплавів широкої номенклатури.

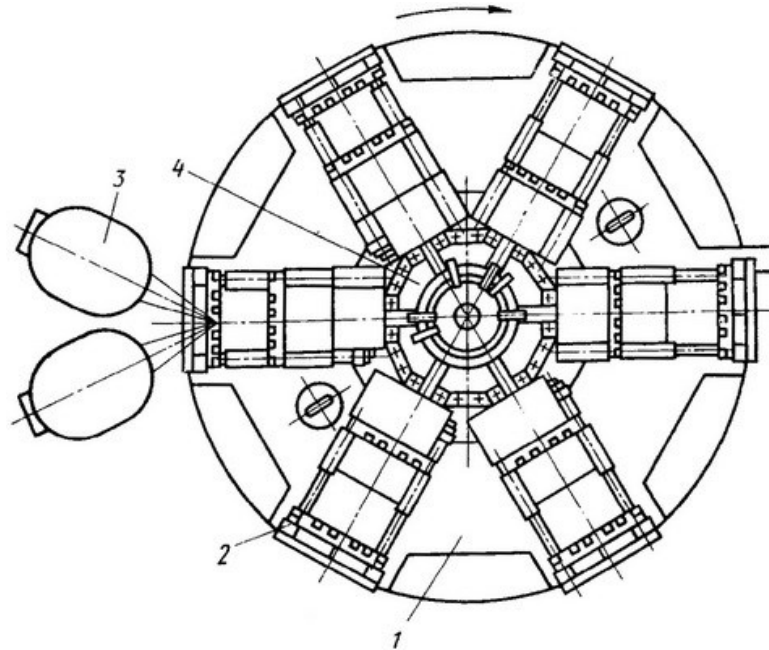


Рис. 1.3 – Карусельна кокільна машина моделі 59К613:
1 – платформа, 2 – кокільна секція, 3 – дозатор розплаву, 4 – гідравлічна розподільна колонка управління

Платформа 1 машини 59К613 (рис. 1.3) вмонтовується на порожнистій колоні. Маса платформи сприймається центральним опорним підшипником кочення. Періодичне обертання платформи з позиції на позицію здійснюється гідромеханічним пристроєм, що забезпечує точний поворот її на необхідний кут і фіксацію на окремих позиціях. Кокільні секції в машині для зручності простановки стержнів виконуються похилими і працюють по копіру.

Заливку розплаву на машині проводять двохпозиційним заливочним пристроєм, який керується дистанційно із спільного пульта управління. Для виробництва відливків з алюмінієвих сплавів можуть застосовуватися стандартні дозатори.

Окрім карусельних кокільних машин існує більше 30 моделей машин різних по рівню автоматизації і продуктивності, деякі з них в наш час експлуатуються у

					ДП-131.22.05.01.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вітчизняній промисловості. Ці машини мають пневматичний і гідравлічний приводи, вертикальний і рідше горизонтальний або похилий роз'єм матриці кокілю. Деякі карусельні машини для повороту каруселі мають електричний привід.

Існують карусельні кокільні машини з програмним управлінням. Змінюючи за програмою в широкому діапазоні параметри технологічного процесу на цій машині, можна отримувати відливки різної складності з чорних і кольорових сплавів.

Потрібну для виконання програми кількість кокільних машин визначають за загальною методикою.

$$n = \frac{N_{\phi} K_n}{\Phi_d g k}, \quad (1.7)$$

де

N_{ϕ} – кількість відливок для виконання річної програми, шт./рік;

K_n – коефіцієнт нерівномірності роботи, $K_n = 1,25$ [1];

Φ_d – дійсний річний фонд часу роботи кокільного обладнання, год./рік;

g – продуктивність кокільної машини, заливок/год;

k – коефіцієнт використання верстата, $k = 0,7$

$$n = \frac{630849 \cdot 1,25}{3612 \cdot 60 \cdot 0,7} = 6,06 \approx 7 \text{ шт.}$$

Приймаємо 7 шестипозиційних кокільних машини моделі 59К613.

Біля кожного з верстатів передбачаємо баки з водою, в які опускаються відливки після вилучення з кокіля. Таким чином проводиться термічна обробка – часткове гартування для забезпечення відливок необхідними механічними властивостями.

					ДП-131.22.05.01.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.7. Розрахунок ділянки лиття під тиском

Лиття під тиском є одним з високопродуктивних способів виготовлення відливок високої точності, чистоти поверхні, який дає можливість повної автоматизації технологічного процесу і значно покращує санітарно-гігієнічні умови праці.

Розплавлений метал заливається в камеру спеціальної машини, а потім під дією тиску поршня, який рухається в цій камері, крізь ливникову систему заповнює з високою швидкістю порожнину прес-форми, затвердіння проходить під надлишковим тиском. Після розкриття прес-форми відливок витягують з неї.

Поєднання двох особливостей процесу металевої форми і тиску на рідкий метал дозволяє отримати відливки високої якості. Чистота поверхні і точні розміри робочої поверхні прес-форми забезпечує отримання відливок з розмірами по 5-му класу точності, а іноді і до 3-го класу з шорсткістю поверхні по 5-7-м класам точності з мінімальними припусками на механічну обробку, а іноді і без неї.

Розміри і маса відливок отриманих литтям під тиском, залежать від потужності машини.

Конструкція прес-форми показана на рис. 1.4. Прес-форма встановлюється на машину лиття під тиском. Прес-форма складається з плит кріплення 1, 2, які мають пази для кріплення до нерухомої та рухомої плит машини. Пресування розплаву відбувається через ливникову втулку 3. Матриця встановлюється в плиті матриці 4, а пуансон а в плиті пуансона 5. При закритті прес-форми відбувається центрування матриці та пуансона за допомогою направляючих штирів та втулок встановлених в плитах 4 та 5. За допомогою упорів 7 створюється простір для переміщення плити стержнів 8. При розкритті прес-форми відбувається виштовхування відливка за допомогою штовхаючих втулок закріплених в плиті стержнів 8. Плита стержнів в свою чергу переміщується штовхачами, через отвори в плиті кріплення 2, встановленими на машині. Штовхаючи втулки встановлені на

					ДП-131.22.05.01.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

центральному стержні та стержнях, що утворюють отвори в фланці кришки. При закриванні прес-форми плита стержнів повертається в початкове положення за допомогою колонок повертання, встановлених на плиті стержнів 8, які при закритті прес-форми впираються в плиту матриці 2. Матриця, пуансон та плити кріплення 1,2 охолоджуються проточною водою.

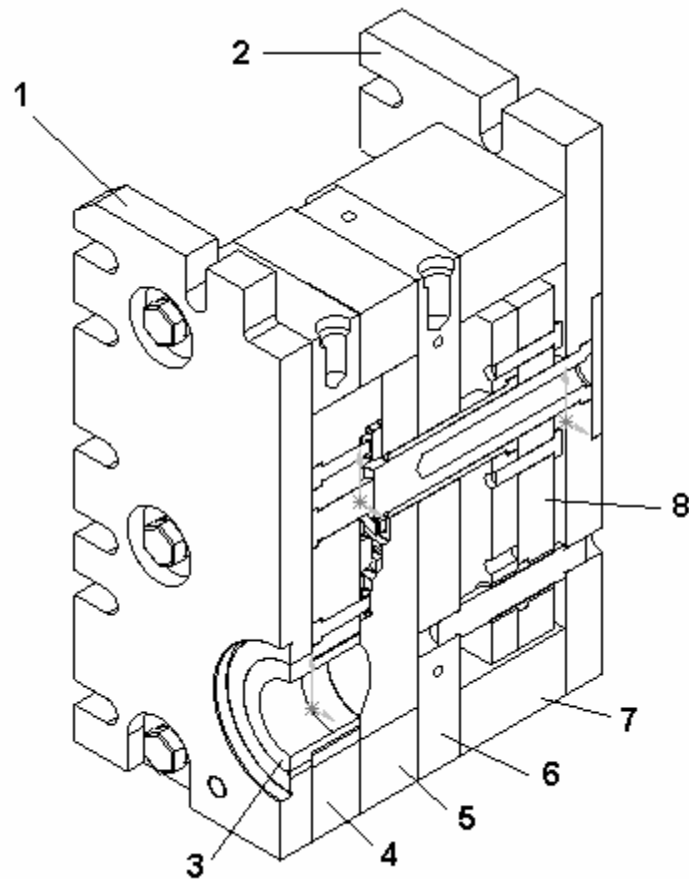


Рис. 1.4. Конструкція прес-форми

Перед заливкою розплаву в прес-стакан його та поверхні прес-форми продувають стиснутим повітрям, пресовий поршень змащують мастилом або тваринним жиром. Кількість рідкого розплаву дозується мірним ковшем необхідного об'єму. Відливок, після розкриття прес-форми, видаляється за допомогою робота-виймача, пресовий залишок обруббується на пресі.

					ДП-131.22.05.01.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.15

Розахунок виробничої програми ливарного цеху для ділянки лиття під тиском

№ п/п	Назва відливка	Позначення	Вихідні дані						Кількість відливок, шт.			Маса відливок, кг			Маса ливників на річний випуск, кг	Маса рідкого металу на річний випуск відливок, кг	Кількість заправовок
			Кількість відливоків у групі на виріб, штук	Кількість виробів на програму, штук	Відсоток брака відливок, %	Чорнова маса одного відливка, кг	Чорнова маса ливникової системи, кг	Кількість відливок у формі, штук	На річну програму основної продукції	На покриття браку	Всього лиття на річний випуск	Загальна на річну програму	На покриття браку	Всього лиття на річний випуск			
1	Кришка верхня	НП90	1	20067	4	0,38	0,14	8	20067	803	20869	7625	305	7930	2922	10852	2609
2	Кришка нижня	НП90	1	20067	4,5	0,77	0,64	4	20067	903	20970	15451	695	16147	13421	29567	5243
3	Кришка	НШ100А	1	52267	2	2,1	0,5	2	52267	1045	53312	109760	2195	111955	26656	138611	26656
4	Кришка	НШ250	1	23333	2	4,48	0,6	2	23333	467	23800	104533	2091	106624	14280	120904	11900
5	Кришка	НШ63Г	1	13417	6	2,6	1,91	2	13417	805	14222	34883	2093	36976	27163	64140	7111
6	Кришка	НШ3Г	1	18667	3	0,67	0,5	6	18667	560	19227	12507	375	12882	9613	22495	3205
7	Кришка	НШ6Д6	1	7233	4,5	0,43	0,15	8	7233	325	7559	3110	140	3250	1134	4384	1260
8	Кришка	НШ10Д	1	6300	6	0,86	0,7	4	6300	378	6678	5418	325	5743	4675	10418	1670
9	Кришка	НШ28Д	1	5367	4	1,21	0,48	4	5367	215	5581	6494	260	6753	2679	9432	1395
10	Кришка задня	НШ63Г	1	12600	6	1,84	1,1	4	12600	756	13356	23184	1391	24575	14692	39267	3339
11	Кришка передня	НШ10Г	1	74667	4	0,46	0,3	8	74667	2987	77653	34347	1374	35721	23296	59016	19413
12	Кришка	НШ10ДБ	1	35000	9	0,35	0,46	8	35000	3150	38150	12250	1102	13352	17549	30901	9538
13	Кришка	НШ32М	1	182000	3,5	1,28	0,55	4	182000	6370	188370	232960	8154	241113	103603	344717	47093

ДП-131.22.05.01.00.00 ПЗ

Таблиця 1.15 продовження

14	Кришка задня	НШ32Д	1	17500	6	0,82	0,47	6	17500	1050	18550	14350	861	15211	8718	23929	3092
15	Кришка ліва	НШ32М	1	14000	5	0,54	0,38	8	14000	700	14700	7560	378	7938	5586	13524	3675
16	Кришка	НШ32УК	1	42000	6	0,58	0,31	8	42000	2520	44520	24360	1462	25822	13801	39623	11130
17	Кришка	НШ50А	1	21000	3	1,04	0,37	4	21000	630	21630	21840	655	22495	8003	30498	5408
18	Кришка	НШ32	1	18667	4,5	1,5	0,44	4	18667	840	19507	28000	1260	29260	8583	37843	4877
19	Кришка	НШ20М	1	35000	4	1,55	0,47	4	35000	1400	36400	54250	2170	56420	17108	73528	9100
20	Кришка передня	НШ63Г	1	9800	8	2,79	1,62	2	9800	784	10584	27342	2187	29529	17146	46675	5292
Всього:									628950	26687	655637	853924	32573	809698	340628	1150326	183002

ДП-13122.05.01.00.00 ПЗ

Арк.

Обираємо машини за вагою однієї запресовки.

Маємо групу запресовок – запресовки масою 4,2...11,8 кг.

Відповідно обираємо 1 типи машин з холодною горизонтальною камерою пресування ITALPRESSE IP 550 SC (технічна характеристика якої представлена в таблиці 1.16).

Таблиця 1.16

Технічна характеристика машин лиття під тиском

Габарити машини, м	7,65x2,51x2,95
Вага машини, кг	24100
Максимальне зусилля пресування, т (кН)	550 (5395)
Максимальне зусилля відкриття форми, кН	1800
Максимальна вага відливків з алюмінієвих сплавів, кг	15
Номінальна площа проекції відливка, см ²	1,375
Продуктивність, запресовок/год	30

Потрібну для виконання програми кількість машин для лиття під тиском визначають за загальною методикою.

$$n = \frac{N_{\phi} K_{\text{н}}}{\Phi_{\text{д}} g k}, \quad (1.7)$$

де

N_{ϕ} – кількість запресовок для виконання річної програми, шт./рік;

$K_{\text{н}}$ – коефіцієнт нерівномірності роботи, $K_{\text{н}} = 1,25$ [1];

$\Phi_{\text{д}}$ – дійсний річний фонд часу роботи машин лиття під тиском, год./рік;

g – продуктивність машини, заливок/год;

k – коефіцієнт використання верстата, $k = 0,7$

$$n = \frac{183002 \cdot 1,25}{3612 \cdot 30 \cdot 0,7} = 3,02 \approx 4 \text{ шт.}$$

					ДП-131.22.05.01.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо 4 машини з холодною горизонтальною камерою пресування ITALPRESSE IP 550 SC .

Типова машина з горизонтальною камерою пресування (рис.1.5) складається з двох блоків. Лівий горизонтальний блок відкриває і закриває форму і утримує її в замкнутому стані при запресовці металу. Після розкриття форми відливок з рухомої половини форми виштовхується.

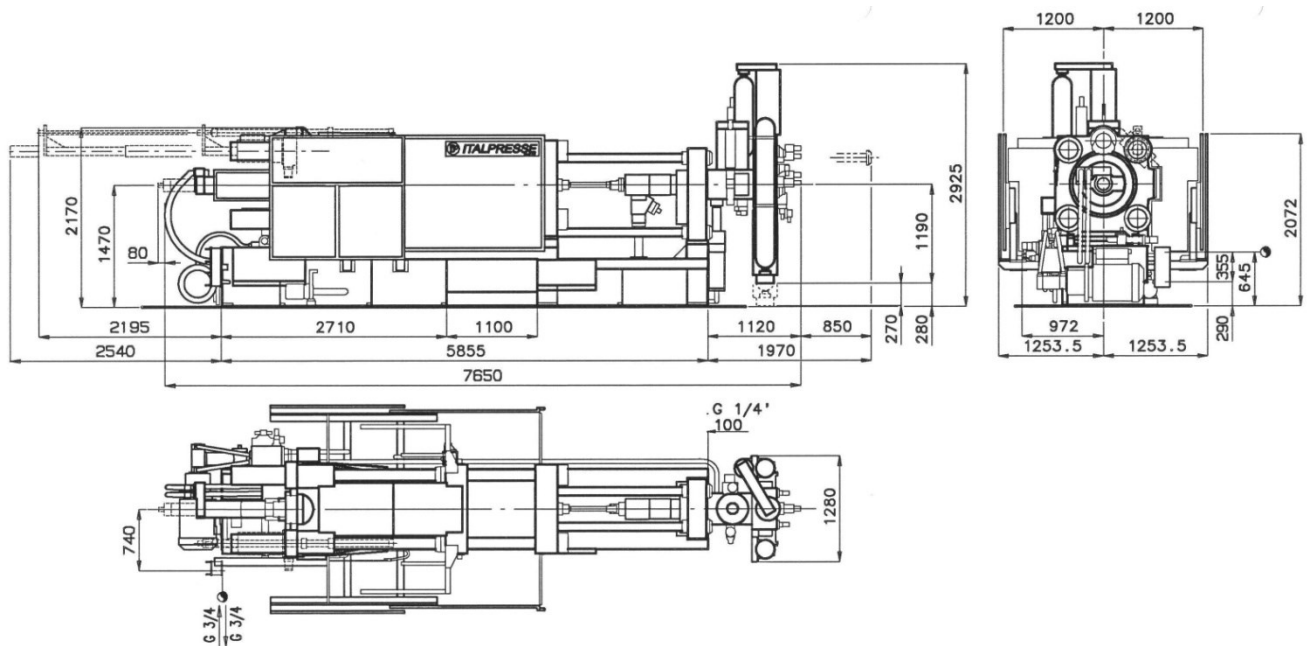


Рис. 1.5. Машина з холодною горизонтальною камерою пресування
ITALPRESSE IP 550 SC

					ДП-131.22.05.01.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для автоматизації роботи ливарного цеху розміщуємо біля кожної з машин лиття під тиском робота-заливщика ITALPRESSE/GAUSS CAM 3 та робота-виймача ITALPRESSE/GAUSS TPZ 2 В .

Робот-заливщик показаний на рис. 1.6.

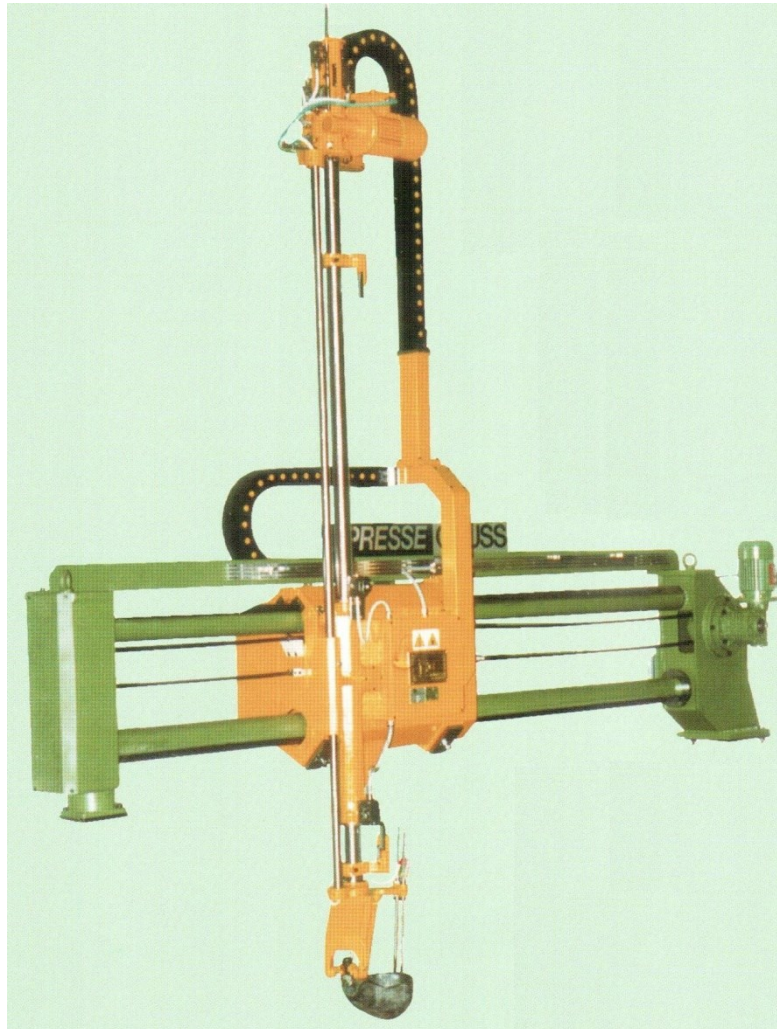


Рис. 1.6. Робот-заливщик ITALPRESSE/GAUSS CAM

Автоматичний заливщик метала CAM – система, яка використовується для автоматизування зачерпування та переносу розплавленого алюмінієвого розплава від плавильної або роздаточної печі до машини лиття під тиском.

Його ланки можуть рухатись в трьох положеннях: горизонтальне переміщення, ковзальне вертикальне переміщення та обертання.

Робот-виймач показаний на рис. 1.7.

					ДП-131.22.05.01.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

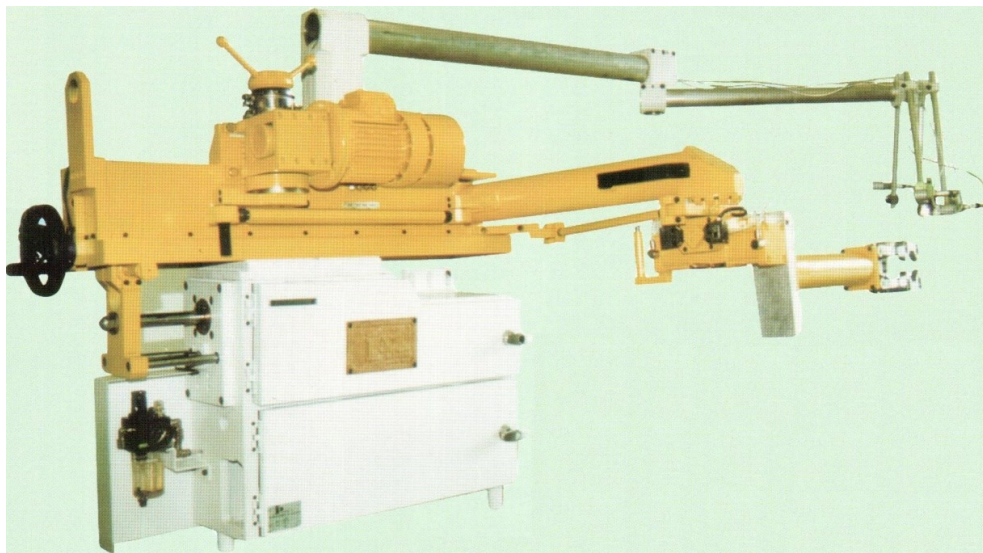


Рис. 1.7. Робот-виймач ITALPRESSE/GAUSS TPZ

Автоматичний виймач TPZ - автоматизований пристрій для виймання готових відливків з машини лиття під тиском і відправлення їх на механічну та термічну обробку. Виймач (екстрактор) має чотири положення переміщення: переміщення руки (вперед/назад), переміщення руки (вверх/вниз), обертання руки та розкриття/закриття пальців руки робота.

Три головні функції робота керуються пневматикою.

Технічні характеристики та робочі розміри автоматичних установок наведені в табл. 1.17 і табл. 1.18.

Таблиця 1.17

Технічна характеристика робота-заливщика ITALPRESSE/GAUSS CAM 3

№ п/п	Параметри	Величина
Характеристики та розміри		
1	Спільна робота з машиною, т	750/1350
2	Розмір $A_{\max}$, мм	1220
3	Розмір $B_{\max}$, мм	2550
4	Розмір $C_{\max}$, мм	2496
5	Розмір D , мм	2984
6	Цикл роботи, заливок/год	150
7	Використання енергії, кВт	2
8	Ємність чаші, кг	7...15

					ДП-131.22.05.01.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.17 продовження

Швидкості руху		
1	Заповнення, мм/с	45
2	Переміщення вверх/вниз, мм/с	200
3	Переміщення вперед/назад, мм/с	954
4	Заливка, мм/с	45

Таблиця 1.18

Технічна характеристика робота-виймача ITALPRESSE/GAUSS TPZ 2 B

№ п/п	Параметри	Величина
Характеристики та розміри		
1	Спільна робота з машиною, т	750/1350
2	Розмір А, мм	2010
3	Розмір В, мм	1620
4	Розмір С, мм	1530
5	Розмір D, мм	339
6	Розмір Е, мм	300
7	Розмір F, мм	350
8	Максимальна вага відливка, кг	15

Транспортні і маніпуляторні операції при литті під тиском автоматизують об'єднанням основної ливарної машини, автоматичного дозуючого пристрою або печі і заливального маніпулятора, маніпулятора для знімання відливоків і передачі їх на прес для обрубки від відливка ливників і облоя, системи для обдування в змащення поверхні прес-форми і інших механізмів у єдину систему машин - ливарний автоматизований комплекс.

Розглянемо роботу автоматизованого комплексу машин для лиття під тиском. Основа комплексу - машина з холодною камерою пресування, що має швидкодіючий механізм пресування, оснащена приладами для контролю роботи і налагодження механізмів пресування і запирання прес-форми. Змащування робочої поверхні прес-форми виконується автоматичним пристроєм. Розплав подається з роздаточної печі заливочно-дозуючим пристроєм у камеру пресування машини. Після затвердівання і охолодження відливка відбуваються розкриття

					ДП-131.22.05.01.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

прес-форми, виштовхування відливка і його знімання маніпулятором, що поміщає відливки у ванну з холодною водою. Далі відливки по конвеєру переміщуються на прийомний стіл і після огляду оператором переноситься їм у штамп обрубного преса, звідки відливки попадає в тару. Комплекс управляється системою керування. Для підтримки заданих температурних режимів процесу машина має систему охолодження прес-форми, керовану апаратурами, і систему регулювання температури розплаву в роздаточній печі.

Комплекс обслуговується двома операторами: один з них стежить за роботою машини, заливочно-дозуючим пристроєм, маніпулятора - знімача виливків, за розкриттям прес-форми і т.д.; інший - за роботою охолоджувального конвеєра, транспортуванням відливків до обрубного преса і обрубку їх на пресі.

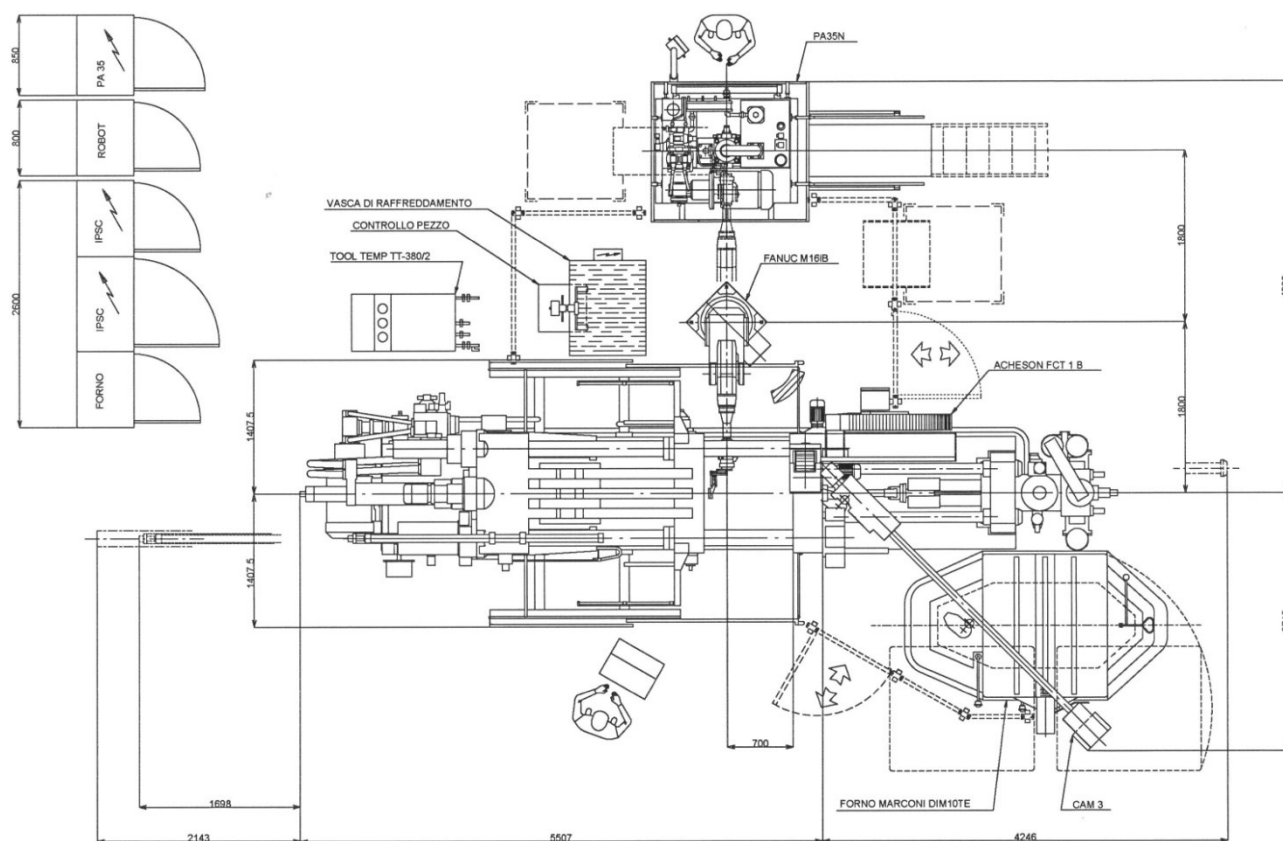


Рис.1.8. Схема робочого місця заливочної ділянки

					ДП-131.22.05.01.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.8. Розрахунок відділень відрізки та обрубки ливників

Для автоматизованих комплексів лиття під тиском приймаємо 1 обрубний гідравлічних преси РА35N. Його технічна характеристика вказана в табл. 1.19.

Таблиця 1.19

Технічна характеристика гідравлічного пресу РА35N

Основні данні	Величина
Величина ходу рухомої траверси, м	1
Зусилля пресу, т	100
Габаритні розміри, м	1,9x1,2x2,5
Продуктивність, шт/год	50
Закрита висота, мм	750

Продуктивність цього пресу забезпечує нам неперервність роботи автоматизованого комплексу лиття під тиском.

Для відділення, відрізки ливників та підживлювачів приймаємо стрічковий верстат JET HVBS-812 R (рис. 1.9), технічна характеристика якого вказана у таблиці 1.20.



Рис. 1.9. Стрічковий верстат JET HVBS-812 R

					ДП-131.22.05.01.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технічна характеристика стрічкопильного верстату JET HVBS-812 R

Зона обробки при 90°	Діаметр 200 мм
	180x305 мм
Зона обробки при 45°	Діаметр 127 мм
	120x125 мм
Розміри полотна пили	19x0,9x2362 мм
Регулювання лещат	0 - 45°
Діаметр шківів пили	290 мм
Швидкості пластин	25, 40, 60, 80 мм/хв
Потужність мотору	600 Вт/с
Ємність місткість для охолоджувальної рідини кошту	8 літрів
Продуктивність	0,2 т/год
Габаритні розміри	1780x790x1120 мм
Вага	120 кг

Розрахункова кількість стрічкопильних верстатів:

$$n = \frac{G K_H}{\Phi_d g}, \quad (1.8)$$

де

G – маса придатних відливків, відрізка ливників яких відбувається на стрічкопильних верстатах, т;

K_H – коефіцієнт нерівномірності роботи, $K_H = 1,25$ [1];

Φ_d – дійсний річний фонд часу роботи стрічкопильних верстатів, год/рік;

g – продуктивність стрічкопильного верстату, т/год;

$$n = \frac{2720 \cdot 1,25}{3612 \cdot 0,2} = 4,71 \text{ шт.}$$

Приймаємо 6 стрічкопильних верстатів JET HVBS-812 R.

					ДП-131.22.05.01.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.9. Розрахунок відділення для виконання фінішних операцій

Для фінішної очистки відливків використовуємо шліфувально-обдирні верстати, технічна характеристика яких наведена в табл. 1.21.

Таблиця 1.21

Технічна характеристика обдирно-шліфувального верстату

Характеристика	Величина	Одиниці
Діаметр круга	250	мм
Маса відливків	20	кг
Годинна продуктивність	0,3...0,5	т/год

Розрахункова кількість обдирно-шліфувальних верстатів:

$$n = \frac{G K_n}{\Phi_d g}, \quad (1.8)$$

де

G – маса придатних відливків, які потребують зачистки від залишків ливників, т;

K_n – коефіцієнт нерівномірності роботи, $K_n = 1,25$ [1];

Φ_d – дійсний річний фонд часу роботи обдирно-шліфувальних верстатів, год./рік;

g – продуктивність обдирно-шліфувального верстату, т/год;

$$n = \frac{3600 \cdot 1,25}{3612 \cdot 0,3} = 4,3 \text{ шт.}$$

Приймаємо 5 обдирно-шліфувальних верстатів моделі 3К631 з діаметром шліфувального круга 250 мм.

					ДП-131.22.05.01.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.10. Проектування і розрахунок допоміжних ділянок та приміщень

1.10.1. Ділянка ремонту і футеровки ковшів

Площа ділянки визначається так:

$$S_k = \frac{3600 \cdot 20}{1000} = 70 \text{ м}^2$$

де 3600 т – кількість придатного литва;

20 м² – норми площі для ділянок ремонту і футеровки ковшів, що припадає на 1000т придатного литва.

1.10.2 Склад модельного оснащення

Площа ділянки визначається так:

$$S_{\text{мо}} = \frac{3600 \cdot 25}{1000} = 87,5 \text{ м}^2$$

де 3600 т – кількість придатного литва;

25 м² – норми площі для складу модельного оснащення, що припадає на 1000т придатного литва.

1.10.3. Лабораторії та службові приміщення

Приймаємо такі площі лабораторій та службових приміщень:

- відділ технічного контролю – 45 м²
- цехова лабораторія – 45 м²
- кімната майстра – 45 м²

					ДП-131.22.05.01.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- роздягальні – $35 \times 2 = 70 \text{ м}^2$
- душеві кімнати – $35 \times 2 = 70 \text{ м}^2$
- туалети – $25 \times 2 = 50 \text{ м}^2$

1.10.4. Склад готової продукції

Площа ділянки визначається так:

$$S_{\text{гп}} = \frac{3600 \cdot 100}{1000} = 350 \text{ м}^2$$

де 3600 т – кількість придатного литва;

100 м² – норми площі для складу готової продукції, що припадає на 1000т придатного литва.

1.10.5. Склад шихтових матеріалів

Площа ділянки визначається так:

$$S_{\text{ш}} = \frac{3600 \cdot 150}{1000} = 525 \text{ м}^2$$

де 3600 т – кількість придатного литва;

150 м² – норми площі для складу шихтових матеріалів, що припадає на 1000т придатного литва.

					ДП-131.22.05.01.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.11. Проектування ливарного цеху

Кінцевим результатом загальної частини дипломного проекту є креслення плану ливарного цеху. За проведеними вище розрахунками проектуємо ливарний цех потужністю 3600 тон придатного литва рис. 1.10 (ДП-131.22.05.01.01.00).

Загальна площа цеху складає 4032 м².

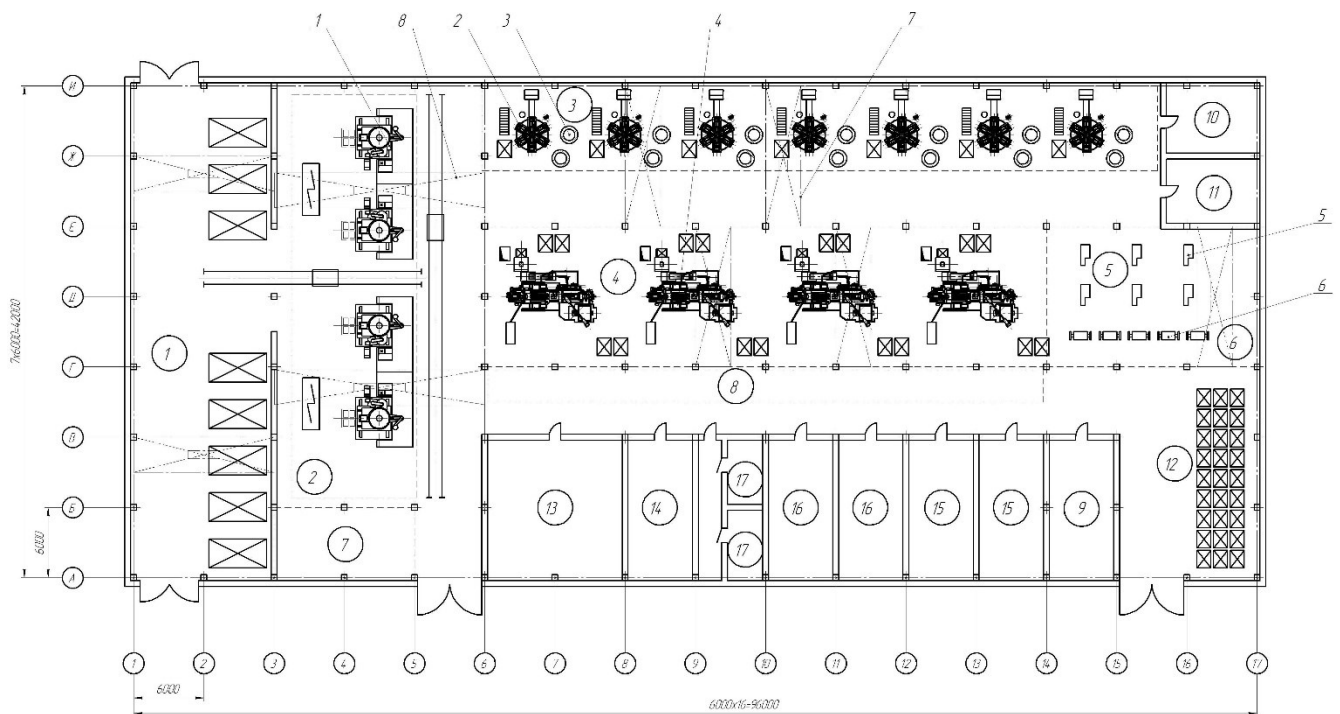


Рис. 1.10. План цеху алюмінієвого литва продуктивністю 3600 т придатного

					ДП-131.22.05.01.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Аналіз конструкції деталі та технічних умов на відливок

Деталь – це виріб, виконаний із однорідного матеріалу без використання збірних або монтажних операцій. Відливком називається деталь, отримана безпосередньо литтям металу в спеціальну форму, в якій проходить кристалізація.

Деталь – корпус шестеренчастого насосу НШ10УК-3-02 (Рис.2.1) [ДП-131.22.05.02.01.00] виготовляється литтям у кокіль алюмінієвого сплаву АК9МЗ по ДСТУ 1583-93, хімічний склад та механічні властивості якого приведені в табл. 1.3 та 1.4. Відливок II групи, точність відливка 7-0-0-7 ГОСТ 26645. Різностінність не більше 1 мм, короблення не більше 1,5 мм, перекіс по роз'єму до 0,5 мм. Ливарні уклони – 3° , ливарні радіуси – 1...3 мм. Загальна пористість повинна бути не вище еталона №2 шкали пористості по ДСТУ 2839.

Корпус має нескладну конфігурацію ззовні і у внутрішній порожнині. Корпус шестеренчастого насосу служить для жорсткого зв'язку між ведучою та веденою шестернями за допомогою втулок, які встановлюються у внутрішню порожнину корпусу і забезпечують стабілізацію міжцентрової відстані між шестернями та їх ковзання у підшипниках, встановлених у втулках.

Корпус має горщикоподібну форму. У внутрішній порожнині є круглі отвори під цапфи втулки. В середній частині по фланцях корпусу знаходяться впускний і випускний отвори, які розташовані на зустріч один одному перпендикулярно вісі насоса. На зовнішній поверхні знаходяться ребра жорсткості.

Габарити деталі 86x108x74,7 мм. Маса деталі – 0,880 кг, вага відливка – 0,930 кг. Твердість – 90...125 НВ.

					ДП-131.22.05.02.00.00 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Баркар А.А.			Технологічна частина						
Перевір.		Конончук С.В.									
Реценз.											
Н. Контр.											
Затверд.		Кузик О.В.									
					Літ.	Арк.	Акрушіє				
							56				
					ЦНТУ, 0Л-21М-14						

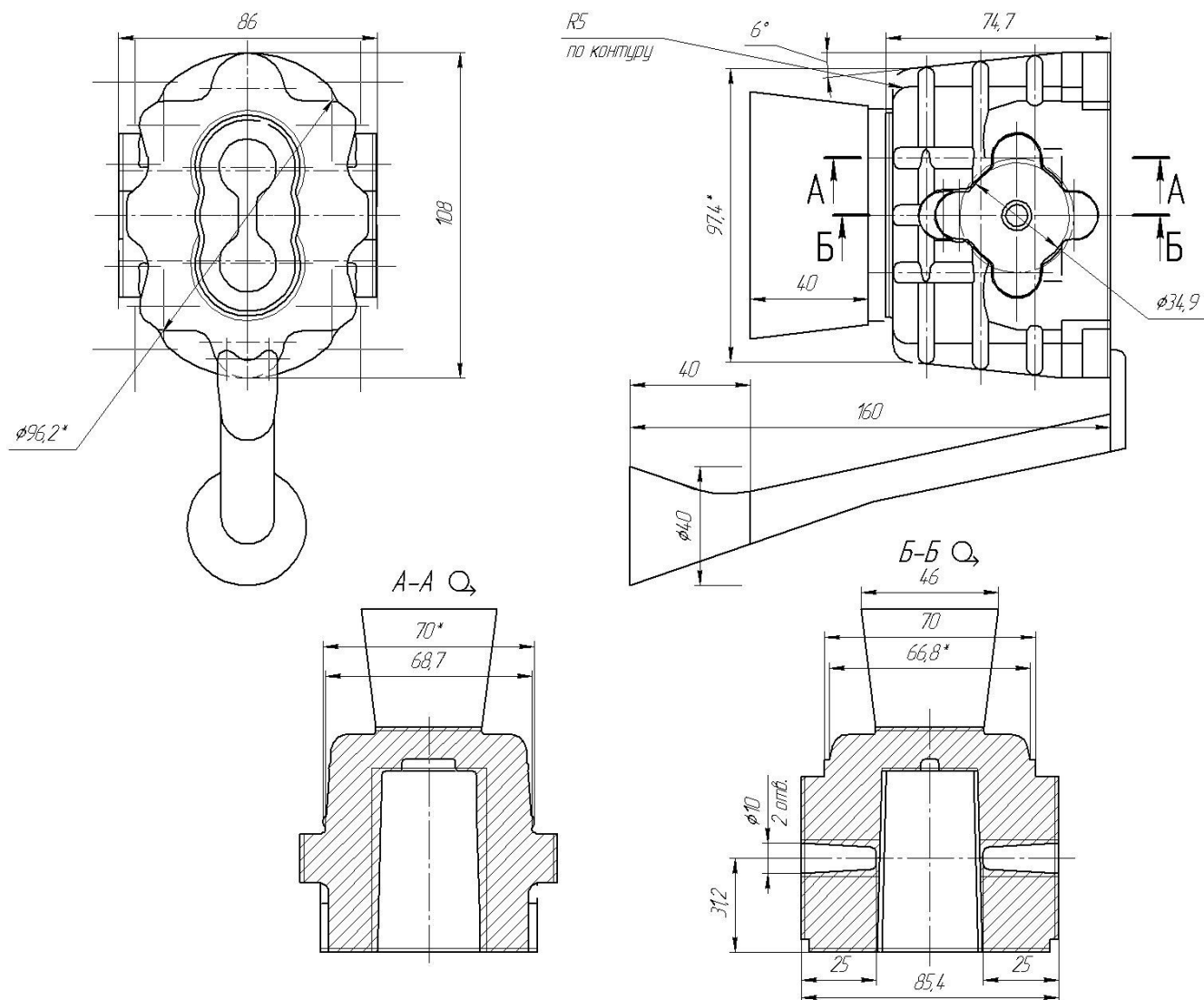


Рисунок 2.1 – Виливок корпус НШ10УК-3-02

На поверхнях, які є базовими не повинно бути раковин, заливів, неметалічних включень, вони повинні бути чистими. На оброблюваних поверхнях відливка допускаються одиничні раковини, неметалічні включення в кількості не більше 4 шт., діаметром не більше 1 мм, глибиною не більше половини припуску на механічну обробку, відстань між дефектами не менше 10 мм.

Допуск зміщення відливка по площині роз'єму – 0,5 мм. На поверхнях, які не обробляються, допускаються одиничні ливарні дефекти, які не перевищують глибини в 0,5 припуску на механічну обробку.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП-131.22.05.02.00.00 ПЗ

Арк.

57

2.2. Розробка технологічного процесу виготовлення відливка

Перш ніж приступити до технологічного процесу виготовлення відливка потрібно проаналізувати і досконально вивчити його конструкцію та технологічні вимоги. Після того, як був виконаний аналіз, необхідно визначити положення відливка у формі в період заливки і затвердіння, поверхні роз'єму форми, встановити величину припусків на механічну обробку і усадку, радіуси скруглень і ливарні уклони.

2.2.1. Вибір поверхні роз'єму форми

Для отримання якісного відливка, необхідно вибрати раціональний роз'єм форми. Поверхня роз'єму визначається конструкцією відливка, технологічними вимогами та місцевими конструктивними особливостями відливка. Але слід користуватись загальними положеннями з технології ливарної форми та теорії ливарного виробництва:

- поверхню роз'єму для вибраного способу виготовлення відливка розташовуємо вертикально;
- число поверхонь роз'єму повинно бути мінімальним;
- вибираючи роз'єм форми треба забезпечити зручність контролю розмірів форми;
- поверхня роз'єму повинна по можливості бути плоскою;
- роз'єм форми повинен бути таким, щоб не було підвісних стержнів, а головні стержні мали зручне розташування;
- роз'єм повинен бути вибраний так, щоб бази механічної обробки розташовувались в одній частині форми з оброблюваними поверхнями та не перетинались площиною роз'єму .

					ДП-131.22.05.02.00.00 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Проаналізувавши всі вимоги, вибираємо лінію роз'єму: вона має вертикальне розташування з однією поверхнею роз'єму по середині деталі, при якому не буде проблем з видаленням відливка із форми.

Поверхню роз'єму форми показано на кресленні відливка та на рис. 2.2.

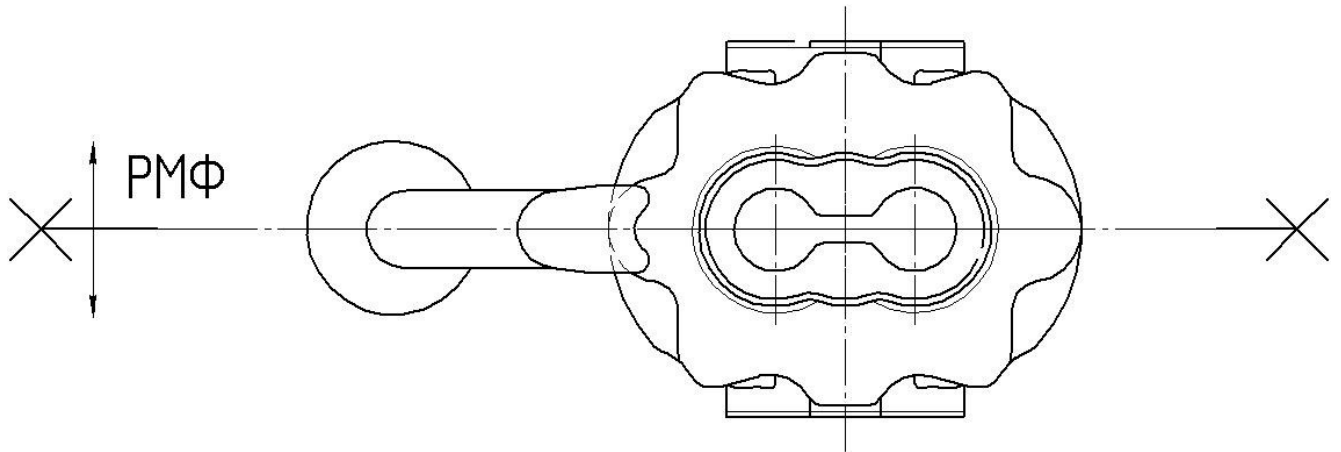


Рисунок 2.2 – Вибір поверхні роз'єму відливка

2.2.2. Вибір припусків на механічну обробку

Розміри відливків відраховують від розмірів готової форми на величину припуску на механічну обробку. Величина припуску вибирається від найбільшого розміру відливка, положення оброблюваної поверхні при заливці (зверху, знизу, збоку), способу отримання відливка, класу точності відливка.

Величина припуску на механічну обробку для відливків із алюмінієвих сплавів при литті в кокіль регламентується ГОСТ 26645. Припуски на механічну обробку для поверхонь зводимо у табл. 2.1.

Припуски механічну обробку відливків із алюмінієвих сплавів при литті в кокіль

Найбільший розмір	Положення при заливці	Найменший розмір
1,5	Верх	1,2
1,5	Низ	1,2
1,5	Збоку	1,2
1,5	Внутрішня поверхня	1,2

2.2.3. Вибір радіусів скруглень та ливарних ухилів

Радіуси закруглень регламентовані ГОСТ 10948. На креслені вказані не всі значення скруглень, але вони занесені в технічні вимоги на відливок, як і ливарні уклони,:

- невказані ливарні уклони – 3°;
- ливарні радіуси – 3 мм.

2.2.4. Припуски на усадку

Під припуском на усадку розуміють збільшення усіх ливарних розмірів моделі на величину ливарної усадки. Усадка виражається у % від розмірів відливка. Приймаємо лінійну усадку для алюмінієвого сплаву АК9МЗ при литті в кокіль 1,25%, а об'ємну – 3,75%.

2.2.5. Розробка креслень модельно-ливарних вказівок

Креслення модельно-ливарних вказівок розроблено на основі креслення деталі корпус НШ10УК-3-02. Технологічне креслення – це креслення з технологічними зазначеннями у відповідності з ГОСТ 3.1125. На кресленні деталі слід вказати:

- розташування відливка у формі в період заливки та затвердіння;

					ДП-131.22.05.02.00.00 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- величину припуску на механічну обробку;
- поверхні роз'єму моделі та форми;
- границі стержнів та зазори;
- місце установки, розміри елементів ливниво-живильної системи;
- місце установки, розміри та конфігурація підживлювачів.

Розташування проекції креслення відливка повинно відповідати положенню його при заливці форми металом. На кресленні відливка вказують величину припуску на механічну обробку. Отвори, які не виконують литтям, закреслюють суцільною лінією. На кресленні деталі відливка, відповідно ГОСТу, наносять елементи ливарної форми. Роз'єм відливка та форми показаний прямим відрізком, над яким проставляють літери РМФ. Всі елементи наносяться відповідно до ГОСТ 2.423.

Припуски на механічну обробку зображуємо суцільною тонкою лінією, величину припуску вказують цифрою перед знаком шорсткості поверхні, або величиною уклону та ливарними розмірами.

Позначення шорсткості поверхні та правила нанесення їх на креслення відливка здійснюють згідно з ГОСТ 2.309. Якщо шорсткість всіх поверхонь однакова, то вона повинна позначатись в правому верхньому куті креслення.

Зображення ливникової системи підживлювача та нанесення розмірів виконують за ГОСТ 2.423. Ливникову систему зображують на кресленні модельно-ливарних вказівок в масштабі креслення суцільною тонкою лінією. Площу перерізу елементів не штрихують, в кожному перерізі елементів допускається вказувати площу перерізу (см²), кількість елементів, сумарну площу.

					ДП-131.22.05.02.00.00 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3. Розрахунок та конструювання ливниково-живильної системи

2.3.1. Основні положення при конструюванні ливниково-живильної системи

Ливниково-живильна система складається з послідовно з'єднаних каналів між собою, за допомогою яких рідкий метал підводять у порожнину ливарної форми. Зазвичай ливникова система складається з: ливникової чаші або воронки, стояка, шлаковловлювача та живильника. Живильник безпосередньо примикає до ливникової порожнини та повинен бути виконаний так, щоб живильник можна було б відокремлювати від відливка не пошкоджуючи його.

2.3.2. Вибір місця підводу металу

Місце підводу металу вибираємо в нижній частині відливка сифонна ливниково-живильна система. При такому підводі розплав заповнює ливарну порожнину більш рівномірно, окисні плівки спливають доверху та поверхня відливка стає більш чистою та гладкою. Прийнята система забезпечує герметичність відливка і широко використовується для відливків даної конфігурації із алюмінієвих сплавів.

2.3.3. Тип ливникової системи

Конструкцію ливникової системи вибираємо типову: звужуючуся, сифонну з живильником прямокутного перерізу, вертикальну (рис. 2.3).

					<i>ДП-131.22.05.02.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

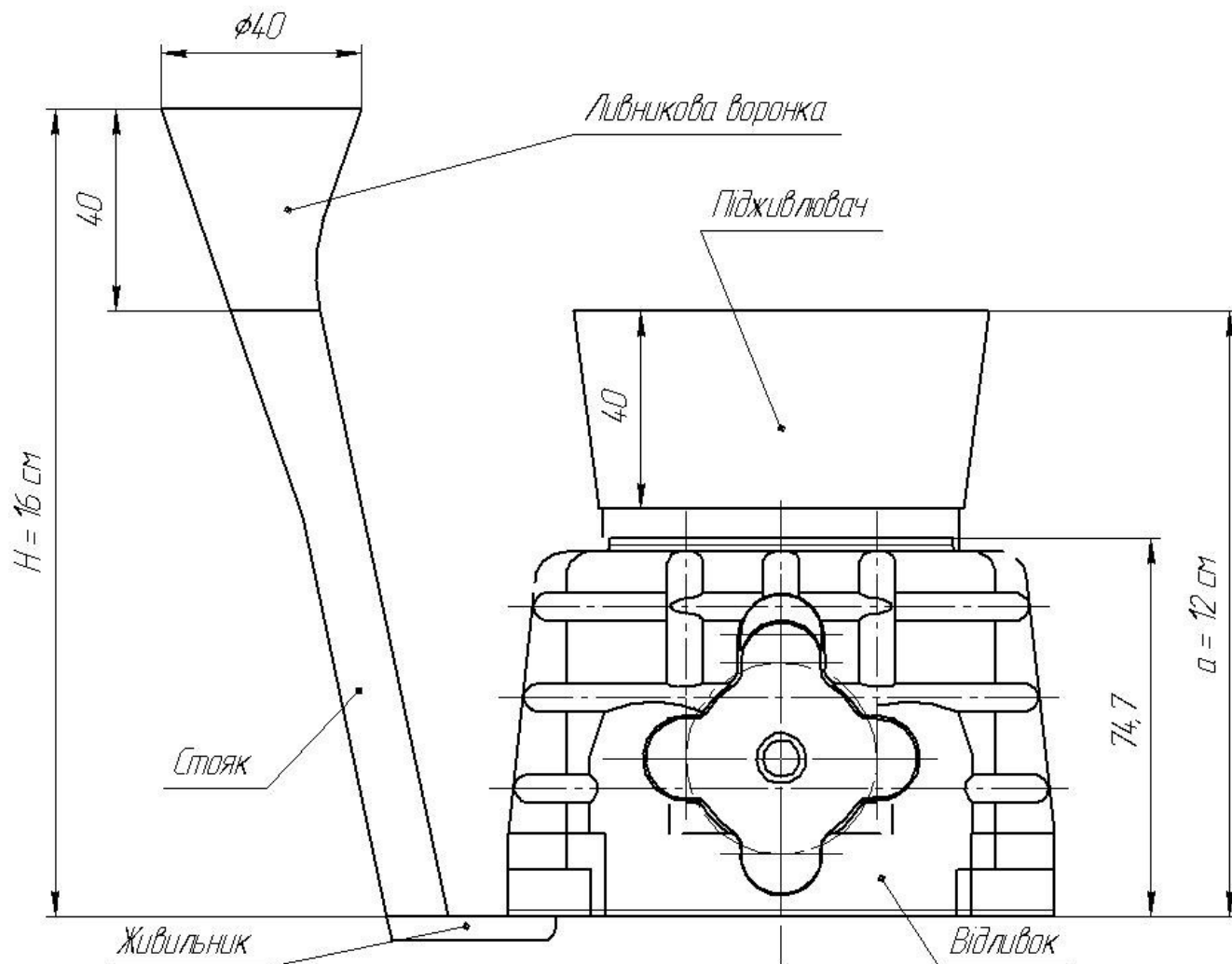


Рисунок 2.3 – Конструкція ливникової системи

2.3.4. Розрахунок і конструкція підживлювача

Основне призначення підживлювача – попередження утворенню раковин та рихлот у відливку та перехід усадочних раковин з робочої частини в підживлювач. Підживлювач встановлюють над термічними вузлами в тих частинах, які під час технологічного процесу затвердівають останні. В проектуємому відливку підживлювач раціонально встановлювати в верхній частині.

Розрахунок розмірів підживлювача ведемо за такою методикою.

Висота підживлювача розраховується за формулою:

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП-131.22.05.02.00.00 ПЗ

Арк.

63

$$H = \sqrt[3]{\frac{x_{\varepsilon}}{\varepsilon_{\varepsilon}} V_{\Pi}}, \quad (2.1)$$

де x_{ε} – коефіцієнт усадочної раковини, $x_{\varepsilon} = 9 \dots 12$;

$\varepsilon_{\varepsilon}$ – відношення об'єму усадочної раковини $\varepsilon_{\varepsilon} = 9 \dots 12$;

V_{Π} – необхідний об'єм підживлювача, см^3 .

$$V_{\Pi} = \frac{\beta}{k} V_{\text{відл}}, \quad (2.2)$$

де β – коефіцієнт $\beta = 0,035 \dots 0,08$;

$k = 0,25$;

$V_{\text{відл}}$ – об'єм відливка $V_{\text{відл}} = 1000 \text{ см}^3$.

$$V_{\Pi} = \frac{0,07}{0,25} \cdot 1000 = 308 \text{ см}^3$$

$$H = \sqrt[3]{\frac{9}{10} \cdot 280} = 64 \text{ мм}$$

Діаметр підживлювача розраховується за формулою:

$$D = H(1,1 \dots 1,5), \quad (2.3)$$

$$D = 64 \cdot (1,1 \dots 1,5) = 70 \dots 96 \text{ мм}$$

Вага розрахованого підживлювача коливається від 0,66 до 1,25 кг при вазі відливка 0,93 кг, що становить 70...135 % його ваги. Металосмність підживлювача дуже завищена.

					ДП-131.22.05.02.00.00 ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для більш ефективного живлення термічних вузлів відливка та виходу газів із ливарної форми раціонально буде конструктивно прийняти підживлювач прямокутного перерізу, форма і розміри якого вказані на рис. 2.4, також необхідно буде утеплити його азбестовим листом товщиною 5 мм по всій боковій поверхні теплообміну.

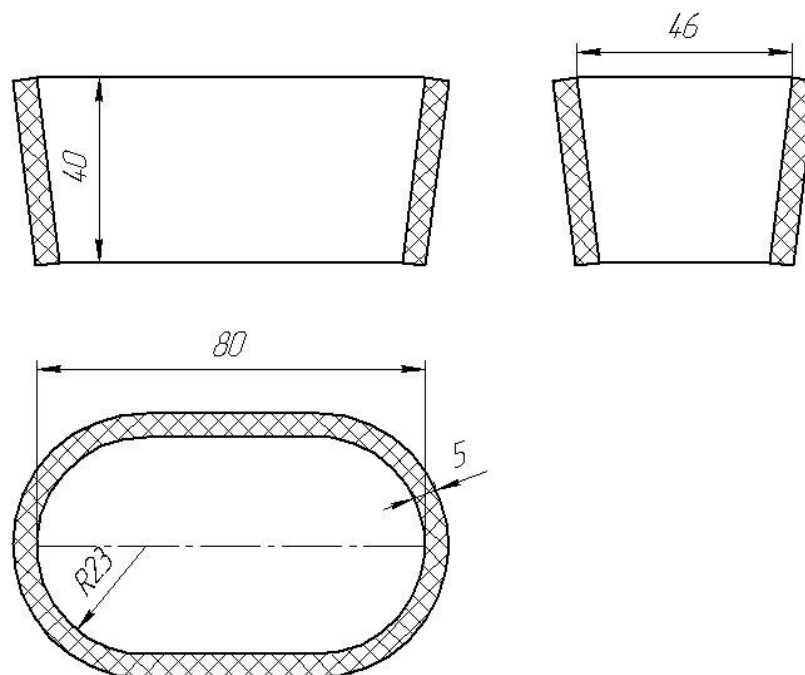


Рисунок 2.4 – Схема з розмірами підживлювача

2.3.5. Розрахунок ливникової системи

Розміри елементів ливникової системи для відливків із алюмінієвих сплавів визначають виходячи із положень:

- значення критерію Рейнольдса Re для різних елементів ливникової системи не повинно перевищувати мінімальне попадання окислів та неметалічних включень в форму внаслідок порушення щільності;
- швидкість руху розплаву у формі повинна забезпечувати її заповнення без утворення у відливку недоливів та спаїв.

Для отримання якісних відливоків із алюмінієвих сплавів швидкість руху розплаву повинна знижуватись від перерізу стояка до живильника. Тому для даного відливка застосовуємо розширюючу ливникову систему зі співвідношенням:

$$F_{\text{ст.}} : F_{\text{ж.}} = 1 : 1,1 \quad (2.4)$$

де $F_{\text{ст.}}$, $F_{\text{ж.}}$ – площі поперечного перерізу стояка, та живильника відповідно.

Для визначення середнього значення мінімальної швидкості підйому металу у формі u_0 використовують різні теоретичні та експериментальні залежності.

Досить точною є залежність:

$$u_p = (1,3 \dots 1,5) l_{\text{відл}}, \quad (2.5)$$

де u_p – початкова швидкість підйому розплаву у формі, см/с

$l_{\text{відл}}$ – характерна товщина стінки відливка, см.

При литті мілких та середніх відливоків у кокіль площа поперечного перерізу стояка визначається за формулою:

$$F_{\text{ст}} = \frac{(1,3 \dots 1,5)G}{\rho H_{\text{відл}} l_{\text{відл}} u_p}, \quad (2.6)$$

де G – маса відливка з підживлювачем, г, $G=1203$ г;

ρ – густина розплаву, г/см³, $\rho=2,75$ г/см³;

$H_{\text{відл}}$ – висота відливка, см, $H_{\text{відл}}=12$ см;

$l_{\text{відл}}$ – характерна товщина стінки відливка, см, $l_{\text{відл}}=2,0$ см;

u_p – швидкість руху розплаву, см/с.

Швидкість руху розплаву визначається за формулою:

					ДП-131.22.05.02.00.00 ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$u_p = \mu \sqrt{2gH_p}, \quad (2.7)$$

де μ – коефіцієнт витрати, $\mu = 0,65 \dots 0,75$;

H_p – статичний напір. Для обраного підводу металу у форму $H_p = H$ (рис. 2.3),

$$u_p = 0,7 \cdot \sqrt{2 \cdot 981 \cdot 16} = 22 \text{ см/с}$$

$$F_{\text{ст}} = \frac{(1,3 \dots 1,5) \cdot 1203}{2,75 \cdot 12 \cdot 2,0 \cdot 22} = 1,07 \dots 1,24 \text{ см}^2$$

Приймаємо $F_{\text{ст}} = 1,12 \text{ см}^2$, тоді $F_{\text{ж}} = 1,20 \text{ см}^2$ (в нашому випадку ливникова система складається зі стояка та живильника).

Стояк приймаємо овального перерізу, розмірами 10x12 мм з заокругленнями радіусом 3 мм.

Живильник приймаємо прямокутний ширина – 20 мм, висотою – 6 мм.

Перерізи елементів ливникової системи показано на рис. 2.5.

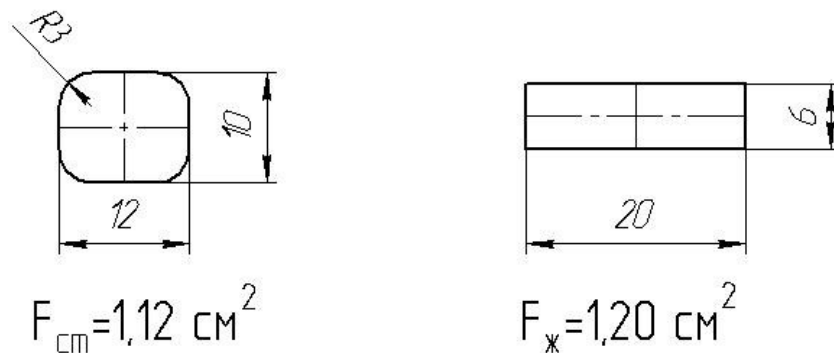


Рисунок 2.5 – Перерізи елементів ливникової системи

2.4. Технологічний процес виготовлення відливка

Технологічний процес виготовлення відливка в кокіль включає в себе такі операції: збирання кокілю, підготовка кокілю до роботи, заливка кокілю, охолодження відливка, видалення відливка, очистка і контроль якості відливка.

1. Відливочний корпус шестеренчастого насоса НШ10УК-3-02 виготовляється литтям в кокіль, який монтується на кокільний верстат 59К613, технічна характеристика якого приведена в розділі 1, кокіль монтується на штоки бокових гідроциліндрів та на направляючі. Також вмонтовані стержні. Напівформа та кокіль в зборі показані на рис. 2.6, 2.7 відповідно [ДП-131.22.05.02.02.00, ДП-131.22.05.02.03.00, ДП-131.22.05.02.04.00].

2. Після збирання кокілю проводиться його розігрів до температури 150...200 °С за допомогою пальника.

3. На розігрітий кокіль пульверизатором наноситься фарба Gillolin AL223 G. Це протипригарна теплоізолююча фарба у вигляді порошку. Матеріал виготовлення фарби – оксидна кераміка і графіт. Для нанесення фарби на кокіль необхідно розвести її водою в пропорції 1:5. Фарбу наносити в два етапи з просушуванням після нанесення першого шару на протязі 2...3 хв. Рекомендований шар фарби – 0,2 мм. В процесі роботи в разі потреби проводити повторне фарбування.

4. Після просушування кокілю, за допомогою гідроприводу машини, кокіль закривається і встановлюються в необхідне положення стержні. Можна проводити заливку металу,

5. Метал – алюмінієвий сплав АК5МЗ. Температура заливки сплаву 720...740 °С. Сплав заливається в форму ковшем ємністю 8 кг.

6. Після охолодження, повного затвердіння відливка і досягнення температури витягування (5...7 хв), за допомогою гідроприводу видаляються стержні і кокіль розкривається.

					ДП-131.22.05.02.00.00 ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7. Відливок знімають з кокілю захопивши кліщами за підживлювач і скидають у бак з водою, для проведення закалювання відливка та забезпечення його необхідними механічними властивостями. Після заповнення тари вона транспортується цеховим транспортом на очисну дільницю.

8. На очисній дільниці відливки цеховим транспортом подаються на робоче місце біля стрікопильного верстата для відділення підживлювачів. Залишок від підживлювача допускається висотою до 5 мм.

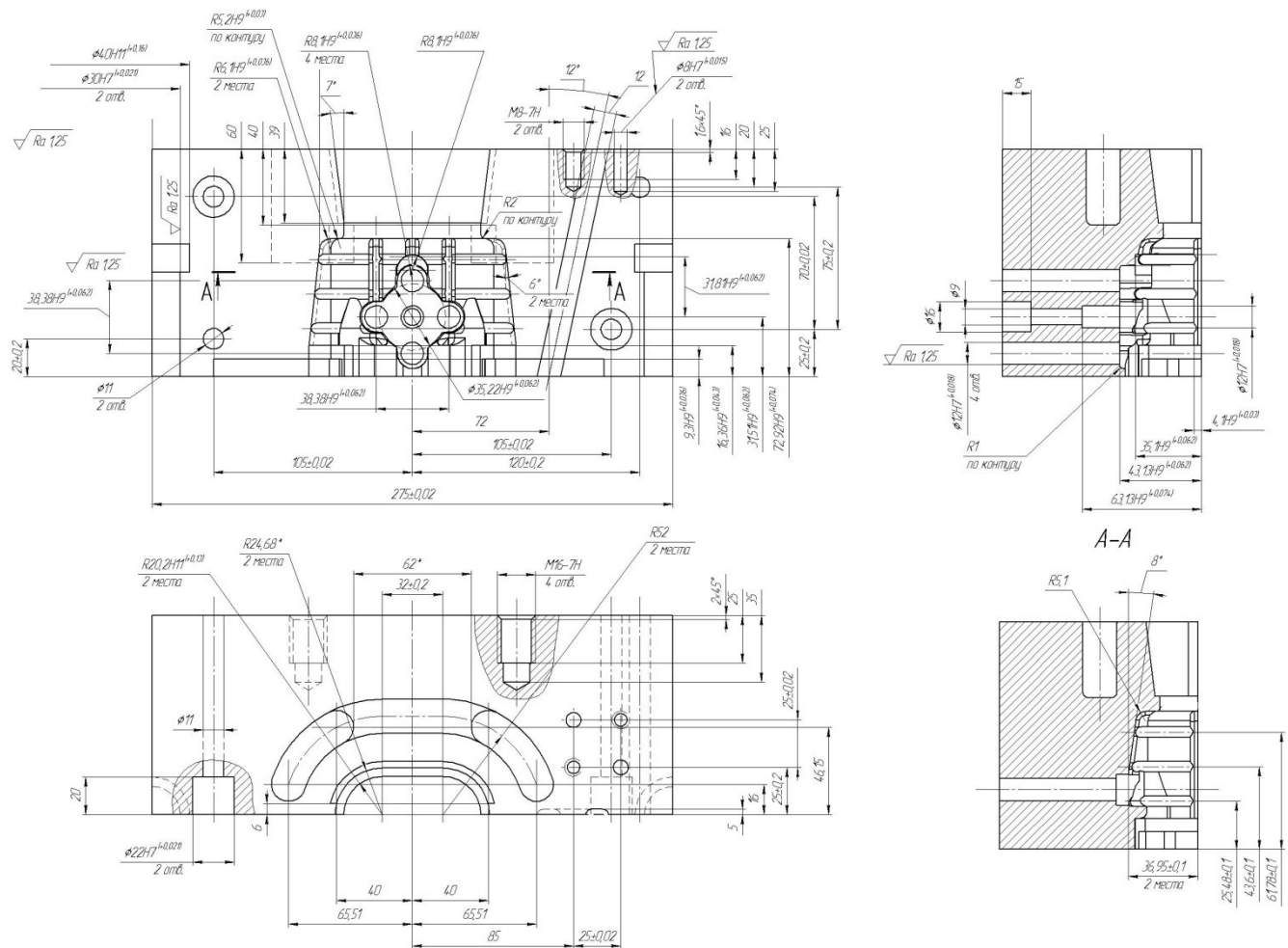


Рисунок 2.6 – Напівформа кокіля

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП-131.22.05.02.00.00 ПЗ

Арк.

69

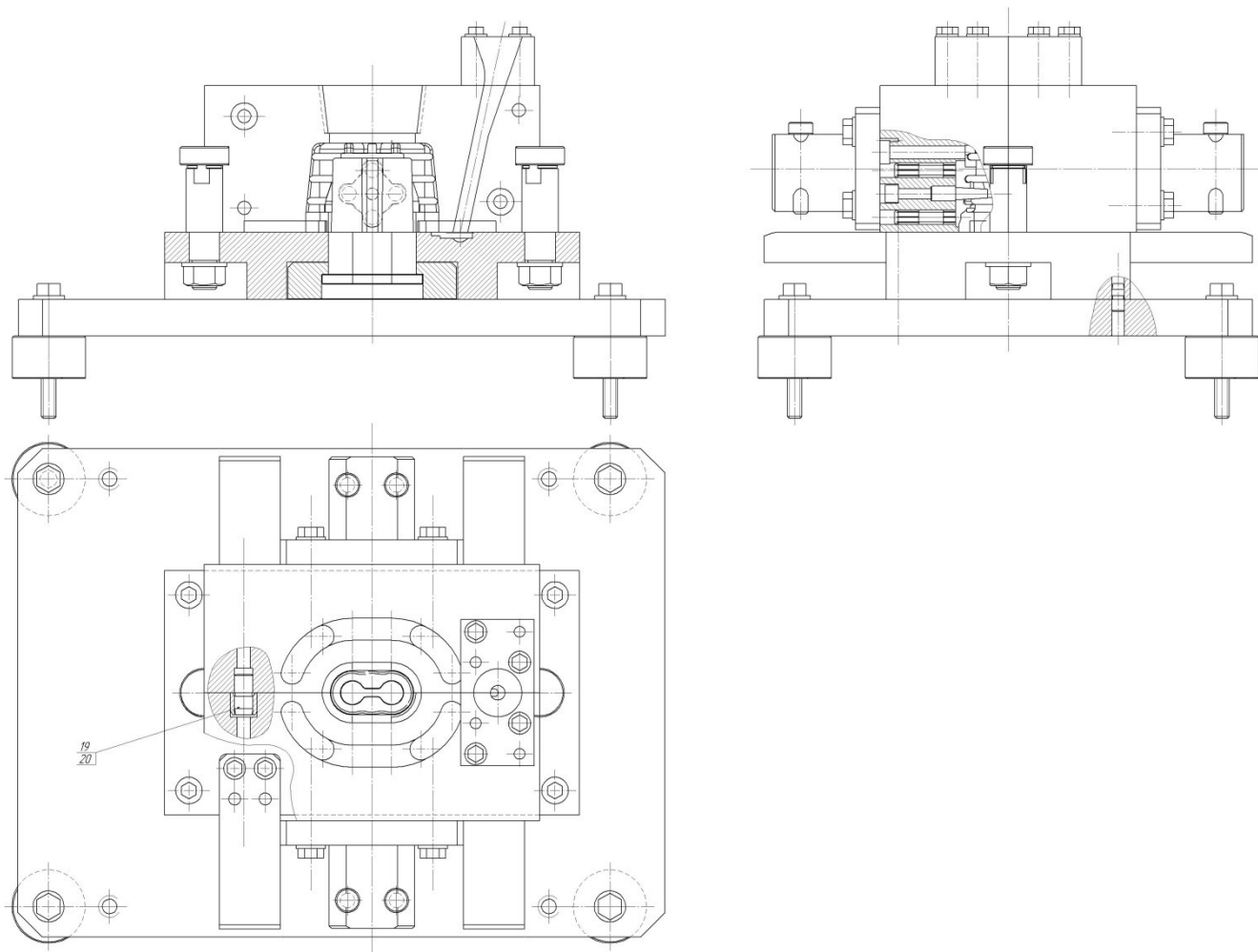


Рисунок 2.7 – Кокіль в зборі

9. Після очистки відливки подаються цеховим транспортом на естакаду очисної ділянки для пред'явлення ВМТК. Контроль відливоків вибірковий. Контролюються такі параметри:

- твердість заміряється в частині підживлювача по центру відливка на приладі ТШ-2 при діаметрі кульки 10 мм навантажені 1000 кгс та витримці 30 с;
- візуальний огляд відливоків для виявлення видимих дефектів (допускаються різні дефекти на поверхнях, що обробляються, але не більше 2/3 припуску на механічну обробку);
- заміряються базові розміри;

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП-131.22.05.02.00.00 ПЗ

Арк.

70

10. Відливки перевіряються на герметичність на спеціальних випробувальних гідравлічних стендах.

2.5. Опис процесу проектування ливарної оснастки

Кокіль для виготовлення відливків корпус шестеренчастого насосу НШ10УК-3-02 виготовляється прокатної сталі 45 ГОСТ 1050. Після відрізання необхідної заготовки проводиться механічна обробка формоутворюючих поверхонь кокілю.

Стержні мають округлу форму виготовляються шляхом механічної обробки круглої заготовки. Поверхні, що контактують з рідким металом піддаються поліруванню. Матеріал стержнів сталь 45 ГОСТ 1050.

Бокові стержні виготовляються шляхом механічної обробки сталевих прутків. Контактуючі поверхні з рідким металом піддаються поліруванню. Матеріал стержнів сталь 45 ГОСТ 1050.

Поверхні, що контактують з рідким металом піддаються поліруванню. Матеріал стержнів сталь 45 ГОСТ 1050.

Всі стержні піддаються термообробці – азотування, товщиною $h=0,05$ мм (HRC 30...35).

					ДП-131.22.05.02.00.00 ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. НАУКОВА ЧАСТИНА

ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ДІЛЬНИЦЬ ЛИВАРНОГО ЦЕХУ НА ОСНОВІ СИНХРОНІЗАЦІЇ ПЛАВИЛЬНОГО ТА ЗАЛИВНОГО ОБЛАДНАННЯ

3.1. Методи підвищення продуктивності дільниць ливарного цеху

На сьогоднішній день, розвиток будь-якого виробництва, в тому числі і ливарного виробництва обумовлений необхідністю підвищення якості литва при зменшені трудових, матеріальних та енергетичних витрат. Застосовуються складні автоматизовані, роботизовані, та комп'ютеризовані ливарні комплекси, нові сучасні матеріали, енергоощадні технології, реалізуються нові сучасні технології лиття.

Підвищення ефективності роботи різноманітних відділень ливарного цеху є однією із актуальних наукових та практичних задач ливарного виробництва, оскільки їх функціонування визначає продуктивність цеху та рівень якості литва при мінімальних витратах матеріалів та електроенергії. Рішення цієї проблеми досягається шляхом застосування на різних ділянках ливарного виробництва сучасного високопродуктивного та надійного обладнання, а також шляхом контролю якості вихідних матеріалів та підтримки у заданих межах параметрів технологічних процесів на всіх етапах ливарного виробництва [32].

Проте, як показує аналіз виробничих даних, існують значні простоювання обладнання внаслідок відсутності синхронізації роботи взаємопов'язаного обладнання. Так, наприклад, якщо дільниця лиття в кокіль готова до роботи, але на плавильній дільниці ще не розплавився метал, то кокільні верстати будуть простоювати до тих пір, поки дільниця не буде забезпечена рідким металом. Іноді

					ДП-131.22.05.03.00.00 ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Баркар А.А.			Наукова частина				
Перевір.		Конончук С.В.							
Реценз.									
Н. Контр.		Конончук С.В.							
Затверд.		Кузик О.В.							
					Лім.	Арк.	Акрушів		
						72			
					ЦНТУ, зр. 01-21М				

такі простой можуть сягати 40... 50 %, що в кінцевому рахунку призводить до суттєвого збільшення собівартості литва та фінансових втрат підприємства.

При проектуванні ливарних цехів технічні рішення технологічні процеси та організаційні питання на характеристиках обладнання, нормативних даних, типових операціях та переходах. Однак, вибір варіантів обладнання і структури ливарного цеху на основі характеристик окремих агрегатів без аналізу особливостей їх взаємодії та врахування окремих факторів на динаміку їх функціонування може привести до суттєвих розбіжностей між паспортними та дійсними параметрами роботи обладнання. Тому питання синхронізації роботи як окремого обладнання так і діляниць ливарного цеху є актуальними.

Ливарний цех являє собою складну технічну систему функціонування якої залежить від великої кількості підсистем, об'єктів, елементів, параметрів. Велика вимірність таких систем створює значні труднощі при розробці інженерних методик кількісного аналізу та прогнозування таких систем. З іншого боку, розвиток комп'ютерних технологій дозволяє вирішувати практичні задачі оптимізації та прогнозування ливарного виробництва на більш складному рівні. Це дозволяє підвищити продуктивність ливарних цехів на 10...15 % в дрібносерійному виробництві і на 10...25 % у крупносерійному та масовому виробництві, зменшити брак виливків, зменшити матеріалоємність та енерговитрати [32].

Ефективність роботи всього ливарного цеху визначається ступенем синхронізації та стабільністю роботи його основних відділень. Переважна частина (30...60 %) простоювань ливарного обладнання (діляниця лиття в кокіль, діляниця лиття під тиском) відбувається через незлагодженість роботи суміжних відділень [32]. Зокрема, простоювання ливарного обладнання найчастіше відбувається через незадовільну роботу плавильного відділення.

В плавильному відділенні відбувається підготовка шихтових матеріалів, їх зважування, транспортування до плавильних печей; завалка шихтових матеріалів та довантаження в процесі плавки; плавка металу; рафінування металу; підготовка барабанних ковшів; транспортування рідкого металу від плавильної

					ДП-131.22.05.03.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

дільниці до дільниць заливки; переливання металу з барабанних ковшів в роздаточні печі. Робота плавильного відділення направлена на повне забезпечення рідким металом дільниць заливки. В залежності від виду сплаву та потреби в рідкому металі використовують різні види плавильних агрегатів. Розміри печей, їх конструкція, особливості монтажу та споживання енергоресурсів, методи обслуговування та експлуатації печей можуть суттєво відрізнятися. Відповідно, всі ці фактори необхідно враховувати при проектуванні та організації роботи відділень ливарного цеху. На рис. 3.1 представлена схема взаємодії дільниці лиття в кокіль з іншими відділеннями ливарного цеху.

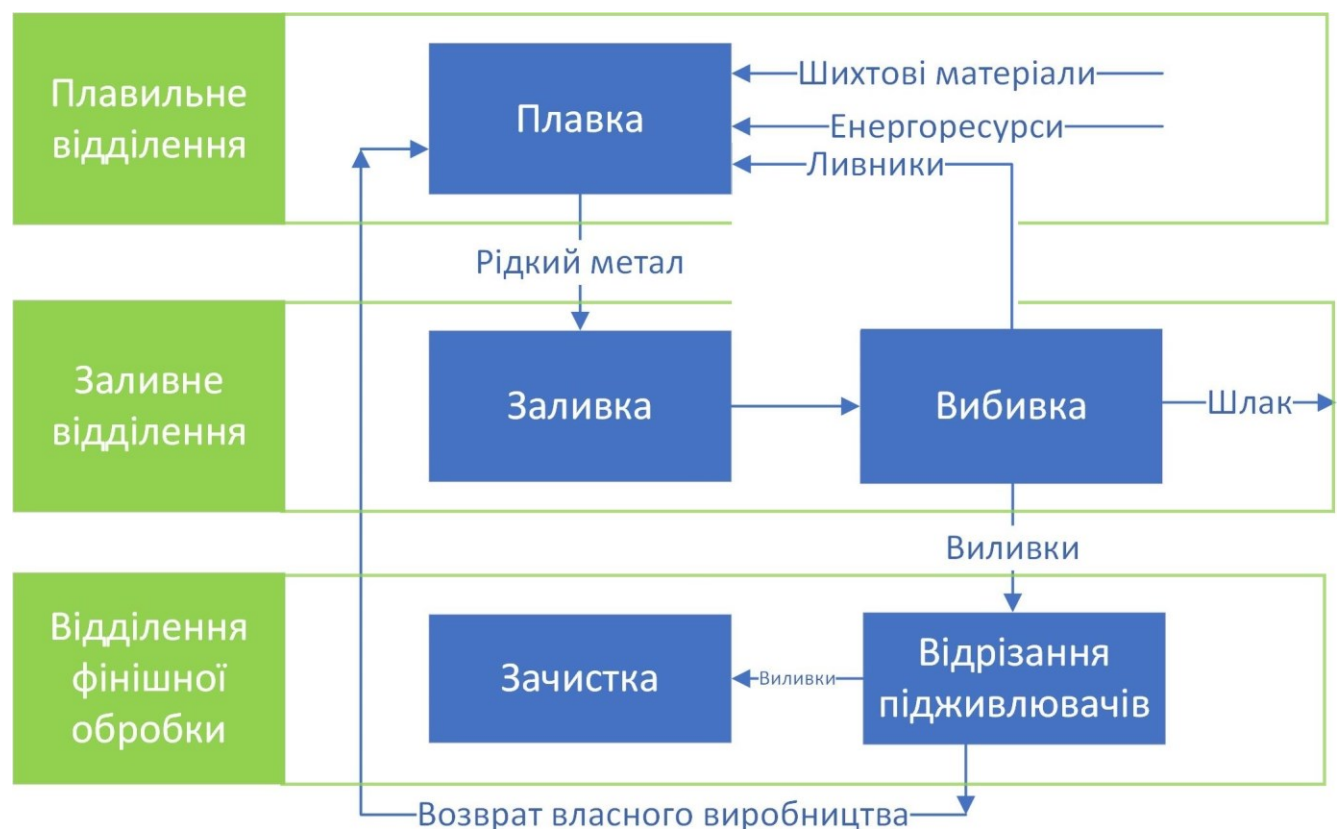


Рисунок 3.1 – Схема взаємодії Заливного відділення з іншими відділеннями ливарного цеху

Важливу роль в роботі плавильного відділення відіграє система транспортування рідкого металу від печей до ливарних машин, наявність транспортного обладнання та траєкторії їх руху. Рациональна організація роботи плавильного відділення, оптимальний вибір плавильних печей, сучасний та раціональний технологічний процес плавки є головними критеріями, що

забезпечують отримання якісних виливків при мінімальних енергетичних та матеріальних витратах.

Трудомісткість процесів, що здійснюються в кожному з цих відділень, розподіляється в наступних співвідношеннях: на заливне обладнання (кокільні верстати та ливарні комплекси лиття під високим тиском) припадає приблизно 50-60% всієї трудоемності виготовлення виливків; на плавильне біля 10%; на відділення фінішних операцій (обрубні преси, стрічкопильні верстати, обдирно шліфувальні верстати) – 30-40% [32].

Отже, основними особливостями організації виробництва, у ливарному цеху є: складність організації виробничого процесу; часто велика номенклатура виливків; односпрямованість та безперервність виробничого процесу виготовлення виливків; суттєві відмінності у технології виконання різних ливарних операцій; незмінність числа та послідовність виконання стадій для всіх виливків незалежно від їх форми та маси; значні коливання металоємності форм; неможливість створення компенсуючих заділів рідкого металу; визначальний вплив стадії заливки форм, з урахуванням якої планують роботу всього ливарного цеху; різноманітність і велика кількість матеріалів, що споживаються, а також великий їх вантажообіг [32].

Складність організації виробничого процесу у ливарному цеху визначається великою кількістю взаємопов'язаних та розділених у виробництві та в часі технологічних стадій виготовлення фасонних виливків. Одні із стадій виконуються лише послідовно, інші – паралельно, що зумовлює необхідність синхронізації роботи виробничих відділень ливарного цеху. При цьому необхідно забезпечити узгодження виконання окремих операцій у часі при різноманітності номенклатури виливків, матеріалів і обладнання, що використовуються. Це свою чергу вимагає «жорсткої» синхронізації роботи основних відділень ливарного цеху за умови забезпечення рівномірного їх завантаження.

Організація узгодженої та надійної роботи підрозділів ливарного цеху є одним із завдань у галузі ливарного виробництва.

					ДП-131.22.05.03.00.00 ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2. Аналіз послідовності операцій та переходів технологічного процесу лиття в кокіль

Таким чином, ливарний цех як об'єкт дослідження має такі особливості.

1. Ливарний цех є складною технічною системою, ефективно функціонування якої визначається ступенем синхронізації роботи її виробничих і технологічних підсистем, а також їх надійністю.

2. З розвитком автоматизації і роботизації ливарного цеху роль його підсистем у виробничому процесі безперервно зростає, а структура ускладнюється. Кожна з підсистем сучасного ливарного цеху представляє складні технічні комплекси, що складаються з великої кількості агрегатів технологічного та транспортного характеру. У той же час ливарний цех має велику кількість змінних структурного та параметричного характеру, впливаючи на які, можна в широких межах керувати ефективністю його роботи.

3. Головна тенденція розвитку ливарного виробництва в останні роки полягає в створенні складних автоматизованих комплексів, у ливарному виробництві, які реалізують сучасні технології лиття, новітні матеріали, енергоощадні технології, комп'ютеризацію та роботизацію.

4. Характерними особливостями ливарного цеху є велика складність, різноманітність та багатовимірність, а також високий ступінь взаємопов'язаності та параметричної взаємодії функціональних підсистем, вузлів та агрегатів технологічного обладнання.

5. Взаємозв'язок між кількістю та якістю виливків, металу є основою для інженерного управління цими параметрами, і вона має чітко виражений ймовірнісний характер. До випадкових необхідно віднести, насамперед, фактори, пов'язані з відмовами обладнання, коливаннями властивостей вихідних матеріалів та похибками їх дозування.

6. Зважаючи на те, що сучасний ливарний цех має великий ступінь механізації та автоматизації, однією з важливих є проблема підвищення

					ДП-131.22.05.03.00.00 ПЗ	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

надійності його роботи. Підвищення надійності підсистем ливарного цеху дозволить знизити простої обладнання та брак виливків.

Робоче місце на дільниці лиття в кокіль обладнане однопозиційними кокільними верстатами моделі 82А403 (поз. 1) та двома плавильно-роздаточними печами моделі НО-136 (поз. 2) з ємністю тигля 220 кг по алюмінію (рис.3.2). Т

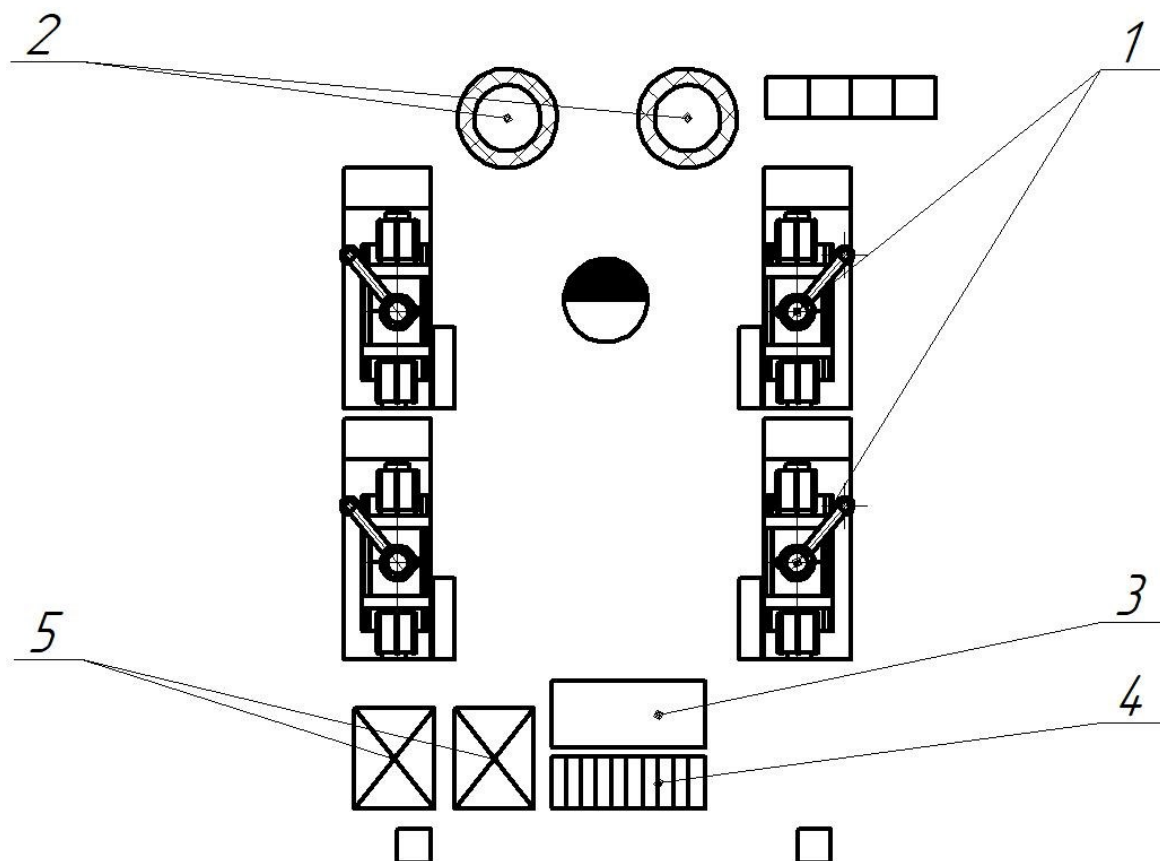


Рисунок 3.2 – Схема робочого місця на дільниці лиття в кокіль

Також робоче місце обладнане столом для обрубки виливків 3, баком для часткового загартування виливків 4, коробами для виливків та ливників (див. рис.3.2).

Робітник забезпечений ливарним інструментом: ливарний ківш, шлакощіпалка, занурний рафінуючий дзвоник, мішалка, шабер для очистки кокілів, пульверизатор для нанесення вогнетривкої фарби, газовий пальник для сушки і нагрівання кокілю, молоток для відбивання ливників, кліщі для знімання виливка з кокіля під час вибивки. Також робітник забезпечений спецодягом та засобами індивідуального захисту.

Типовим технологічним процесом лиття в кокіль алюмінієвих сплавів на Кропивницькому ПАТ «Гідросила» передбачене виконання наступних операцій і переходів:

1. Підготовка плавильного інструменту:

- 1.1. Очистити плавильний інструмент від залишків металу і шлаку шабером – 15 хв.
- 1.2. Нанести вогнетривке покриття на інструмент – 2 хв.
- 1.3. Просушити інструмент, поклавши його біля печі (дотримуватись техніки безпеки не допускаючи потрапляння вологи у піч) – 10 хв.

2. Підготовка кокіля до роботи:

- 2.1. Очистити кокіль від залишків металу та старого покриття шабером – 15 хв.
- 2.2. Нанести вогнетривке покриття на внутрішню поверхню кокіля пульверизатором – 2 хв.
- 2.3. Просушити кокіль газовим пальником – 15 хв.

3. Рафінування розплаву

- 3.1. Замішати в об'єм розплаву рафінуючий препарат занурним дзвоником – 5 хв.
- 3.2. Витримати метал для спливання газів і включень -15 хв.
- 3.3. Зняти з поверхні металу шлак шлакощипалкою у виливницю – 3 хв.

4. Заливка:

- 4.1. Набрати метал в ківш з роздаточної печі здвинувши попередньо оксидну плівку з поверхні металу дном ковша. Залити метал у форму – 1 хв.
- 4.2. Витримати метал у формі до повного затвердіння – 15 хв.

5. Вибивка:

- 5.1. Зняти виливок з форми кліщами, поставити на стіл та відбити ливник молотком. Виливок поставити в тару для виливків, ливник скинути в тару для ливників – 3 хв.

					ДП-131.22.05.03.00.00 ПЗ	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6. Повторення операцій 4 і 5 до тих пір, поки в роздаточній печі не закінчиться метал.

Перед закінченням металу в першій роздаточній печі робітник повинен заздалегідь виконати операцію «Рафінування» в другій роздаточній печі так, щоб коли закінчиться метал в першій печі можна було приступити відразу до розливання металу з другої печі.

Штучний час виготовлення вилівка Корпус НШ 100 за цією технологією багатостадійного обслуговування становить на підприємстві 18 хв.

Якщо проаналізувати описані переходи то можна виявити час, в якому робітник не задіяний безпосередньо і може виконувати іншу роботу. Наприклад, в першій операції «Підготовка плавильного інструменту» робітник не виконує третій перехід «Просушити інструмент, поклавши його біля печі», адже інструмент просушується сам. Аналогічно, в інших операціях є переходи в яких робітник не задіяний, а саме: в першій операції це перехід 3, в другій – 3, в третій – 2 і в четвертій операції – другий перехід.

3.3. Оптимізація роботи ділянки лиття в кокіль

Як зазначалося раніше, ділянка лиття в кокіль є найбільш трудомістким процесом. Враховуючи дану обставину, для забезпечення максимальної продуктивності ливарного цеху необхідно встановити таку послідовність операцій і переходів на ділянці лиття в кокіль, щоб забезпечити максимальну продуктивність робочого місця. При цьому необхідно враховувати взаємопов'язані операції і переходи. Наприклад, не можна проводити операцію «Рафінування», не виконавши попередню операцію «Підготовки плавильного інструменту», або виконувати операцію «Заливка», не виконавши попередню операцію «Рафінування», і так далі.

Для більш точного виявлення резервів часу при виконанні операцій і переходів побудуємо циклограму в середовищі Microsoft Project (див. додаток).

					ДП-131.22.05.03.00.00 ПЗ	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Згідно з побудованою циклограмою (див. додаток) роботи робочого місця для виготовлення виливка Корпус НШ100 кількість циклів операцій «Заливка» і «Вибивка» становить 14 циклів за зміну. Оскільки на робочому місці встановлено чотири кокільних верстата, то кількість виливків, яку виготовляє робоче місце за зміну становить:

$$N_{6.3M} = C \cdot 4 = 14 \cdot 4 = 64 \text{ вил}, \quad (3.1)$$

де $C = 14$ – кількість циклів за зміну.

Основний час на виготовлення одного відливка становить:

$$T_o = \frac{T_{3M}}{N_{6.3M}} = \frac{480}{64} = 7,5 \text{ хв}, \quad (3.2)$$

де $T_{3M} = 480$ – кількість хвилин у зміні, хв.

Штучний час виготовлення одного виливка з урахуванням коефіцієнтів організаційно-технічного обслуговування та нерівномірності роботи обладнання становить:

$$T_{um} = T_o \cdot K_{o.m.o} \cdot K_{n.p} = 7,5 \cdot 1,25 \cdot 1,15 = 10,8 \text{ хв}, \quad (3.3)$$

де $K_{o.m.o} = 1,25$ – коефіцієнт, що враховує витрати часу на організаційно-технічне обслуговування обладнання;

$K_{n.p} = 1,15$ – коефіцієнт, що враховує нерівномірність роботи обладнання.

Таким чином, продуктивність робочого місця при оптимальній послідовності операцій та переходів у $18 / 10,8 = 1,67$ рази вища у порівнянні з технологією, що застосовується на підприємстві.

Що стосується плавильного відділення, то його роботу необхідно організувати таким чином, щоб згідно з циклограмою (див. додаток) здійснювати заливку другої роздаточної печі не пізніше, ніж 23 хвилини до закінчення металу

					ДП-131.22.05.03.00.00 ПЗ	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

в першій печі (час, необхідний для виконання операції «Рафінування» на другій печі). Період заливки наступної печі рідким металом можна визначити за швидкістю розливки. Ця швидкість залежить від металоємності форми.

Згідно із виробничою програмою ливарного цеху (табл. 1.1) металоємність форми для вилівка Корпус НШ100 складає:

$$M_{\phi} = M_{\epsilon} + M_{\lambda} = 7,8 + 3,12 = 10,92 \text{ кг}, \quad (3.4)$$

де M_{ϵ} , M_{λ} , відповідно, маса вилівка і ливників, кг.

Тоді маса металу, що заливається за один цикл:

$$M_{\psi} = M_{\phi} \cdot 4 = 10,92 \cdot 4 = 43,68 \text{ кг}. \quad (3.5)$$

Кількість циклів, яку можна здійснити з однієї роздаточної печі НО-136 ємністю 220 кг по алюмінію для вилівка Корпус НШ100 становить:

$$C_n = \frac{G_n}{M_{\psi}} = \frac{220}{43,68} = 5 \text{ циклів}, \quad (3.6)$$

де $G_n = 220$ – ємність роздаточної печі НО-136, кг.

Оскільки один цикл виконання операцій «Заливка» і «Вибивка» згідно з циклограмою становить 28 хв, то заливку наступної роздаточної печі з плавильного відділення необхідно здійснювати відразу після завершення четвертого циклу для першої печі і дев'ятого циклу для другої печі.

Таким чином на основі огляду методів підвищення продуктивності дільниць ливарного цеху обґрунтовано необхідність синхронізації плавильного та заливного обладнання. На основі аналізу роботи плавильного і заливного обладнання встановлено оптимальну послідовність операцій та переходів для мінімізації простоїв обладнання. Побудовано циклограми синхронної роботи плавильної дільниці та дільниці лиття. Розроблено рекомендації щодо підвищення продуктивності процесу лиття, які дозволили підвищити продуктивність робочого місця для лиття вилівка Корпус НШ100 у 1,67 рази.

					ДП-131.22.05.03.00.00 ПЗ	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. ЕНЕРГЕТИЧНА ЧАСТИНА

4.1. Річна потреба в електроенергії

Визначаємо потребу цеху в технологічній силовій та освітлювальній електроенергії по типовим нормам витрат на 1 т придатного литва.

Загальні витрати електроенергії по цеху складають:

$$W = W_T + W_e + W_o, \quad (4.1)$$

Де

W_T – річна витрата електроенергії на технологічні потреби, кВт·рік;

W_e – річна потреба в електроенергії на електропривод силових установок, кВт·рік;

W_o – річна потреба в освітлювальній електроенергії 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 1 т придатного литва за формулою:

$$W_e = P_e \cdot Q_{\Pi} \cdot K_w, \quad (4.2)$$

де P_e – питома витрата силової електроенергії на 1 т придатного литва, кВт·рік;

Q_{Π} – випуск придатних відливок, т/рік

$K_w = 1,05$ – коефіцієнт, який враховує витрати електроенергії.

$$W_e = 250 \cdot 3600 \cdot 1,05 = 945000 \text{ кВт·рік}$$

					ДП-131.22.05.04.00.00 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Енергетична частина</i>		
Розроб.	Баркар А.А.						
Перевір.	Конончук С.В.						
Реценз.							
Н. Контр.							
Затверд.	Кузик О.В.				ЦНТУ, 01-21М-14		

Річну витрату електроенергії на технологічні потреби визначаємо за формулою:

$$W_T = P_T \cdot Q_{\Pi} \cdot K_w, \quad (4.3)$$

де P_T – питома витрата технологічної електроенергії на 1 т придатного литва, кВт·рік;

$$W_T = 420 \cdot 3600 \cdot 1,05 = 1587600 \text{ кВт·рік}$$

Річна потреба в освітлювальній електроенергії визначається за формулою:

$$W_o = 0,001 \cdot \rho \cdot F \cdot \Phi_d, \quad (4.4)$$

де ρ – середні витрати за 1 годину на 1 м² площі (для виробничих відділень ливарного цеху, $\rho = 18$ Вт);

F – освітлювальна площа, м²;

Φ_d – річне число годин освітлювального навантаження.

$$W_o = 0,001 \cdot 18 \cdot 4536 \cdot 3988 = 325616 \text{ кВт·рік}$$

Загальні витрати електроенергії:

$$W = 945000 + 1587600 + 325616 = 2858216 \text{ кВт·рік}$$

					ДП-131.22.05.04.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2. Річна потреба у воді

Вода ливарному цеху витрачається на охолодження прес-форм, господарчі потреби, побутові і санітарно-гігієнічні потреби.

Витрата води на технічні потреби розраховується за формулою:

$$P_T = P_{\Pi} \cdot Q_{\Pi}, \quad (4.5)$$

де P_{Π} – питомі витрати технологічної води на 1 т придатного литва, $\text{м}^3/\text{т}$.

$$P_T = 35 \cdot 3600 = 126000 \text{ м}^3$$

Витрати води на побутові потреби, господарсько-питні:

$$P_{\text{пг}} = \frac{45 \cdot N \cdot n}{1000}, \quad (4.6)$$

де 45 л – витрата води на чоловіка у зміну;

N – кількість працюючих у зміну;

n – кількість змін у році.

$$P_{\text{пг}} = \frac{45 \cdot 70 \cdot 657}{1000} = 2069 \text{ м}^3$$

Річну потребу в воді визначаємо:

$$P_T = 126000 + 2069 = 128069 \text{ м}^3$$

					ДП-131.22.05.04.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.3. Річна потреба в стисненому повітрі

Розрахунок ведемо на 1 т придатного литва за формулою:

$$Q_{\text{ст}} = P_{\text{ст}} \cdot Q_{\text{п}},$$

де $P_{\text{ст}}$ – витрата стисеного повітря на 1 т придатного литва, $P_{\text{ст}} = 750 \dots 800 \text{ м}^3/\text{т}$.

$$Q_{\text{ст}} = 750 \cdot 3600 = 2700000 \text{ м}^3$$

4.4. Річна потреба у природному газі

Розрахунок ведемо на 1 т придатного литва за формулою:

$$Q_{\text{г}} = P_{\text{г}} \cdot Q_{\text{п}},$$

де $P_{\text{г}}$ – витрата природного газу на 1 т придатного литва, $P_{\text{г}} = 200 \dots 300 \text{ м}^3/\text{т}$.

$$Q_{\text{ст}} = 250 \cdot 3600 = 900000 \text{ м}^3$$

					ДП-131.22.05.04.00.00 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. Капітальні вкладення

Капітальні вкладення при проектуванні ливарного цеха визначаються методом прямого розрахунку окремих елементів по балансовій вартості:

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

де K_{uc} – капіталовкладення в устаткування;

$K_{буд}$ – капітальні вкладення в будівлі та споруди;

K_y – капіталовкладення в устаткування та споруди;

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

$K_{инв}$ – капіталовкладення в інвентар;

$K_{пр}$ – капіталовкладення в проектування цеху.

$$K = 99977220 + 21168000 + 2751840 + 3332574 + 952164 + 272503 = 128454301 \text{ грн.}$$

Капіталовкладення в устаткування визначаються за формулою:

$$K_{uc} = K_{ут} + K_{уе} + K_{пту} + K_{км}, \quad (5.2)$$

					ДП-131.21.05.05.00.00 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА</i>		
Розроб.	Баркар А.А.						
Перевір.	Сисоліна Н. П.						
Реценз.							
Н. Контр.	Конончук С.В.						
Затверд.	Кузик О.В.				ЦНТУ, 01-21М		

де $K_{\text{ут}}$ – капіталовкладення в технологічне устаткування;

$K_{\text{уе}}$ – капіталовкладення в енергетичне устаткування;

$K_{\text{пту}}$ – капіталовкладення в підйомно-транспортне устаткування;

$K_{\text{км}}$ – капіталовкладення у засоби комплексної механізації.

$$K_{\text{ус}} = 47608200 + 4760820 + 33325740 + 14282460 = 99977220 \text{ грн.}$$

Капіталовкладення у технологічне устаткування визначаємо за формулою:

$$K_{\text{ут}} = \sum_{i=1}^n \text{Ц} \cdot (1 + \alpha_{\text{т}} + \alpha_{\text{с}} + \alpha_{\text{м}}) \cdot z \quad (5.3)$$

де Ц – оптова ціна устаткування з відповідною індексацією на період розрахунків;

$\alpha_{\text{т}}$ – коефіцієнт транспортно-заготівельних витрат, наближено приймаємо $\alpha_{\text{т}} = 0,05$;

$\alpha_{\text{с}}$ – коефіцієнт, що враховує витрати на будівельні роботи, приймається в межах $\alpha_{\text{с}} = 0,02\text{--}0,08$;

$\alpha_{\text{м}}$ – коефіцієнт, що враховує витрати на монтаж та освоєння устаткування, приймається в межах $\alpha_{\text{м}} = 0,1\text{--}0,15$;

z – кількість типорозмірів обладнання.

Для прикладу приводимо розрахунок витрат на технологічне устаткування – Індукційна тигельна піч.

$$K_{\text{ут}} = 500000 \cdot (1 + 0,05 + 0,04 + 0,15) \cdot 4 = 2480000 \text{ грн.}$$

Решту розрахунків проводимо аналогічно і заносимо до табл. 5.1.

					ДП-131.22.05.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.1

Відомість капітальних вкладень в технологічне устаткування

Найменування устаткування	Модель	Кількість	Оптова ціна одиниці устаткування, грн.	Величина коефіцієнтів			Балансова вартість, грн.	Всього вартість з врахуванням K_{Π} , грн.
				α_T	α_C	α_M		
Індукційна тигельна піч	IAT 2,5/1,15	4	500000	0,05	0,04	0,15	620000	2480000
Карусельна кокільна машина	59K613	7	2500000	0,05	0,08	0,1	3075000	21525000
Автоматизований комплекс лиття під тиском	IP 550 SC	4	4500000	0,05	0,08	0,15	5760000	23040000
Стрічкопильний верстат	JET HVBS-812 R	6	50000	0,05	0,08	0,15	64000	384000
Обдирно-шліфувальний верстат	3M634	5	28000	0,05	0,08	0,15	35840	179200
Всього:	—	—	—	—	—	—	—	47608200

Капіталовкладення в енергетичне устаткування визначають в межах 5–20 % від вартості технологічного устаткування, приймаємо 10 %, в залежності від виду, призначення та складності устаткування.

$$K_{ye} = 47608200 \cdot 0,1 = 4760820 \text{ грн.}$$

Капіталовкладення у підйомно-транспортне устаткування визначають в межах 70–100 % від вартості технологічного устаткування, для цеху алюмінієвого лиття приймаємо 70 %.

$$K_{\Pi TУ} = 47608200 \cdot 0,7 = 33325740 \text{ грн.}$$

					ДП-131.22.05.05.00.00 ПЗ			Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

Капіталовкладення у засоби комплексної механізації та автоматизації визначають в межах 25–40 % від вартості технологічного устаткування, приймаємо 30 %.

$$K_{\text{км}} = 47608200 \cdot 0,3 = 14282460 \text{ грн.}$$

Капіталовкладення у будівлі визначаємо за формулою:

$$K_{\text{буд}} = S_{\text{цех}} \cdot h_{\text{цех}} \cdot \text{Ц}_{\text{буд}}, \quad (5.4)$$

де $S_{\text{цех}}$ – загальна площа цеху, $S_{\text{цех}} = \text{м}^2$;

$h_{\text{цех}}$ – висота приміщень, $h_{\text{цех}} = 7 \text{ м}$;

$\text{Ц}_{\text{буд}}$ – вартість 1 м³ будівель, приймається 1500 грн/м³.

Отже капіталовкладення в будівлі становлять:

$$K_{\text{буд осн.}} = 4032 \cdot 7 \cdot 1500 = 42336000 \text{ грн.}$$

Капіталовкладення в допоміжне будівельне оснащення визначається в межах 12–15 % від вартості будівель, приймаємо 13 %.

$$K_{\text{буд обл.}} = 42336000 \cdot 0,13 = 5053680 \text{ грн.}$$

Всього капітальні вкладення в будівлі та споруди визначається, як сума капіталовкладень в будівлі та будівельне оснащення:

$$K_{\text{буд}} = 42336000 + 5053680 = 47839680 \text{ грн.}$$

					ДП-131.22.05.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Капіталовкладення у ливарне оснащення визначається в межах 7–8% від вартості технологічного устаткування, приймаємо 7 %.

$$K_{\text{осн}} = 47608200 \cdot 0,07 = 3332574 \text{ грн.}$$

Капіталовкладення у виробничий та господарський інвентар визначається в межах 1,5–2 % від вартості технологічного устаткування, приймаємо 2 %.

$$K_{\text{інв}} = 47608200 \cdot 0,02 = 952164 \text{ грн.}$$

Капіталовкладення в проектування ливарного цеха визначається за формулою:

$$K_{\text{пр}} = \left(\sum_{i=1}^n M_i \cdot K_i \cdot O_i \right) \cdot k, \quad (5.5)$$

де M_i – кількість місяців роботи над проектом (5);

K_i – кількість задіяних технологів(3), конструкторів (3);

i – кількість різних професій фахівців;

O_i – посадовий оклад за місяць; $O_i = 7750$ грн (технолог), $O_i = 8285$ грн (конструктор);

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

$$K_{\text{пр}} = (5 \cdot (3 \cdot 7750 + 3 \cdot 8285)) \cdot 1,1 = 272503 \text{ грн.}$$

Результати розрахунків капітальних вкладень ливарного цеха зведено в таблицю 5.2.

					ДП-131.22.05.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.2

Капітальні вкладення ливарного цеху

№	Групи основних фондів	Розмір капітальних вкладень, грн.	Відсоток капітальних вкладень, %
1	Технологічне устаткування	47608200	32,69
2	Енергетичне устаткування	4760820	3,27
3	Підйомно-транспортне устаткування	33325740	22,87
4	Будівлі та споруди	47839680	32,83
5	Ливарна оснастка	3332574	2,27
6	Засоби автоматизації та механізації	14282460	9,75
7	Виробничий та господарський інвентар	952164	0,62
8	Капіталовкладення в проектування ливарного цеху	272503	0,18
Всього:		145672872	100%

5.2. Техніко-економічна частина

5.2.1 Складання штатного розкладу працюючих ливарного цеху.

Загальна чисельність виробничих робітників визначається укрупнено по трудомісткості робіт на 1 т придатного литва за формулою 5.6:

$$R_{\text{спв}}^{\text{зар}} = \frac{Q_{\text{п}} \cdot t_{\text{н}}}{\Phi_{\text{др}} \cdot K_{\text{в}}}, \quad (5.6)$$

де $Q_{\text{п}}$ – маса придатного литва на річну програму;

$t_{\text{н}}$ – трудомісткість виготовлення 1 т литва, чол/год. Для напівавтоматизованого виробництва 3600 т/рік трудомісткість виготовлення 1 т литва становить $t_{\text{н}} = 40$ чол/год [28].

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

$K_{\text{в}}$ – коефіцієнт виконання норм, приймається, $K_{\text{в}} = 1$.

					ДП-131.22.05.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R_{\text{спв}}^{\text{заг}} = \frac{3600 \cdot 40}{1746 \cdot 1} = 80 \text{ чол.}$$

Кількість основних робітників по видам устаткування визначається за формулою:

$$R_{\text{сп}} = \frac{M \cdot H_{\text{бр}}}{K_{\text{вик}}} \cdot S, \quad (5.7)$$

де M – прийнята кількість одиниць устаткування;

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

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

$$K_{\text{вик}} = 1 - 0,01 \cdot C, \quad (5.8)$$

де C – коефіцієнт, що враховує невиходи на роботу з поважних причин,
 $C = 10\text{--}12\%$, приймаємо $C = 10\%$

$$K_{\text{вик}} = 1 - 0,01 \cdot 0,1 = 0,9$$

Кількість основних робітників плавильної ділянки при кількості робітників в бригаді 2 чоловіка та двозмінному режимі роботи складатиме:

$$R_{\text{сп}} = \frac{4 \cdot 2}{0,9} \cdot 2 = 17,7 \text{ чол.}$$

Приймаємо 18 робітників. Плавильників – 10 чол., шихтувальників – 8 чол.

Кількість основних робітників на ливарних комплексах при кількості робітників в бригаді 2 чоловіка та двозмінному режимі роботи складатиме:

					ДП-131.22.05.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R_{\text{сп}} = \frac{4 \cdot 2}{0,9} \cdot 2 = 17,7 \text{ чол.}$$

Приймаємо 18 робітників. Оператор ливарного комплексу – 10 чол., обрубник на пресі обрубки ливників – 8 чол.

Кількість основних робітників діляниці лиття у кокіль при кількості робітників в бригаді 1 чоловіка та двозмінному режимі роботи складатиме:

$$R_{\text{сп}} = \frac{7 \cdot 1}{0,9} \cdot 2 = 15,6 \text{ чол.}$$

Приймаємо 16 операторів карусельних кокільних машин

Кількість основних робітників очисного відділення. Приймаємо 1 робітника на одну одиницю обладнання:

Різальники на стрічкових верстатах:

$$R_{\text{сп}} = \frac{6 \cdot 1}{0,9} \cdot 2 = 13,3 \text{ чол.}$$

Приймаємо 14 робітників;

Наждачники на обдирно-шліфувальних верстатах – 5 верстатів і 1 робоче місце ручної зачистки, всього - 6:

$$R_{\text{сп}} = \frac{6 \cdot 1}{0,9} \cdot 2 = 13,33 \text{ чол.}$$

Приймаємо 14 робітників: 12 – наждачники на обдирно-шліфувальних верстатах, 2 – наждачники ручної зачистки.

Склад виробничих робітників зводимо у табл. 5.3

					ДП-131.22.05.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.3

Склад виробничих робітників ливарного цеху

Відділення	Професія	Кількість робітників	Розряд робітників
Плавильне	Шихтувальники	8	4
	Плавильщики	10	5
Всього по плавильному відділенню		18	-
Дільниця лиття у кокіль	Оператор верстату	16	5
Всього по дільниці лиття у кокіль		16	-
Дільниця лиття під тиском	Оператор комплексу	10	5
	Обрубщик	8	3
Всього по дільниці лиття під тиском		18	-
Відділення відрізання ливників	Стрічкопильний верстат	14	3
Всього по відділенню відрізки ливників		14	-
Відділення зачистки ливників	Обдирно-шліфувальний верстат	12	3
	Ручна зачистка	2	3
Всього по відділенню зачистки ливників		14	-
Всього по ливарному цеху		80	-

5.2.2.Чисельність допоміжних робітників. Чисельність допоміжних робітників розраховується по групах:

1. Міжремонтне обслуговування устаткування (служба механіка та енергетика);
2. Ремонт устаткування, ковшів, футерівка плавильних печей;
3. Транспортувальні, навантажувально-розвантажувальні роботи;
4. Ремонтно-модельна майстерня, цехові лабораторії;
5. Робітники на складах шихтових і формівних матеріалів;
6. Прибиральники робочих приміщень.

Сумарна кількість допоміжних робітників визначається з співвідношення, формула 5.9:

					ДП-131.22.05.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R_{\text{доп}} = R_{\text{СПВ}}^{\text{заг}} \cdot b, \quad (5.9)$$

де b – коефіцієнт, який враховує частку допоміжних робітників по відношенню до чисельності виробничих робітників цеха, $b = 0,6 - 0,7$ [], приймаємо $b = 0,65$.

$$R_{\text{доп}} = 80 \cdot 0,65 = 52 \text{ чол.}$$

Чисельність допоміжних працівників по міжремонтному обслуговуванню визначається за формулою 5.10:

$$R = \frac{R_o}{m_o \cdot K} \cdot S, \text{ чол} \quad (5.10)$$

де m_o – норма обслуговування одним робітником;

R_o – обсяг робіт механічної та електричної частини устаткування РО.

Таким чином:

$$R_o = \frac{Q_n}{100} \cdot R_H, \quad (5.11)$$

де R_H – норматив ремонтних одиниць, $R_H^M = 190$; $R_H^E = 140$ [28].

$$R_o = \frac{35}{100} \cdot 190 = 66,5$$

$$R_o = \frac{35}{100} \cdot 140 = 49$$

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 $m_o = 150$:

$$- R_{\text{сн1}} = \frac{66,5}{750 \cdot 0,9} \cdot 2 = 0,2 \text{ чол}; \quad - R_{\text{сн2}} = \frac{66,5}{150 \cdot 0,9} \cdot 2 = 0,99 \text{ чол};$$

– для мастильників $m_o = 500$: - для чергових електриків $m_o = 650$:

$$R_{\text{сн3}} = \frac{66,5}{500 \cdot 0,9} \cdot 2 = 0,3 \text{ чол}; \quad - R_{\text{сн3}} = \frac{49}{650 \cdot 0,9} \cdot 2 = 0,17 \text{ чол}$$

					ДП-131.22.05.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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 2 8	4 4 2 4 4	Приймаємо згідно технологічної потреби на 2 зміни $52 \cdot 0,14 = 8$
2.	Слюсарі по ремонту устаткування Верстатники по ремонту устаткування Електрозварювальники Ківшовими (ремонт ковшів) Пічники (ремонт печей всіх видів)	4 3 1 1 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	4 3	2 2	По кількості робочих місць У відповідності до транспорту та числу змін
4.	Слюсарі з ремонту оснащення Лаборанти хім.лаб.	1 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	4	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 $\Sigma R_{\text{max доп}}$		52		

					ДП-131.22.05.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Чисельність керівників і спеціалістів приймається у відсотках від чисельності робітників:

$$R = 17\% \cdot (80 + 52) = 23 \text{ чол}$$

Таблиця 5.5.

Штатний розклад керівників і спеціалістів цеху

№	Посада	Кількість	Посадовий оклад, грн/міс	Сума, грн
1	Начальник цеху	1	14725	14725
2	Заст. начальника цеху	1	12000	12000
3	Головний металург	1	10200	10200
4	Головний технолог	1	9620	9620
5	Головний енергетик	1	9050	9050
6	Головний механік	1	9620	9620
7	Спеціаліст металург	1	8285	8285
8	Спеціаліст технолог	3	7750	23250
9	Спеціаліст конструктор	4	8285	33140
10	Спеціаліст енергетик	1	8285	8285
11	Спеціаліст механік	1	8285	8285
12	Начальник ПРБ	1	8700	8700
13	Економіст	2	7500	15000
14	Майстер зміни	3	8750	26250
15	Старший майстер	1	9050	9050
	Всього	23		205460

Загальний склад працюючих в цеху заносимо до зведеної таблиці 5.6.

					ДП-131.22.05.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.6

Загальний склад працюючих ливарного цеху

Категорія працюючих	Всього чоловік	Відсоток від загальної кількості працюючих
Виробничі працівники	80	51,61
Допоміжні робітники	52	33,55
Керівники і спеціалісти	23	14,84
Всього	155	100 %

5.3. Розрахунок фонду заробітної плати працівників

Запланований фонд заробітної плати виробничих робітників ливарного цеху визначається за формулою:

$$\Phi_o^c = l_{\text{год}}^c \cdot R_{\text{сп}}^{\text{заг}} \cdot \Phi_{\text{др}} \cdot (1 + K_{\text{пр}} + K_{\text{д}} + K'_{\text{д}}), \quad (5.12)$$

де $l_{\text{год}}^c$ – середньогодова тарифна ставка робітника, визначається за формулою:

$$l_{\text{год}}^c = \frac{\sum_{i=1}^Z l_{\text{год}}^{\text{сп}i} \cdot K_y}{R_{\text{сп}}^{\text{заг}}}, \quad (5.13)$$

де Z – номенклатура професій виробничих (допоміжних) робітників ;

$l_{\text{год}}^c$ – годинна тарифна ставка робітника відповідного розряду від 2-го до 4-го, що має наступні значення , грн/год : 1-й – 40,46 ; 2-й – 46,53 ; 3-й – 48,56; 4-й – 50,17 ; 5-й – 51,79 .

$R_{\text{сп}i}$ – кількість виробничих (допоміжних) робітників відповідного розряду;

$R_{\text{сп}}^{\text{заг}}$ – загальна кількість виробничих (допоміжних) робітників;

$\Phi_{\text{др}}$ – дійсний річний фонд часу одного робітника, год.;

K_y – коефіцієнт, який враховує доплати за умови праці, $K_y = 1$;

					ДП-131.22.05.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$K_{\text{пр}}$ – коефіцієнт, який враховує премії робітникам за виконання плану та якість роботи $K_{\text{пр}} = 0,3 - 0,32$. Приймаємо $K_{\text{пр}} = 0,3$.

$K_{\text{д}}$ – коефіцієнт, який враховує додаткову заробітну плату за не відпрацьований час, $K_{\text{д}} = 0,08 - 0,1$. Приймаємо $K_{\text{д}} = 0,08$.

$K'_{\text{д}}$ – коефіцієнт, який враховує додаткову заробітну плату за не відпрацьований час, $K'_{\text{д}} = 0,08 - 0,1$. Приймаємо $K'_{\text{д}} = 0,1$.

За вказаною формулою розраховуємо фонди заробітної плати виробничих, допоміжних та працівників плавильної дільниці всього цеху.

Визначаємо середньогодинну тарифну ставку виробничих робітників ливарного цеху, грн/год.:

$$I_{\text{год. вир.}}^{\text{с}} = \frac{48,56 \cdot 36 \cdot 1 + 50,17 \cdot 8 \cdot 1 + 51,79 \cdot 36 \cdot 1}{80} = 50,17 \text{ грн.}$$

Визначаємо середньогодинну тарифну ставку допоміжних робітників ливарного цеху, грн/год.:

$$I_{\text{год. доп.}}^{\text{с}} = \frac{46,53 \cdot 22 \cdot 1 + 48,56 \cdot 30 \cdot 1}{52} = 47,7 \text{ грн.}$$

Визначаємо середньогодинну тарифну ставку робітників плавильної дільниці ливарного цеху, грн/год :

$$I_{\text{год. плав.}}^{\text{с}} = \frac{50,17 \cdot 8 \cdot 1 + 51,41 \cdot 10 \cdot 1}{18} = 50,86 \text{ грн.}$$

Основний фонд заробітної плати виробничих працівників ливарного цеху становить:

					ДП-131.22.05.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Phi_{\text{о. вир.}}^{\text{с}} = 50,17 \cdot 80 \cdot 1746 \cdot (1 + 0,3 + 0,08 + 0,1) = 10371463,5 \text{ грн.}$$

Основний фонд заробітної плати допоміжних працівників ливарного цеху становить:

$$\Phi_{\text{о. доп.}}^{\text{с}} = 47,7 \cdot 52 \cdot 1746 \cdot (1 + 0,3 + 0,08 + 0,1) = 6409552 \text{ грн.}$$

Основний фонд заробітної плати працівників плавильної ділянки ливарного цеху становить:

$$\Phi_{\text{о. пл.}}^{\text{с}} = 50,86 \cdot 18 \cdot 1746 \cdot (1 + 0,3 + 0,08 + 0,1) = 2365673,56 \text{ грн.}$$

Середньомісячна заробітна плата виробничих, допоміжних та плавильних робітника визначається за формулою:

$$З_{\text{міс}}^{\text{с}} = \frac{\Phi_{\text{о}}^{\text{с}}}{R_{\text{сп}}^{\text{зар}} \cdot M}, \quad (5.14)$$

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

Середньомісячна заробітна плата одного виробничого робітника ливарного цеху становить:

$$З_{\text{міс. вир.}}^{\text{с}} = \frac{10371463,5}{80 \cdot 11,2} = 11575,3 \text{ грн}$$

Середньомісячна заробітна плата одного допоміжного робітника ливарного цеху становить:

$$З_{\text{міс. доп.}}^{\text{с}} = \frac{6409552}{52 \cdot 11,2} = 11005,4 \text{ грн.}$$

Середньомісячна заробітна плата робітника плавильної ділянки ливарного цеху становить:

					ДП-131.22.05.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$З_{\text{міс, пл}}^c = \frac{2365673,56}{18 \cdot 11,2} = 11734,5 \text{ грн.}$$

Розраховані дані середньогодинної тарифної ставки, основний фонд заробітної плати та середньомісячну заробітну плату зводимо до таблиці 5.7.

Таблиця 5.7

Фонд заробітної плати працівників

№	Робочий персонал	Основний фонд заробітної плати, грн.	Середньогодинна тарифна ставка, грн	Середньомісячна заробітна плата, грн.
1	2	3	4	5
1	Виробничі робітники	10371463,5	50,17	11575,3
2	Допоміжні робітники	6409552	47,7	11005,4
3	Керівники і спеціалісти	205460	—	—
Всього:		16986475,5	—	—

Витрати на утримання і експлуатацію устаткування, що припадають на 1 годину роботи, грн./нормо-год., визначаємо як :

$$\sum P_o = (1,0 \dots 3,5) \cdot \sum \Phi_o^c = 3,5 \cdot 16986475,5 = 59452664,3 \quad (5.15)$$

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

де $T_{\text{річ}}$ – трудомісткість річної виробничої програми цеху, визначаємо як :

$$T_{\text{річ}} = Q_n \cdot t_n$$

де t_n – трудомісткість 1 т литва, для ливарного цеха лиття під тиском $t_n = 40$ людино-годин на 1 т відливків.

$$T_{\text{річ}} = 3500 \cdot 40 = 140000 \text{ нормо-год.}$$

$$t_y = \frac{59452664,3}{140000} = 424,66 \text{ грн/нормо-год.}$$

					ДП-131.22.05.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Процент цехових витрат приймаємо по даним ПАТ «Гідросила» – $K\sum_{\text{цех}}^{\%}=67,8\%$

5.4. Калькуляція собівартості відливків

Собівартість однієї тони рідкого металу розраховується для встановлення собівартості матеріалів на відливок або на тону придатних відливків.

Визначення цехової собівартості тони рідкого металу виконується за формулою 5.16:

$$C_{\text{ц}} = M + Z_o + Z_d + Z_{\text{відр}} + P_o + K_{\text{ц}}, \quad (5.16)$$

де M – вартість металевих шихти, флюсів;

Z_o – основна заробітна плата виробничих робітників;

Z_d – додаткова заробітна плата виробничих робітників;

$Z_{\text{відр}}$ – відрахування в соціальні фонди виробничих робітників;

P_o – витрати на утримання, експлуатацію устаткування, які приходяться на 1 т рідкого металу

$K_{\text{ц}}$ – цехові витрати на тону рідкого металу.

Вартість шихтових матеріалів визначається за формулою 5.17:

$$M_{\text{ш}} = \sum_{i=1}^z a_p \cdot C_m \cdot K_{\text{тр}}, \quad (5.17)$$

де a_p – норма витрат i -го матеріалу на 1 т рідкого металу;

C_m – ціна 1 кг i -го матеріалу;

$K_{\text{тр}}$ – коефіцієнт, який враховує транспортно-заготівельні витрати, приймається в межах $K_{\text{тр}} = 1,05-1,08$. Приймаємо $K_{\text{тр}} = 1,08$.

					ДП-131.22.05.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При вартості шихтових матеріалів: алюміній вторинний АК9МЗ – 84 грн/кг, відходи виробництва сплаву АК9МЗ – 72 грн/кг, загальна ціна металеві шихти буде складати:

$$M_{\text{ш}} = (700 \cdot 84 + 315 \cdot 72) \cdot 1,08 = 87998,4 \text{ грн.}$$

Основна заробітна плата робітників плавильної дільниці на 1 т рідкого металу визначається за формулою 5.18:

$$Z_o = \frac{\Phi_{\text{зпрп}}^o}{Q_{\text{рп}}}, \quad (5.18)$$

де $\Phi_{\text{зпрп}}^o$ – основний фонд заробітної плати працівників плавильної дільниці цеху;
 $Q_{\text{рп}}$ – маса рідкого металу на річну програму, приймаємо згідно розрахунків у розділі 1 – 4993330 кг;

$$Z_{o,\text{пл}} = \frac{2365673,56}{4993,33} = 473,77 \text{ грн./т}$$

$$Z_{o,\text{без пл}} = \frac{10371463,5 - 2365673,56}{4993,33} = 1603,3 \text{ грн./т}$$

Додаткова заробітна плата виробничих робітників плавильної дільниці:

$$Z_d = Z_o \cdot (K_d + K_{d1}), \quad (5.19)$$

$$Z_{d,\text{пл}} = 473,77 \cdot (0,08 + 0,1) = 85,14 \text{ грн}$$

$$Z_{d,\text{без пл}} = 1603,3 \cdot (0,08 + 0,1) = 288,6 \text{ грн}$$

Відрахування в соціальні фонди виробничих робітників:

$$Z_{\text{відр}} = (Z_o + Z_d) \cdot \frac{K_c}{100}$$

де K_c – коефіцієнт, який враховує відрахування в соціальні фонди, $K_c=22$ [28].

					ДП-131.22.05.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$З_{\text{відр.пл}} = \frac{22}{100} \cdot (473,77 + 85,14) = 122,96 \text{ грн}$$

$$З_{\text{відр.безпл}} = \frac{22}{100} \cdot (1603,3 + 288,6) = 416,3 \text{ грн}$$

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

$$P_0 = t_y \cdot \frac{t_{\text{пл}}}{1000} \cdot 1000, \quad (5.20)$$

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), $t_{\text{пл}} = 0,2 \cdot t_{\text{н}} = 0,2 \cdot 40 = 8,0$

$$P_0 = 424,66 \cdot \frac{8}{1000} \cdot 1000 = 3397,3 \text{ грн}$$

$$P_0 = 424,66 \cdot \frac{(40 - 8)}{1000} \cdot 1000 = 13589,2 \text{ грн}$$

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

$$P_0 = \frac{\%K_{\text{ц}}}{100} \cdot (З_0 + P_0) \quad (5.21)$$

$$K_{\text{ц.р.м.}} = \frac{67,8}{100} \cdot (473,77 + 3397,3) = 2134,45 \text{ грн}$$

$$K_{\text{ц.нр.л}} = \frac{67,8}{100} \cdot (1603,3 + 13589,2) = 10300,5 \text{ грн}$$

Калькуляцію цехової собівартості 1т рідкого металу і придатного литва заносимо до табл. 5.8 та 5.9.

Планова калькуляція 1 т рідкого алюмінієвого сплаву АК9МЗ за результатами попередніх розрахунків наведена в таблиці 5.8.

					ДП-131.22.05.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.8

Планова калькуляція 1 т рідкого алюмінієвого сплаву АК9МЗ

№	Найменування статей	Кількість, од.вим	Ціна, грн/од.вим	Сума, грн.
1	Металева шихта, кг			
	вторинний алюміній АК9МЗ	700	84,00	63500
	відходи АК9МЗ	315	72,00	24494,4
Всього металева шихта:		1015	—	87998,4
2	Угар при плавці, кг	15	—	—
3	Вихід рідкого металу, кг	1000	—	87998,4
4	Основна заробітна плата робітників плавильної дільниці, грн.	на 1т	—	473,77
5	Додаткова заробітна плата робітників плавильної дільниці, грн.	на 1т	—	85,14
6	Відрахування в соціальні фонди, грн	на 1т	—	122,96
7	Витрати на утримання за експлуатацію устаткування, грн.	на 1т	—	3397,3
8	Загальноцехові витрати, грн.	на 1т	—	2134,45
9	Цехова собівартість 1 т рідкого металу	на 1т	—	94212

Планова калькуляція 1 т придатних відливків з алюмінієвого сплаву АК9МЗ
наведено в таблиці 5.9.

					ДП-131.22.05.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.9

Планова калькуляція 1 т придатних відливок з алюмінієвого сплаву АК9МЗ

№	Найменування статей	Кількість, од.вим	Ціна, грн/од.вим	Сума, грн.
1	Всього рідкий метал:	1503	94,21	141600,7
2	Відходи: Брак	54	93,45	5046,3
	Зливи та сплески	76	61	4636
	Ливники	373	72,00	26856
3	Придатні відливки, кг	1000	—	105062,4
4	Основна заробітна плата виробничих робітників, грн.	на 1т	—	1603,3
5	Додаткова заробітна плата виробничих робітників, грн.	на 1т	—	288,6
6	Відрахування в соціальні фонди, грн	на 1т	—	416,3
7	Витрати на утримання за експлуатацію устаткування, грн.	на 1т	—	13589,2
8	Загальноцехові витрати	на 1т	—	10300,5
9	Цехова собівартість 1 т придатного литва	на 1т	—	131260

Техніко-економічні показники цеху заносимо в таблицю 5.10.

					ДП-131.22.05.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.10

Техніко-економічні показники ливарного цеху.

№ п/п	Найменування показників	Одиниця виміру	Величина показників
1	Річний випуск литва	т	3600
2	Кількість працюючих в цеху: - виробничих робітників - допоміжних робітників - керівників і спеціалістів	чол чол чол	80 52 23
3	Фонд заробітної плати: - виробничих робітників - допоміжних робітників - керівників і спеціалістів	грн грн грн	10371463,5 6409552 205460
4	Собівартість 1т рідкого металу	грн	94212
5	Собівартість 1т придатного литва	грн	131260
6	Капіталовкладення всього, в тому числі і технологічного устаткування	грн грн	145672872 47608200
7	Загальна площа цеху	м ²	4032
8	Випуск литва на 1-го виробничого робітника	т/чол	44
9	Середня заробітна плата на одного виробничого робітника	грн	9346,52
10	Трудомісткість 1т придатного литва	н-год/т	40
11	Зйом з 1м ² загальної площі	т/м ²	0,87
12	Фондовіддача	грн/грн	3,23

					ДП-131.22.05.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Фондовіддача розраховується за формулою:

$$f_0 = \frac{C}{\Phi_{осн}}, \quad (5.22)$$

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

Вартість річної виробничої продукції цеху з врахуванням позавиробничих витрат:

$$C_{нов} = B_{прп} \cdot Q \quad (5.23)$$

Тоді:

$$f_0 = \frac{B_{прп} \cdot Q}{\Phi_{осн}}$$

$$f_0 = \frac{131260 \cdot 3600}{(145672872 - 272503)} = 3,23 \text{ грн/грн}$$

Виходячи з отриманої фондовіддачі та основних показників (див. табл. 5.10), спроектований цех – рентабельний.

					ДП-131.22.05.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В даному дипломному проєкті розраховано і спроектовано ливарний цех алюмінієвого литва з річною продуктивністю 3600 т придатних виливків з підвищенням продуктивності на основі синхронізації плавильного та заливного обладнання. Розраховано фонди часу, виробничу програму ливарного цеху, плавильну діляницю, ділянки лиття у кокіль та під тиском, відділення відрізки ливників та виконання фінішних операцій, площі складів та допоміжних діляниць. Виконано креслення плану ливарного цеху.

Виконано аналіз конструкції деталі та технічних умов на відливки «Корпус НШ10УК-3-02», зроблено розрахунок та аналіз ливниково-живильної системи, виконано розробку технологічного процесу виготовлення виливка. Розроблено креслення деталі з нанесеною ливарною технологією, кокілю в зборі, правої та лівої напівформ, стержня центрального.

На основі аналізу роботи плавильного і заливного обладнання встановлено оптимальну послідовність операцій та переходів для мінімізації простоїв обладнання. Побудовано циклограми синхронної роботи плавильної ділянки та ділянки лиття. Розроблено рекомендації щодо підвищення продуктивності процесу лиття.

Розраховано енергетичну та економічну частини спроектованого ливарного цеху.

При складанні розрахунково-пояснювальної записки використано літературні джерела в галузі ливарного виробництва.

Особливістю дипломного проєкту є те, що в ньому використанні нові технології та сучасні методи розрахунку.

					ДП-131.22.05.00.00.00 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Висновки		
Розроб.	Баркар А.А.						
Перевір.	Конончук С. В.						
Реценз.							
Н. Контр.	Конончук С. В.						
Затверд.	Кузик О.В.				ЦНТУ, 01-21М-14		

ЛІТЕРАТУРА

1. Проектирование машиностроительных заводов и цехов / Под ред. В. М. Шестопада. – М.: Машиностроение, 1974. – 294 с.
2. Логинов И. З. Проектирование литейных цехов. – Минск: Высшая шк., 1975. – 230 с.
3. Рыбальченко Н. А. Проектирование литейных цехов. – Изд-во Харьк. ун-та, 1965. – 306 с.
4. Проектування ливарних цехів: Навч. посібник / Б. Ф. Туманський. К.: НМК, 1992. – 188 с.
5. Аксенов П. Н. Оборудование литейных цехов. – М.: Машиностроение, 1997. – 510 с.
6. Основы проектирования литейных цехов и заводов / Л. И. Фанталов, Б. В. Кнорре, С. И. Четвертухин: Под. ред. Б. В. Кнорре. – М.: Машиностроение, 1979. – 375 с.
7. Сафронов В. Я. Справочник по литейному оборудованию. – М.: Машиностроение, 1985. – 319 с.
8. Титов Н.Д., Степанов Ю.А. Технология литейного производства: Учебник для машиностроительных техникумов. 2-е изд. Перераб. – М.: Машиностроение, 1978. – 432 с.
9. Степанов Ю. А., Баландин Г. Ф., Рыбкин В. А. Технология литейного производства. – М.: Машиностроение, 1983. – 287 с.
10. Средства и системы автоматизации литейного производства / К. С. Богдан, В. Н. Горбенко, В. М. Денисенко, Ю. П. Каширин. – М.: Машиностроение, 1981. – 287 с.

					<i>ДП-131.22.05.00.00.00 ПЗ</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Література</i>		
Розроб.	Баркар А.А.						
Перевір.	Конончук С. В.						
Реценз.							
Н. Контр.	Конончук С. В.						
Затверд.	Кузик О.В.				ЦНТУ, 01-21М-14		

11. Сумцов В.П. Устаткування ливарних цехів. – К.: ІСДО, 1993. – 552 с.
12. Литниково-питающие системы. Конструирование и расчет литниковых систем. Учебное пособие / Л.А. Большаков. – Мариуполь: ПГТУ, 2007. – 125 с.
13. Методические указания к курсовому проектированию по дисциплине “Технология литейной формы” для студентов специальности 0502 / Сост. В.С. Миронов, В.И. Кудя. – Кировоград: КИСХМ, 1985. – 88 с.
14. Москальов І.Н. Ливарні сплави та їх плавка: Навчальний посібник. – К.: НМК ВО, 1993. – 368 с.
15. А. П. Гуляев Металловедение. – М.: Машиностроение, 1984. – 545 с.
16. Рубцов Н. Н. Специальные виды литья. – М.: Машгиз, 1955. – 331 с.
17. Белопухов А. К. Технологические режимы литья под давлением. – М.: Машиностроение, 1967. – 239 с.
18. Галдин Н. М. Литниковые системы для отливок из легких сплавов. – М.: Машиностроение, 1978. – 195 с.
19. Литье в кокиль / Под ред. А. И. Вейника. – М.: Машиностроение, 1980. – 415 с.
20. Литье под давлением / Под ред. А. К. Белопухова. – М.: Машиностроение, 1975. – 338 с.
21. Машины литья под давлением / Под ред. Б. Е. Розенберга. – М.:
22. Дубинин Н.П. Беликов О.А и др. Кокильное литье – Справочное пособие. М.: Машиностроение, 1967. – 456с.
23. Баландин Г. Ф. Теория формирования отливки. М. Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1998 год. 359 с.
24. Белов А.Ф., Добаткин В.И., Квасов Ф.И. и др. Алюминиевые сплавы. Металловедение алюминия и его сплавов. Справочник. М.: Металлургия. 1971. С. 352.
25. Белов А.Ф., Добаткин В.И., Квасов Ф.И. и др. Алюминиевые сплавы. Промышленные деформируемые, спеченные и литейные алюминиевые сплавы. Справочник. М.:Металлургия.1972.С. 552.

					ДП-131.22.05.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

26. Фридляндер И.Н. Металловедение алюминия и его сплавов. Справочник. М.: Металлургия. 1983.С.560.

27. Колобнев, И.Ф. Термическая обработка алюминиевых сплавов / И.Ф. Колобнев. М.: Металлургия, 1966.— 394с.

28. Економічні розрахунки при проектуванні ливарних цехів: Методичні вказівки до курсової та дипломної роботи для студентів спеціальності 8.090.205 / укл. Н. П. Сисоліна, Л. В. Лебедева – Кіровоград; КДТУ, 2000. 63 с.

29. Навч. посібник для вищих навч. закладів/ В. Ц. Жидецький [и др.]; ред. В. Ц. Жидецький; Укр. держ. лісотехнічний ун-т, Укр. академія друкарства. - Львів: Афіша, 2000. - 350 с.: ил. - Библиогр.:с.339-344

30. Защита объектов народного хозяйства от оружия массового поражения: Справочник / Г. П. Демиденко и др.; Под ред. Г. П. Демиденко. – 2-е изд. перераб. и доп. – К.: Выща шк. Главное изд-во, 1989. – 287 с.: ил.

31. 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.

32. Пономаренко О.И. Оптимизация технологических решений для цехов литейного производства: Монография / О.И. Пономаренко. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2007. – 320 с.

33. 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.

33. Полмеар Я. Легкие сплавы. От традиционных до нанокристаллов / Я. Полмеар. Москва : Техносфера, 2008. 464 с.

34. Применение алюминиевых сплавов. Справочное руководство / М. Б. Альтман [и др.]. Москва : Металлургия, 1973. 408 с.

35. Долотов Г.П., Кондаков Е.А. Оборудование термических цехов и лабораторий испытания металлов. М.: Машиностроение 1988. 336 с.

					<i>ДП-131.22.05.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					ДП-131.22.05.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		