

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
5400 тон придатних виливків з підвищенням стійкості плавильних
тиглів на основі використання вогнетривких покриттів

Виконав: студент групи ОЛ–21М–1,4

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

Мешков А.О.

(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

Мешков Артем Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту Проект цеху алюмінієвого литва з річною продуктивністю 5400 тон придатних виливків з підвищенням стійкості плавильних тиглів на основі використання вогнетривких покриттів

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 вилівка корпус НШ100, Напівформа права, Напівформа ліва, Кокіль для виливка Корпус НШ100, 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)

Мешков А.О.

(прізвище та ініціали)

Конончук С. В.

(прізвище та ініціали)

[illegible]

АНОТАЦІЯ

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

**індукційна тигельна піч, сплав, рафінування, кокіль, виливок, тигель,
вогнетривке покриття, стійкість**

В даному дипломному проекті розраховано і спроектовано цех
алюмінієвого литва з річною продуктивністю 5400 тон придатних виливків.

В загальній частині розраховано фонди часу, виробничу програму
ливарного цеху, плавильну дільницю, дільниці лиття у кокіль та під тиском,
відділення відрізання ливників та зачистки, площі складів та допоміжних
дільниць. Розроблено креслення плану ливарного цеху.

В технологічній частині виконано аналіз конструкції деталі та технічних
умов на відливок «Корпус НШ100-3-01», 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.

В науковій частині на основі дослідження впливу високих температур,
розплавленого металу і шлаку на стійкість плавильних тиглів запропоновано
склад та спосіб нанесення вогнетривкого покриття. Розроблено рекомендації
щодо підвищення стійкості тиглів та технологічний процес підготовки тиглів до
плавки.

Розраховано енергетичну та економічну частини спроектованого ливарного
цеху.

					ДП-131.22.09.00.00.00 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Анотація		
Розроб.		Мешков А.О.					
Перевір.		Конончук С. В.					
Реценз.							
Н. Контр.		Конончук С. В.					
Затверд.		Кузик О.В.			ЦНТУ, 01-21М		
					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-131.22.09.00.00.00 ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.		Мешков А.О.			Зміст					
Перевір.		Конончук С. В.								
Реценз.										
Н. Контр.		Конончук С. В.								
Затверд.		Кузик О.В.								
					Літ.	Арк.	Акрушіє			
							5			
					ЦНТУ, 0/1-21М					

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. Аналіз впливу факторів на стійкість плавильних тиглів	
3.2. Вибір матеріалів для вогнетривкої обмазки та вогнетривкої фарби ..	
3.3. Опис способу нанесення вогнетривкого покриття на тигель	
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	
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 відливок	
5.6 Техніко-економічні показники спроектованого цеху алюмінієвого литва	
ВИСНОВКИ	
ЛІТЕРАТУРА	
ДОДАТКИ	

					ДП-131.22.09.00.00.00 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Ливарне виробництво є однією із основних заготівельних баз машинобудування. Широке використання литва пояснюється його перевагами порівняно з іншими способами формоутворення та можливостями виготовляти заготовки та деталі складної конфігурації з мінімальними припусками на обробку різанням і з високими механічними властивостями.

У виробництві литва для машинобудування і приладобудування значне місце займають способи отримання відливків спеціальними способами лиття: по виплавляємим моделям, в керамічні форми, в кокіль, під тиском, центробіжне литво, електрошлакове лиття та інші, що дають змогу отримати відливки підвищеної точності, з високими службовими властивостями. При цьому, найбільш широко використовуються алюмінієві сплави.

Типовий технологічний процес лиття в кокіль алюмінієвих сплавів складається з таких операцій: підготовка шихтових матеріалів (подрібнення, зважування), підготовка інструменту, обладнання, оснащення, плавка, рафінування, литво, обрубка, відрізання підживлювачів, зачистка, транспортування. Для визначення шляхів удосконалення технології лиття необхідно проаналізувати можливість зміни параметрів, які впливають на зменшення собівартості виробництва (зменшення енерговитрат, матеріалоємності, підвищення продуктивності) та підвищення якості литва.

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

					ДП-131.22.09.00.00.00 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Мешков А.О.			Вступ		
Перевір.		Конончук С. В.					
Реценз.							
Н. Контр.		Конончук С. В.					
Затверд.		Кузик О.В.					
					Літ.	Арк.	Акрушіє
						8	
					ЦНТУ, 0/А-21М		

Одним з напрямків зменшення собівартості виробництва є підвищення стійкості ливарного обладнання, оснащення, інструменту тощо. Підвищення стійкості плавильних тиглів дозволяє зекономити не лише за рахунок вартості самих тиглів, а й за рахунок збільшення терміну їх експлуатації, оскільки кількість операцій по заміні плавильних тиглів буде меншою. Дана обставина дозволяє також зекономити окрім трудових ресурсів, ще й матеріальні та енергетичні.

					ДП-131.22.09.00.00.00 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-131.22.09.01.00.00.ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Загальна частина		
Розроб.		Мешков А.О.					
Перевір.		Конончук С.В.					
Реценз.							
Н. Контр.							
Затверд.		Кузик О.В.			ЦНТУ, 01-21М		

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 теплопостачання від котельної. Опалення цеху відбувається за рахунок повітря із системи проточної вентиляції.

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

					ДП-131.22.09.01.00.00.ПЗ	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: АК5М2Ц4 – для лиття у кокіль, АК12М2 – для лиття під тиском. Номенклатуру відливків розділяємо по видах сплаву.

					ДП-131.22.09.01.00.00.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	36000	3	1,3	0,74	1	36000	1080	37080	46800	1404	48204	27439	75643	АК5М2Ц4
2	Корпус	НШ10УК	1	43524	5	0,98	0,59	1	43524	2176	45700	42654	2133	44786	26963	71749	
3	Корпус	НШ25М	1	5400	3,5	2,1	0,69	1	5400	189	5589	11340	397	11737	3856	15593	
4	Корпус	НШ32УК	1	48276	4	2,2	0,63	1	48276	1931	50207	106207	4248	110455	31630	142086	
5	Корпус	НШ32М	1	28080	5	1,96	0,59	1	28080	1404	29484	55037	2752	57789	17396	75184	
6	Корпус	НШ50УК	1	26568	4,5	2,54	0,72	1	26568	1196	27764	67483	3037	70519	19990	90509	
7	Корпус	НШ50М	1	58320	3,5	2,32	0,53	1	58320	2041	60361	135302	4736	140038	31991	172029	
8	Корпус	НШ50УКФ	1	6480	4,5	2,56	0,88	1	6480	292	6772	16589	746	17335	5959	23294	
9	Корпус	НБО56	1	5400	12	5,65	3,95	1	5400	648	6048	30510	3661	34171	23890	58061	
10	Корпус	НШ100	1	80640	5	7,88	3,12	1	80640	4032	84672	635443	31772	667215	264177	931392	
11	Корпус	НБО112	1	9000	12	8,14	3,61	1	9000	1080	10080	73260	8791	82051	36389	118440	
12	Корпус	НШ250	1	36000	7,3	20,95	6,45	1	36000	2628	38628	754200	55057	809257	249151	1058407	
13	Корпус	НШ25Г	1	28800	3	1,54	0,67	1	28800	864	29664	44352	1331	45683	19875	65557	
14	Корпус	НШ22Г	1	28800	3	1,46	0,68	1	28800	864	29664	42048	1261	43309	20172	63481	
15	Обойма підтискна	НШ100	1	80640	8	5,48	1,58	1	80640	6451	87091	441907	35353	477260	137604	614864	

ДП-13.12.09.01.00.00.13

Арк.

Змін.

Арк.

№ докум.

Підпис

Дата

		Таблиця 1.1 продовження																	
Зм.	Арк.																		
№ докум.																			
Підпис																			
Дата																			
ДП-13.12.20.09.01.00.00.13		16	Обойма підтискна	НШ50	1	72000	6	1,9	0,65	1	72000	4320	76320	136800	8208	145008	49608	194616	AK5M2Ц4
		17	Обойма підтискна	НШ32	1	144000	6	1,61	0,53	1	144000	8640	152640	231840	13910	245750	80899	326650	
		18	Обойма підтискна	НШ250	1	36000	6	16,46	4,24	1	36000	2160	38160	592560	35554	628114	161798	789912	
		19	Обойма підш.	НШ100	1	80640	3,5	2,39	0,42	1	80640	2822	83462	192730	6746	199475	35054	234529	
		20	Обойма підш.	НШ50	1	72000	3	1,06	0,74	1	72000	2160	74160	76320	2290	78610	54878	133488	
		21	Обойма підш.	НШ32	1	108000	3	1,69	0,68	1	108000	3240	111240	182520	5476	187996	75643	263639	
		22	Обойма підш.	НШ250	1	36000	6	6,35	2,36	1	36000	2160	38160	228600	13716	242316	90058	332374	
		23	Корпус	НШ32М	1	4320	3	2,55	0,49	1	4320	130	4450	11016	330	11346	2180	13527	
		24	Корпус	НШ32УКП	1	4320	4	2,26	1,05	1	4320	173	4493	9763	391	10154	4717	14871	
		25	Корпус	НШ100Г	1	1080	8	7,53	5,85	1	1080	86	1166	8132	651	8783	6823	15606	
		26	Корпус	НШ140	1	756	8	8,53	5,85	1	756	60	816	6449	516	6965	4776	11741	
		27	Корпус	НШ180	1	1548	7	10,65	2,61	1	1548	108	1656	16486	1154	17640	4323	21963	
			Всього для сплаву								1082592	52936	1135528	4196348	245619	4441966	1487241	5929207	
		28	Кришка верхня	НП90	1	30960	4	0,38	0,14	8	30960	1238	32198	11765	471	12235	4508	16743	AK12M2
		29	Кришка нижня	НП90	1	30960	4,5	0,77	0,64	4	30960	1393	32353	23839	1073	24912	20706	45618	
		30	Кришка	НШ100А	1	80640	2	2,1	0,5	2	80640	1613	82253	169344	3387	172731	41126	213857	
		31	Кришка	НШ250	1	36000	2	4,48	0,6	2	36000	720	36720	161280	3226	164506	22032	186538	
		32	Кришка	НШ63Г	1	20700	6	2,6	1,91	2	20700	1242	21942	53820	3229	57049	41909	98958	
		33	Кришка	НШ3Г	1	28800	3	0,67	0,5	6	28800	864	29664	19296	579	19875	14832	34707	
		34	Кришка	НШ6Д6	1	11160	4,5	0,43	0,15	8	11160	502	11662	4799	216	5015	1749	6764	
		35	Кришка	НШ10Д	1	9720	6	0,86	0,7	4	9720	583	10303	8359	502	8861	7212	16073	
		36	Кришка	НШ28Д	1	8280	4	1,21	0,48	4	8280	331	8611	10019	401	10420	4133	14553	
		37	Кришка задня	НШ63Г	1	19440	6	1,84	1,1	4	19440	1166	20606	35770	2146	37916	22667	60583	
		38	Кришка передня	НШ10Г	1	115200	4	0,46	0,3	8	115200	4608	119808	52992	2120	55112	35942	91054	
		39	Кришка	НШ10ДБ	1	54000	9	0,35	0,46	8	54000	4860	58860	18900	1701	20601	27076	47677	
		40	Кришка	НШ32М	1	280800	3,5	1,28	0,55	4	280800	9828	290628	359424	12580	372004	159845	531849	
		41	Кришка задня	НШ32Д	1	27000	6	0,82	0,47	6	27000	1620	28620	22140	1328	23468	13451	36920	
		42	Кришка ліва	НШ32М	1	21600	5	0,54	0,38	8	21600	1080	22680	11664	583	12247	8618	20866	
		43	Кришка	НШ32УК	1	64800	6	0,58	0,31	8	64800	3888	68688	37584	2255	39839	21293	61132	
		44	Кришка	НШ50А	1	32400	3	1,04	0,37	4	32400	972	33372	33696	1011	34707	12348	47055	
45	Кришка	НШ32	1	28800	4,5	1,5	0,44	4	28800	1296	30096	43200	1944	45144	13242	58386			
46	Кришка	НШ20М	1	54000	4	1,55	0,47	4	54000	2160	56160	83700	3348	87048	26395	113443			
47	Кришка передня	НШ63Г	1	15120	8	2,79	1,62	2	15120	1210	16330	42185	3375	45560	26454	72014			
	Всього для сплаву								970380	41175	1011555	1203775	45473	1249248	525541	1774789			
	Всього								2052972	94111	2147083	5400123	291092	5691215	2012782	7703997			
	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-131.22.09.01.00.00.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 $n = 366$ – кількість днів у році.

Номінальний фонд часу на одну зміну:

$$\Phi_H = 40 \cdot 52 - 11 \cdot 8 - 6 \cdot 1 = 1986 \text{ год/рік},$$

де 40 – кількість робочих годин на тиждень;

52 – кількість тижнів на рік;

11, 6 – 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:

$$\Phi^I_H = \Phi_H \cdot 2 = 3972 \text{ год/рік}, \quad (1.2)$$

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-131.22.09.01.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Фактичний фонд роботи обладнання в одну зміну на рік:

- плавильне обладнання

$$\Phi_{Д, пл} = 1986 \cdot (1 - 0,06) = 1867 \text{ год/рік}$$

- заливочне обладнання

$$\Phi_{Д, зал} = 1986 \cdot (1 - 0,09) = 1807 \text{ год/рік}$$

- машини лиття під тиском

$$\Phi_{Д, маш} = 1986 \cdot (1 - 0,09) = 1807 \text{ год/рік}$$

- кокільні верстати

$$\Phi_{Д, кок} = 1986 \cdot (1 - 0,09) = 1807 \text{ год/рік}$$

- обрубно-зачисне обладнання

$$\Phi_{Д, оч} = 1986 \cdot (1 - 0,09) = 1807 \text{ год/рік}$$

- ремонтне обладнання

$$\Phi_{Д, оч} = 1986 \cdot (1 - 0,11) = 1767 \text{ год/рік}$$

Фактичний фонд роботи працівників в одну зміну на рік:

$$\Phi_{Д, прац} = 1986 \cdot (1 - 0,12) = 1748 \text{ год/рік}$$

					ДП-131.22.09.01.00.00.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	1986	2	6	1867	3734	12	1748	3496
2	Машини лиття під тиском	1986	2	9	1807	3614	12	1748	3496
3	Кокільні верстати	1986	2	9	1807	3614	12	1748	3496
4	Обрубно- зачисне обладнання	1986	2	9	1807	3614	12	1748	3496
5	Ремонтне обладнання	1986	2	11	1767	3534	12	1748	3496

					ДП-131.22.09.01.00.00.ПЗ				Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

1.5. Розрахунок плавильного відділення

Для плавки алюмінієвих сплавів АК5М2Ц4 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
АК5М2Ц4	4,0–6,0	0,2– 0,8	1,5– 3,5	0,2– 0,8	0,05– 0,2	3,5– 8,0	< 1,3	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 спіральної пробі
АК5М2Ц4	Т1	22 (216)	1,3	95–125	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-131.22.09.01.00.00.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
AK5M2Ц4	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-131.22.09.01.00.00.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-131.22.09.01.00.00.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-131.22.09.01.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для сплаву АК5М2Ц4:

$$M = \frac{100 \cdot (4196,348 + 11487,241 + 245,619)}{100 - 1,61 - 4,5} = 6315,057 \text{ т}$$

Для сплаву АК12М2:

$$M = \frac{100 \cdot (1203,775 + 525,541 + 45,473)}{100 - 1,13 - 6,57} = 1922,848 \text{ т}$$

Визначаємо відносний вміст складових балансу:

- придатного литва, ливників та браку:

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

Для сплаву АК5М2Ц4:

$$п = \frac{4196,348}{6315,057} \cdot 100\% = 66,45\%,$$

$$\text{л} = \frac{1487,241}{6315,057} \cdot 100\% = 23,55\%,$$

$$\text{б} = \frac{245,619}{6315,057} \cdot 100\% = 3,89\%$$

					ДП-131.22.09.01.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для сплаву АК12М2:

$$\Pi = \frac{1203,775}{1922,848} \cdot 100\% = 62,60\%,$$

$$\text{Л} = \frac{525,541}{1922,848} \cdot 100\% = 27,33\%,$$

$$\text{Б} = \frac{45,473}{1922,848} \cdot 100\% = 2,36\%$$

Визначаємо масу угару та зливів, т

Для сплаву АК5М2Ц4:

$$\text{У} = \frac{1,61}{100\%} \cdot 6315,057 = 101,672 \text{ т}$$

$$\text{З} = \frac{4,5}{100\%} \cdot 6315,057 = 284,178 \text{ т}$$

Для сплаву АК12М2:

$$\text{У} = \frac{1,13}{100\%} \cdot 1922,848 = 21,728 \text{ т}$$

$$\text{З} = \frac{6,57}{100\%} \cdot 1922,848 = 126,331 \text{ т}$$

					ДП-131.22.09.01.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.7

Відомість балансу металу сплаву АК5М2Ц4

Складові балансу	т	%
Придатне литво	4196,348	66,45
Ливники	1487,241	23,55
Брак	245,619	3,89
Угар	101,672	1,61
Зливи	284,178	4,50
Всього	6315,057	100,00

Таблиця 1.8

Відомість балансу металу сплаву АК12М2

Складові балансу	т	%
Придатне литво	1203,775	62,60
Ливники	525,541	27,33
Брак	45,473	2,36
Угар	21,728	1,13
Зливи	126,331	6,57
Всього	1922,849	100,00

Баланс металу для двох сплавів зводимо у одну таблицю:

Таблиця 1.9

Баланс металу

№ п/п	Компонент	АК5М2Ц4		АК12М2		Всього
		т/рік	%	т/рік	%	т/рік
1	Придатне литво	4196,348	66,45	1203,775	62,60	5400,123
2	Ливники	1487,241	23,55	525,541	27,33	2012,782
3	Брак	245,619	3,89	45,473	2,36	291,092
4	Угар	101,672	1,61	21,728	1,13	123,401
5	Зливи	284,178	4,50	126,331	6,57	410,509
	Всього	6315,057	100,00	1922,849	100,00	7703,997

					ДП-131.22.09.01.00.00.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, окиси, 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 АК5М2Ц4 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-131.22.09.01.00.00.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.

$$n = \frac{7703,997 \cdot 1,25}{3734 \cdot 1,15} = 2,97 \approx 3 \text{ шт.}$$

Оскільки в ливарних цехах для неперервної роботи печі встановлюють в блоки по два плавильних агрегата, приймаємо 4 індукційні тигельні печі (три робочі і одна резервна) 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-131.22.09.01.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

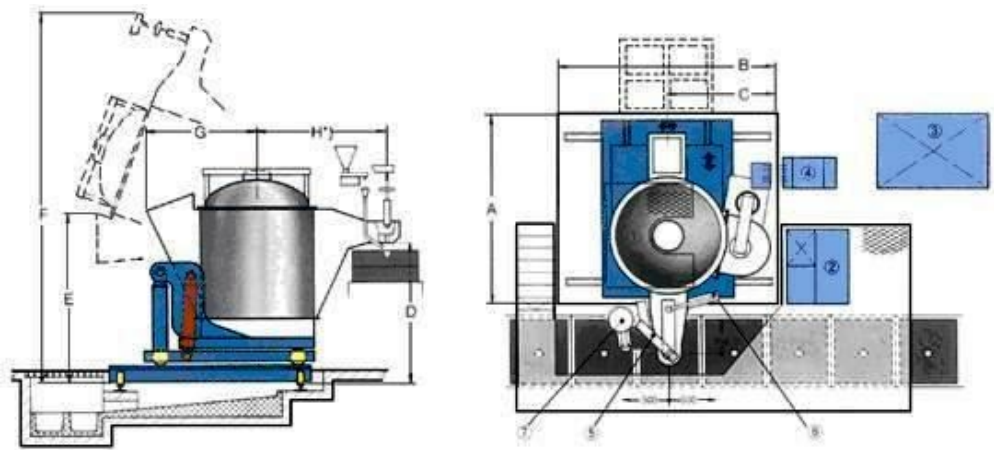


Рис. 1.2. Габаритні розміри та загальний вид
плавильної установки OTTO JUNKER

- 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-131.22.09.01.00.00.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-131.22.09.01.00.00.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-131.22.09.01.00.00.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-131.22.09.01.00.00.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-131.22.09.01.00.00.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 °С). 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 °С, форму розкривають і видаляють відливком.

					ДП-131.22.09.01.00.00.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.

Для виготовлення відливків застосовуємо: для виливків масою до 2 кг – чотирьохпозиційні карусельні кокільні машини моделі 4918; для виливків масою понад 2 кг – однопозиційні гідравлічні кокільні машини моделі 82А403; для виливків зі сплаву АК12М2 (див. табл. 1.1) – машини для лиття під високим тиском моделі TST-630. 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-131.22.09.01.00.00.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 браку 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		
2	Корпус	НШ10УК	1	43524	5	0,98	0,59	1	43524	2176,2	45700,2	42653,52	2132,676	44786,196	26963,118	71749,314
20	Обойма підш.	НШ50	1	72000	3	1,06	0,74	1	72000	2160	74160	76320	2289,6	78609,6	54878,4	133488
1	Корпус	НШ16Г	1	36000	3	1,3	0,74	1	36000	1080	37080	46800	1404	48204	27439,2	75643,2
14	Корпус	НШ22Г	1	28800	3	1,46	0,68	1	28800	864	29664	42048	1261,44	43309,44	20171,52	63480,96
13	Корпус	НШ25Г	1	28800	3	1,54	0,67	1	28800	864	29664	44352	1330,56	45682,56	19874,88	65557,44
17	Обойма підтискна	НШ32	1	144000	6	1,61	0,53	1	144000	8640	152640	231840	13910,4	245750,4	80899,2	326649,6
21	Обойма підш.	НШ32	1	108000	3	1,69	0,68	1	108000	3240	111240	182520	5475,6	187995,6	75643,2	263638,8
16	Обойма підтискна	НШ50	1	72000	6	1,9	0,65	1	72000	4320	76320	136800	8208	145008	49608	194616
5	Корпус	НШ32М	1	28080	5	1,96	0,59	1	28080	1404	29484	55036,8	2751,84	57788,64	17395,56	75184,2
	Всього для верстату 4918								561204	24748	585952	858370	38764	897134	372873	1270008
3	Корпус	НШ25М	1	5400	3,5	2,1	0,69	1	5400	189	5589	11340	396,9	11736,9	3856,41	15593,31
4	Корпус	НШ32УК	1	48276	4	2,2	0,63	1	48276	1931,04	50207,04	106207,2	4248,288	110455,488	31630,4352	142085,9232
24	Корпус	НШ32УКП	1	4320	4	2,26	1,05	1	4320	172,8	4492,8	9763,2	390,528	10153,728	4717,44	14871,168
7	Корпус	НШ50М	1	58320	3,5	2,32	0,53	1	58320	2041,2	60361,2	135302,4	4735,584	140037,984	31991,436	172029,42

ДП-13.12.09.01.00.00.13

Арк.

Таблиця 1.12 продовження

19	Обойма підш.	НШ100	1	80640	3,5	2,39	0,42	1	80640	2822,4	83462,4	192729,6	6745,536	199475,136	35054,208	234529,344
6	Корпус	НШ50УК	1	26568	4,5	2,54	0,72	1	26568	1195,56	27763,56	67482,72	3036,7224	70519,4424	19989,7632	90509,2056
23	Корпус	НШ32М	1	4320	3	2,55	0,49	1	4320	129,6	4449,6	11016	330,48	11346,48	2180,304	13526,784
8	Корпус	НШ50УКФ	1	6480	4,5	2,56	0,88	1	6480	291,6	6771,6	16588,8	746,496	17335,296	5959,008	23294,304
15	Обойма підтискна	НШ100	1	80640	8	5,48	1,58	1	80640	6451,2	87091,2	441907,2	35352,576	477259,776	137604,096	614863,872
9	Корпус	НБО56	1	5400	12	5,65	3,95	1	5400	648	6048	30510	3661,2	34171,2	23889,6	58060,8
22	Обойма підш.	НШ250	1	36000	6	6,35	2,36	1	36000	2160	38160	228600	13716	242316	90057,6	332373,6
25	Корпус	НШ100Г	1	1080	8	7,53	5,85	1	1080	86,4	1166,4	8132,4	650,592	8782,992	6823,44	15606,432
10	Корпус	НШ100	1	80640	5	7,88	3,12	1	80640	4032	84672	635443,2	31772,16	667215,36	264176,64	931392
11	Корпус	НБО112	1	9000	12	8,14	3,61	1	9000	1080	10080	73260	8791,2	82051,2	36388,8	118440
26	Корпус	НШ140	1	756	8	8,53	5,85	1	756	60,48	816,48	6448,68	515,8944	6964,5744	4776,408	11740,9824
27	Корпус	НШ180	1	1548	7	10,65	2,61	1	1548	108,36	1656,36	16486,2	1154,034	17640,234	4323,0996	21963,3336
18	Обойма підтискна	НШ250	1	36000	6	16,46	4,24	1	36000	2160	38160	592560	35553,6	628113,6	161798,4	789912
12	Корпус	НШ250	1	36000	7,3	20,95	6,45	1	36000	2628	38628	754200	55056,6	809256,6	249150,6	1058407,2
	Всього для верстату 82А403								1400271	66175	1466446	4305871	242252	4548123	1584541	6132664

ДП-131.22.09.01.00.00.13

Розрахунок чотирьохпозиційної карусельної кокільної машини моделі 4918 (рис. 1.3). Для виготовлення відливків № 1, 2, 5, 13, 14, 16, 17, 20, 21 (табл. 1.12) вибираємо чотирьох позиційну карусельну кокільну машину моделі 4918. Це машина пульсуючого обертання з вертикальним роз'ємом кокілю. При виборі машини виходимо з таких міркувань: машина призначена для виготовлення відливків масою 0,2...2,5 кг; має велику продуктивність; має невеликі розміри (в порівнянні з машинами того ж типу), що дає змогу економно використовувати робочі площі цеху. Технічна характеристика карусельної кокільної машини приведена в таблиці 1.13. [10].

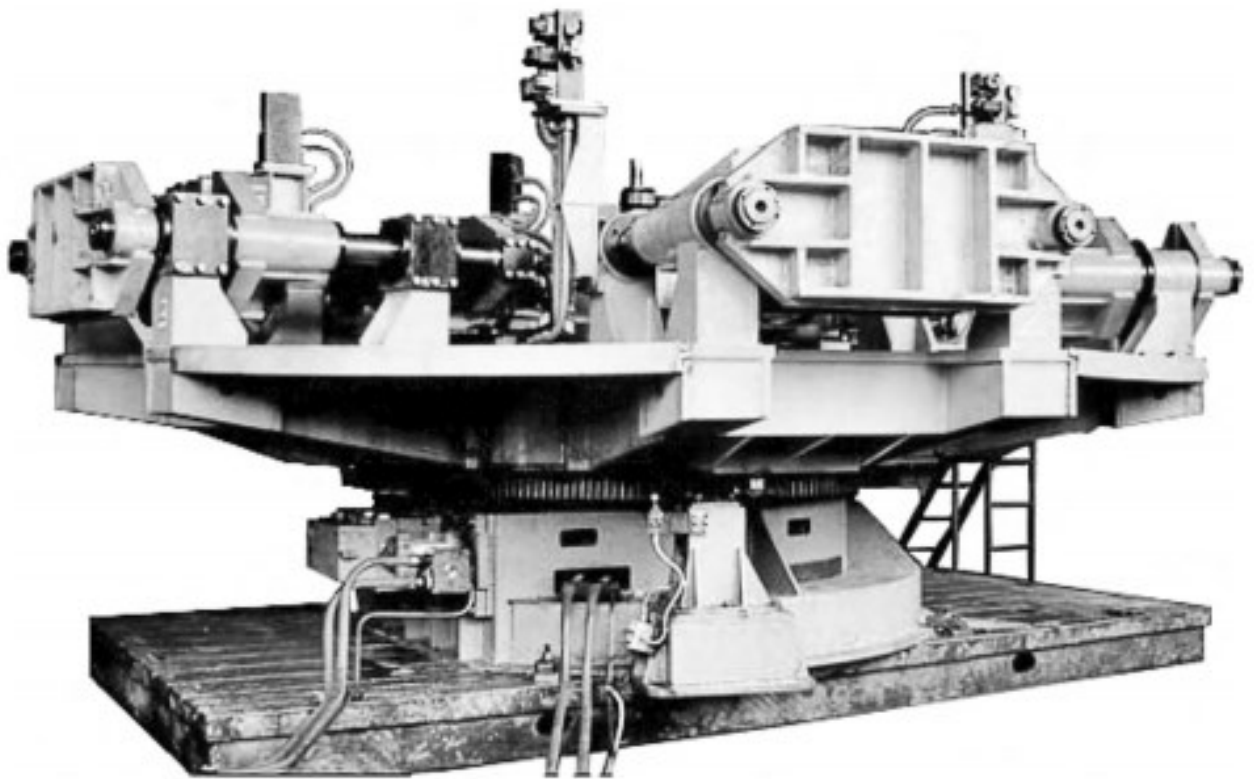


Рисунок 1.3 – Загальний вид чотирьохпозиційної кокільної машини моделі 4918

					ДП-131.22.09.01.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.13

Технічна характеристика карусельно-кокільної машини моделі 4918

№ п/п	Параметри	Величина
1	Продуктивність , заливок/год	До 90
2	Маса порції сплаву, кг	0,2...2,5
3	Розмір робочого місця на плитах для кріплення вертикальних частин кокіля, мм: довжина висота	500 400
4	Встановлена потужність, кВт	17,5
5	Розміри машини, мм діаметр висота	4000 2700
6	Маса машини, кг	16500

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 відливків 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, $k = 0,7$

					ДП-131.22.09.01.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n = \frac{499144 \cdot 1,25}{3614 \cdot 60 \cdot 0,7} = 4,11 \approx 5 \text{ шт.}$$

Приймаємо 5 чотирьох позиційних кокільних машини моделі 4918.

Принцип роботи чотирьох позиційної карусельно-кокільної машини моделі 4918: в підготовлений кокіль, який встановлено на машині з дозатора заливається метал, потім карусель повертається на $\frac{1}{4}$ свого діаметра. Період дії каруселі 10 – 15 сек. На другій позиції відбувається кристалізація металу. На третій позиції відбувається витримка виливка від моменту кристалізації до вибивки його з форми. На четвертій позиції відбувається вибивка виливка з кокілю та підготовка його до наступної заливки.

Всі технологічні операції в межах одного циклу – 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.

Для виготовлення відливків масою понад 2 кг № 3, 4, 6, 8 – 12, 15, 18, 19, 22 – 27 (табл. 1.12) застосовуємо машину для лиття в кокіль 82А403.

Машина моделі 82А403 (рис. 1.4). На станині машини жорстко закріплені: механізм основних плит, механізм нижнього стержня, механізм торцевої плити, механізм верхнього стержня, маніпулятор. Маніпулятор призначений для захвату відливка і відведення його в сторону, з послідовним опусканням на приймальний стіл або конвеєр. При збиранні кокілю кожна з основних рухомих плит переміщується вздовж станини за допомогою гідроприводу, який закріплений в верхній частині машини. Кокіль має систему охолодження. Комунікації для охолодження кокілю мають колектор і електромагнітний мембранний вентиль для періодичного включення і виключення подачі води.

Технічна характеристика карусельної кокільної машини приведена в таблиці 1.14.

					ДП-131.22.09.01.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

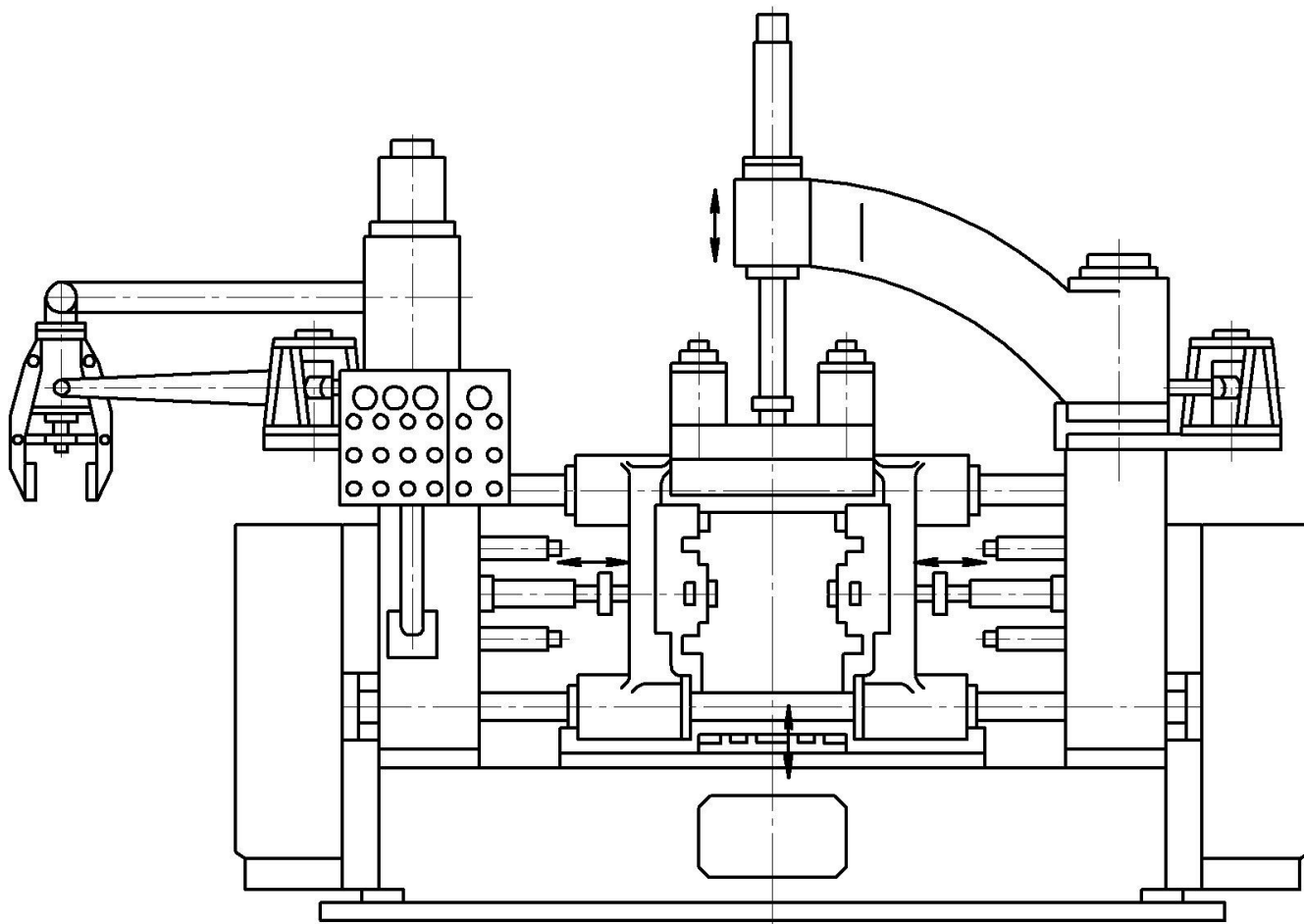


Рисунок 1.4 – Загальний вид однопозиційного
кокільного верстату моделі 82А403

Таблиця 1.14

Технічна характеристика однопозиційного кокільного верстату моделі 82А403

Параметри	Величина
Кількість позицій	6
Розмір робочого місця для кріплення частини кокілью (ширина x висота), мм	500x400
Найменша відстань між плитами, мм	500
Хід плити, мм	500
Зусилля розмикання кокілью, кН	50
Зусилля видалення стержня верхнього/нижнього, кН	160/100
Машинний період циклу, с	36
Продуктивність, заливок/год	до 100
Габарити, мм:	
- довжина	3600
- ширина	1530
- висота	2350
Маса машини, кг	3720

					ДП-131.22.09.01.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Потрібну для виконання програми кількість кокільних машин моделі 82А403 визначаємо за описаною вище методикою.

$$n = \frac{N_{\phi} K_n}{\Phi_{\text{дгк}}} = \frac{1466466 \cdot 1,25}{3614 \cdot 50 \cdot 0,7} = 14,49 \approx 15 \text{ шт.}$$

Приймаємо 15 однопозиційних кокільних верстатів моделі 82А403.

Працює верстат наступним чином. Вмикається гідропривід. Всі гідроциліндри працюють на виштовхування, внаслідок чого половини кокіля змикаються, стержні заходять в порожнину форми. Потім заливається розплав в порожнину кокіля і витримується до повної кристалізації (температура вибивки приблизно 450-500 °С), після чого гідроциліндри стержнів перемикаються на режим втягування, внаслідок чого стержні з відливка видаляються. Потім спрацьовують приводи правий і лівий, які розкривають кокіль і виштовхують відливки разом з ливниковою системою. Після повного розкриття кокіля спрацьовують кінцеві вимикачі, які вимикають подачу робочої рідини в гідроциліндри. Потім цикл повторюється.

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

1.7. Розрахунок дільниці лиття під тиском

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

					ДП-131.22.09.01.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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 відливки 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 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 плиту матриці 2. Матриця, пуансон та плити кріплення 1,2 охолоджуються проточною водою.

					ДП-131.22.09.01.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

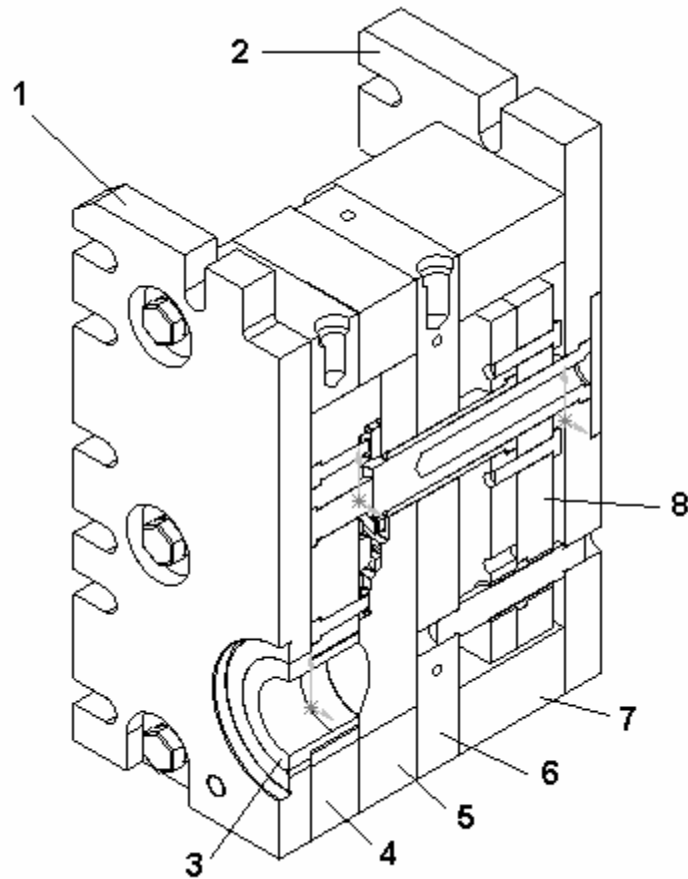


Рис. 1.4. Конструкція прес-форми

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 обрубують на пресі.

					ДП-131.22.09.01.00.00.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 браку 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			
28	Кришка верхня	НП90	1	30960	4	0,38	0,14	8	26373	1055	27428	10022	401	10423	3840	14263	3429
29	Кришка нижня	НП90	1	30960	4,5	0,77	0,64	4	26373	1187	27560	20307	914	21221	17638	38860	6890
30	Кришка	НШ100А	1	80640	2	2,1	0,5	2	68693	1374	70067	144256	2885	147141	35034	182175	35034
31	Кришка	НШ250	1	36000	2	4,48	0,6	2	30667	613	31280	137387	2748	140134	18768	158902	15640
32	Кришка	НШ63Г	1	20700	6	2,6	1,91	2	17633	1058	18691	45847	2751	48597	35700	84298	9346
33	Кришка	НШ3Г	1	28800	3	0,67	0,5	6	24533	736	25269	16437	493	16930	12635	29565	4212
34	Кришка	НШ6Д6	1	11160	4,5	0,43	0,15	8	9507	428	9934	4088	184	4272	1490	5762	1242
35	Кришка	НШ10Д	1	9720	6	0,86	0,7	4	8280	497	8777	7121	427	7548	6144	13692	2194
36	Кришка	НШ28Д	1	8280	4	1,21	0,48	4	7053	282	7335	8535	341	8876	3521	12397	1834
37	Кришка задня	НШ63Г	1	19440	6	1,84	1,1	4	16560	994	17554	30470	1828	32299	19309	51608	4388
38	Кришка передня	НШ10Г	1	115200	4	0,46	0,3	8	98133	3925	102059	45141	1806	46947	30618	77565	12757
39	Кришка	НШ10ДБ	1	54000	9	0,35	0,46	8	46000	4140	50140	16100	1449	17549	23064	40613	6267
40	Кришка	НШ32М	1	280800	3,5	1,28	0,55	4	239200	8372	247572	306176	10716	316892	136165	453057	61893

ДП-13122.09.01.00.00.13

Арк.

Таблиця 1.15 продовження

41	Кришка задня	НШ32Д	1	27000	6	0,82	0,47	6	23000	1380	24380	18860	1132	19992	11459	31450	4063
42	Кришка ліва	НШ32М	1	21600	5	0,54	0,38	8	18400	920	19320	9936	497	10433	7342	17774	2415
43	Кришка	НШ32УК	1	64800	6	0,58	0,31	8	55200	3312	58512	32016	1921	33937	18139	52076	7314
44	Кришка	НШ50А	1	32400	3	1,04	0,37	4	27600	828	28428	28704	861	29565	10518	40083	7107
45	Кришка	НШ32	1	28800	4,5	1,5	0,44	4	24533	1104	25637	36800	1656	38456	11280	49736	6409
46	Кришка	НШ20М	1	54000	4	1,55	0,47	4	46000	1840	47840	71300	2852	74152	22485	96637	11960
47	Кришка передня	НШ63Г	1	15120	8	2,79	1,62	2	12880	1030	13910	35935	2875	38810	22535	61345	6955
	Всього:								826620	35075	861695	1025438	38736	1064175	447683	1511858	211349

ДП-1312209.01.00.00.13

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	25

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

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

де

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

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

Φ_d – дійсний річний фонд часу роботи машин лиття під тиском, год./рік;

g – продуктивність машини, заливок/год;

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

$$n = \frac{211349 \cdot 1,25}{3614 \cdot 25 \cdot 0,7} = 4,18 \approx 5 \text{ шт.}$$

					ДП-131.22.09.01.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо 5 машин 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.

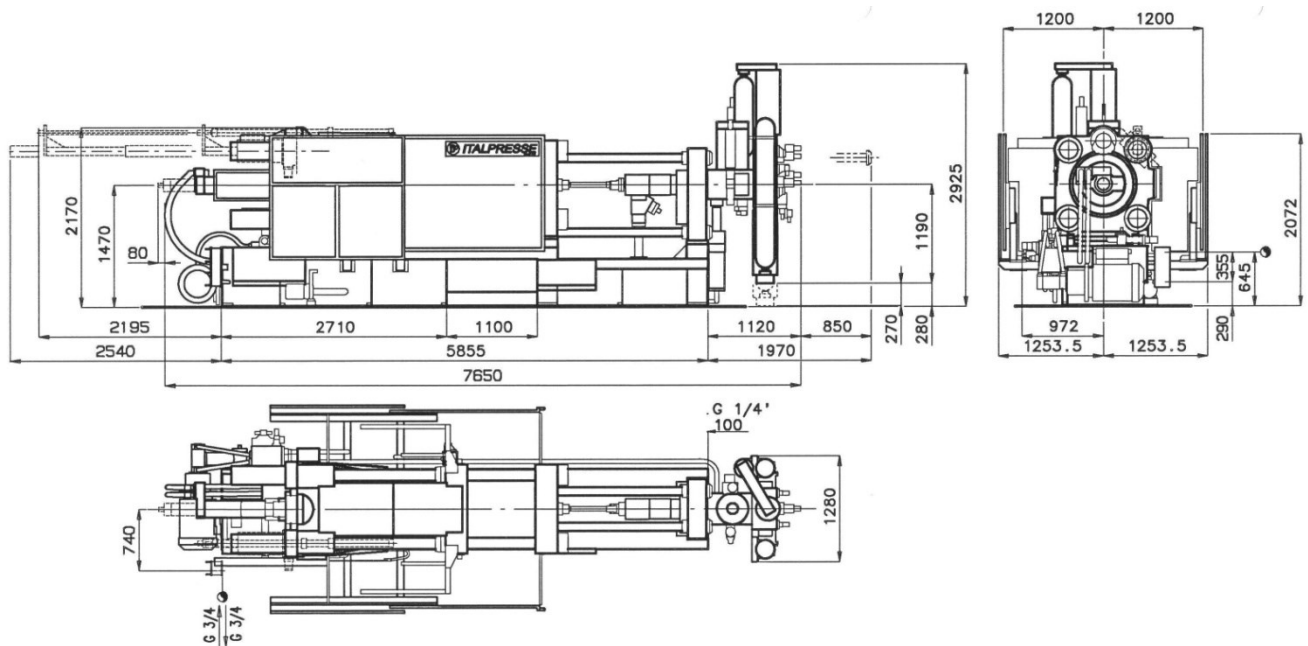


Рис. 1.5. Машина з холодною горизонтальною камерою пресування
ITALPRESSE IP 550 SC

					ДП-131.22.09.01.00.00.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.

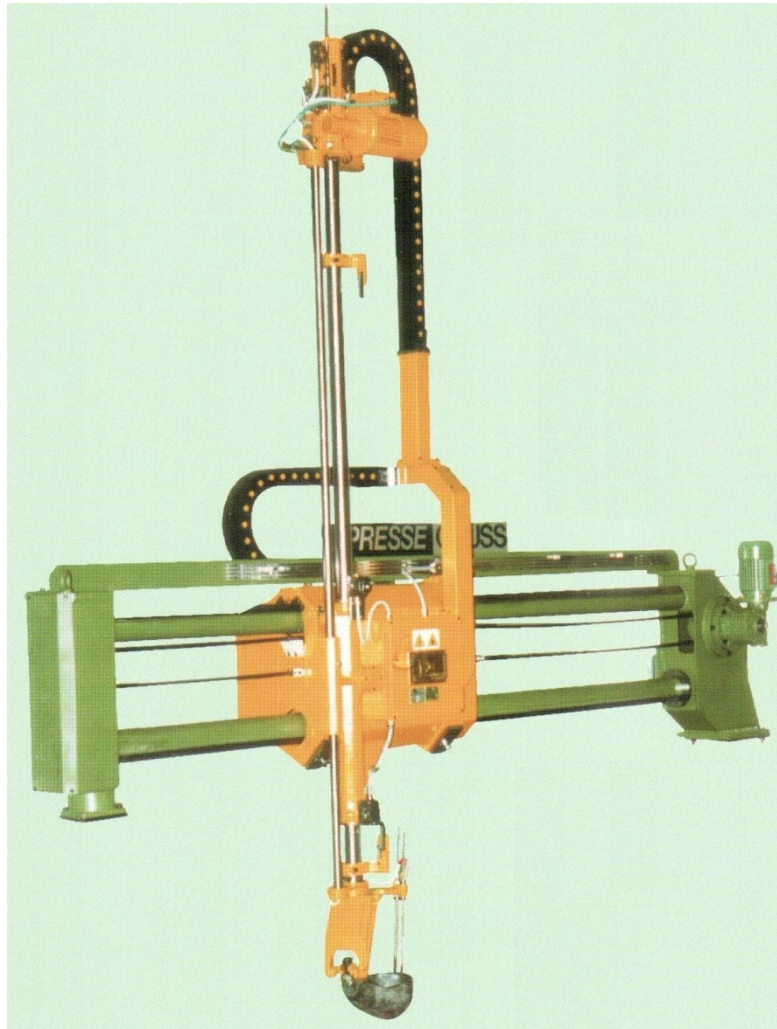


Рис. 1.6. Робот-заливщик ITALPRESSE/GAUSS CAM

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-131.22.09.01.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

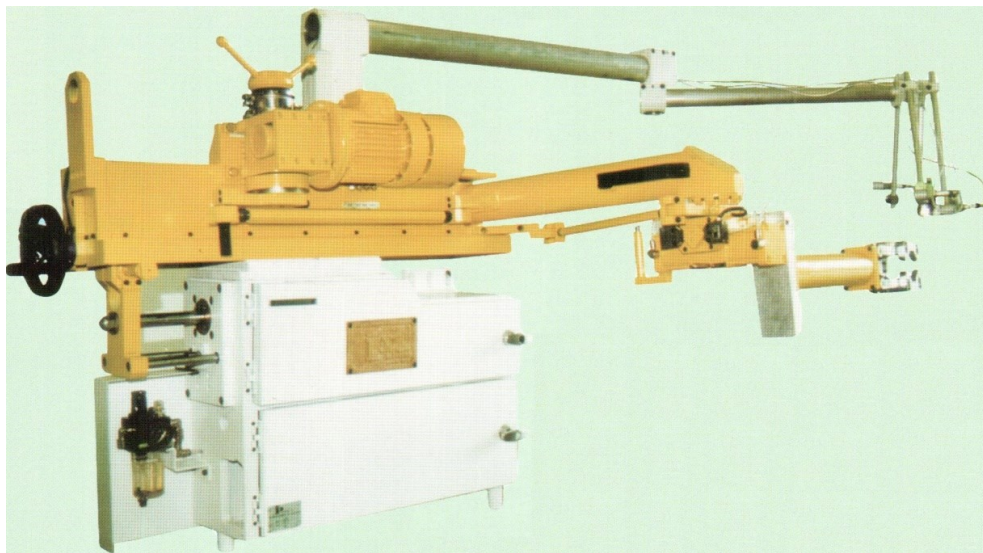


Рис. 1.7. Робот-виймач ITALPRESSE/GAUSS TPZ

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 наведенні 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, заливки/год	150
7	Використання енергії, кВт	2
8	Ємність чаші, кг	7...15

					ДП-131.22.09.01.00.00.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 E, 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-131.22.09.01.00.00.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 переносяться 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.

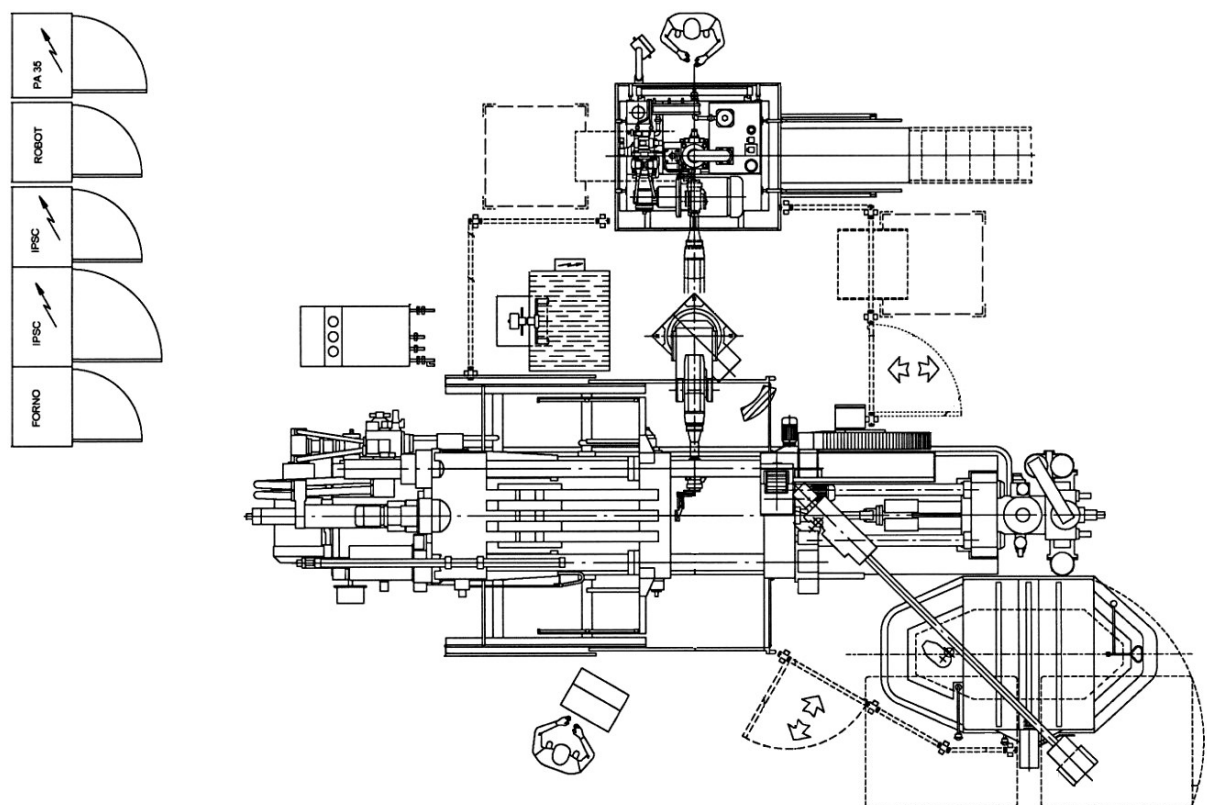


Рис.1.8. Схема робочого місця заливочної дільниці

					ДП-131.22.09.01.00.00.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	1,9х1,2х2,5
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-131.22.09.01.00.00.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;

$$n = \frac{3784 \cdot 1,25}{3614 \cdot 0,2} = 6,54 \text{ шт.}$$

Приймаємо 7 стрічкопильних верстатів JET HVBS-812 R.

					ДП-131.22.09.01.00.00.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;

$$n = \frac{5400 \cdot 1,25}{3614 \cdot 0,35} = 5,33 \text{ шт.}$$

Приймаємо 6 обдирно-шліфувальних верстатів моделі 3К631 з діаметром шліфувального круга 250 мм.

					ДП-131.22.09.01.00.00.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:

$$S_k = \frac{5400 \cdot 20}{1000} = 108 \text{ м}^2$$

де 5400 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:

$$S_{\text{мо}} = \frac{5400 \cdot 25}{1000} = 135 \text{ м}^2$$

де 5400 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-131.22.09.01.00.00.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:

$$S_{\text{гп}} = \frac{5400 \cdot 50}{1000} = 270 \text{ м}^2$$

де 5400 т – кількість придатного литва;

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

1.10.5. Склад шихтових матеріалів

Площа ділянки визначається так:

$$S_{\text{ш}} = \frac{5400 \cdot 100}{1000} = 540 \text{ м}^2$$

де 5400 т – кількість придатного литва;

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

					ДП-131.22.09.01.00.00.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 продуктивністю 5400 тон придатного литва рис. 1.10 (ДП-131.22.09.01.00.00).

Загальна площа цеху складає 4104 м².

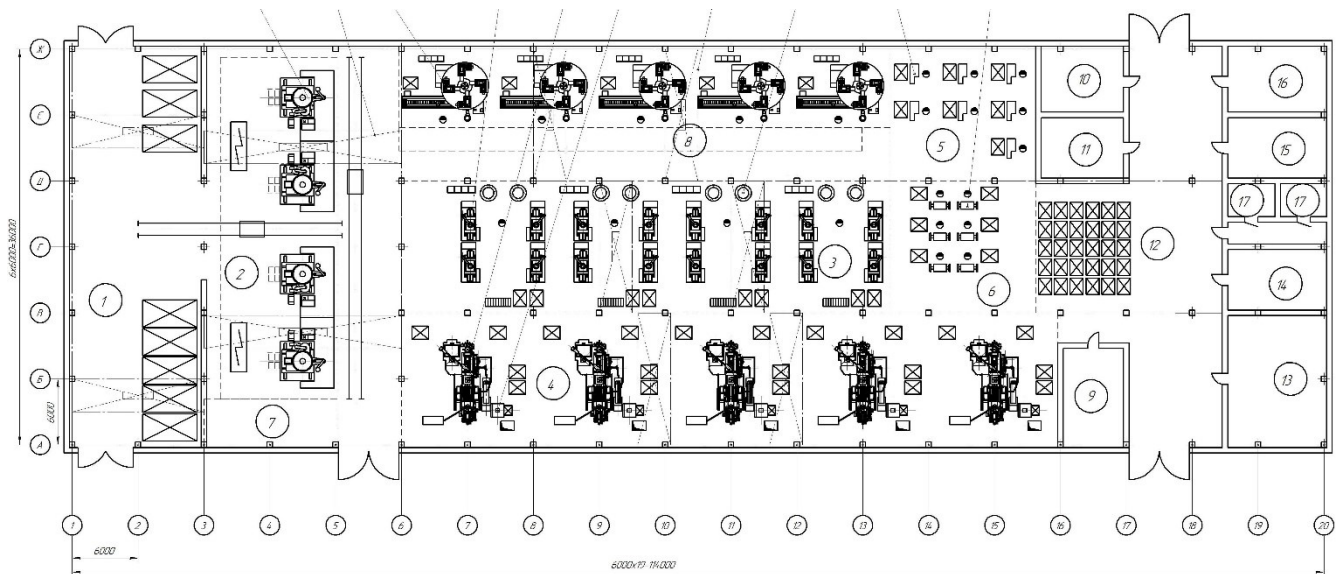


Рис. 1.10. План цеху продуктивністю 5400 т придатного алюмінієвого литва

					ДП-131.22.09.01.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Аналіз конструкції деталі та технічних умов на виливок

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 гідравлічного шестеренчастого насоса НШ100-3-01 (рис.2.1) (ДП-131.22.09.02.01.00) виготовляється литтям у кокіль алюмінієвого сплаву АК5М2Ц4 по ДСТУ 2839-94. Виливок відноситься до II класу по ДСТУ 3015-95, точність відливка 9-0-0-8 ГОСТ 26645-85. Різностінність не більше 3 мм, короблення не більше 2 мм, перекіс по роз'єму до 1,5 мм. Ливарні нахили - 3° , ливарні радіуси - 3 мм. Загальна пористість повинна бути не вище еталона №2 шкали пористості по ДСТУ 2839-94.

Корпус має дуже складну конфігурацію ззовні і у внутрішній порожнині. Бокові поверхні мають плоску форму, а торцеві – форму двох циліндрів, що перетинаються між собою. У верхній частині відливок має форму двох перетинаючихся конусів. Внутрішня поверхня відливка має складну конфігурацію, яку отримуємо за допомогою виступів на металевому стержні. В місцях, де не проводиться механічна обробка, назначаються припуски, а обробка проводиться на внутрішніх і бокових поверхнях. На поверхнях, які є базовими не повинно бути раковин, заливів, неметалічних включень, вони повинні бути чистими. На деяких не оброблюваних поверхнях відливка допускаються одиничні раковини, неметалічні включення в кількості 4 шт., діаметром не більше 3 мм, глибиною не більше 10 мм, відстань між дефектами не менше 10 мм. Габарити деталі 212x202x185 мм. Маса деталі – 7,7 кг. Твердість – не менше 80 НВ.

					<i>ДП-131.22.09.02.00.00 ПЗ</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Технологічна частина</i>		
Розроб.		Мешков А.О.					
Перевір.		Конончук С.В.					
Реценз.							
Н. Контр.							
Затверд.		Кузик О.В.			<i>ЦНТУ, 01-21М</i>		

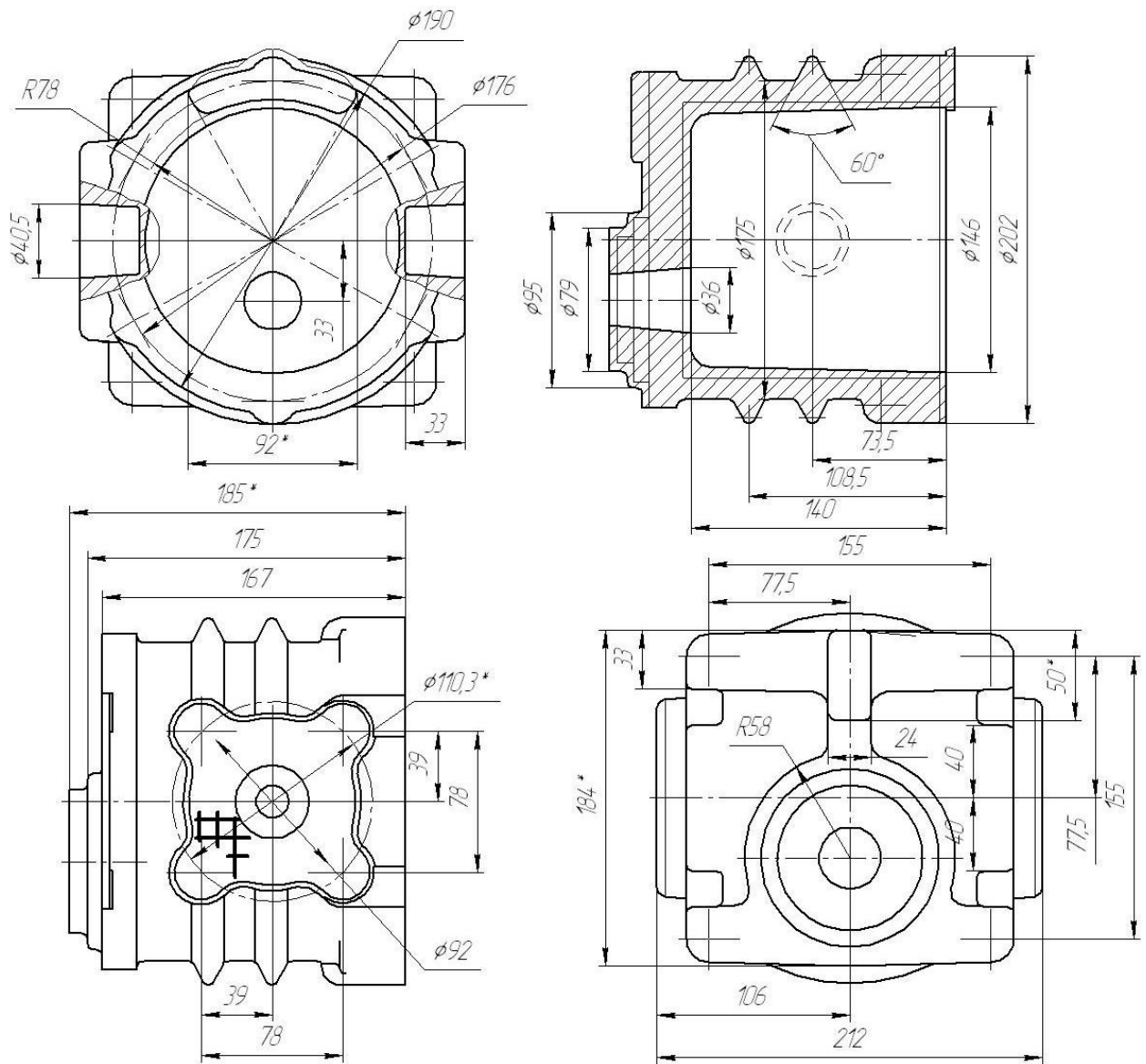


Рис. 2.1. Відливок корпус насоса НШ100-3-01

Допуск зміщення відливка по площині роз'єму – 0,8 мм. На поверхнях, які обробляються, допускаються різні дефекти, які не перевищують глибини в 0,5 мм на механічну обробку.

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

					ДП-131.22.09.02.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

відливка у формі в період заливки і затвердіння, поверхні роз'єму форми, встановити величину припусків на механічну обробку і усадку, радіуси округлень 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:

- поверхня роз'єму повинна займати вертикальне положення;
- 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 .

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.

					ДП-131.22.09.02.00.00 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

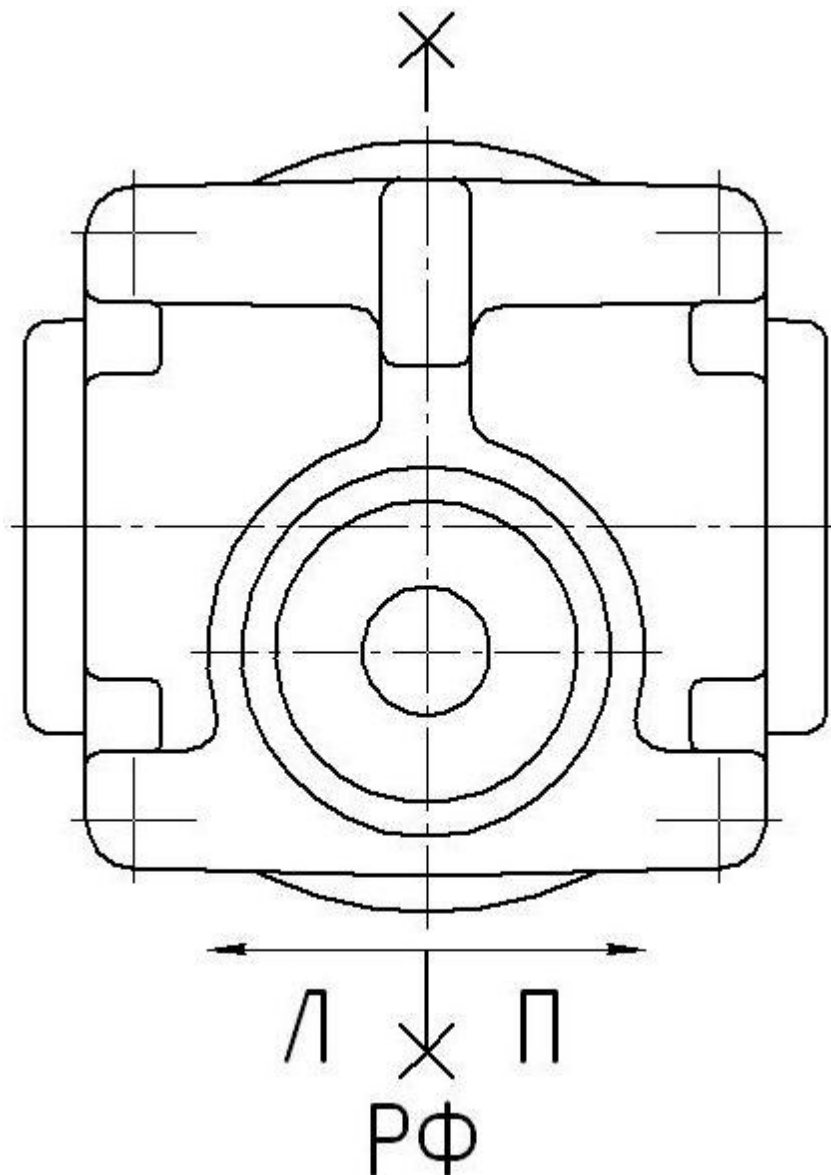


Рис. 2.2. Вибір поверхні роз'єму відливка

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 най більшого 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 26645-85. Припуски на механічну обробку для поверхонь зводимо у табл. 2.1.

					ДП-131.22.09.02.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

Припуски механічну обробку відливків із алюмінієвих сплавів при литті в кокіль

Найбільший розмір	Положення при заливці	Найменший розмір
3,5	Верх	2,0
3,5	Низ	2,0
3,5	Збоку	2,0
3,5	Внутрішня поверхня	2,0

2.2.3. Вибір радіусів округлень та ливарних нахилів. Радіуси округлень регламентовані ГОСТ 10948-64. На кресленні вказані не всі значення округлень, але вони занесені в технічні вимоги на відливок, як і ливарні уклони:

- не вказані ливарні нахили – 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 АК5М2Ц4 при литті в кокіль 1,00%, а об'ємну – 3,00%.

2.2.5. Розробка креслень модельно-ливарних вказівок. Креслення модельно-ливарних вказівок розроблено на основі креслення деталі корпусу НШ100-3-01. Технологічне креслення – це креслення з технологічними зазначеннями у відповідності з ГОСТ 2.423-73. На кресленні деталі слід вказати:

- розташування відливка у формі в період заливки та затвердіння;
- величину припуску на механічну обробку;
- розташування поверхонь моделі на формі;
- границі стержнів та зазори;
- місце установки, розміри елементів ливниково-живильної системи.

Розташування проекції креслення відливки повинно відповідати положенню її при заливці форми металом. На кресленні відливка вказують величину

					ДП-131.22.09.02.00.00 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

припуску на механічну обробку. Отвори, які не виконують литтям, закреслюють суцільною лінією. На кресленні деталі відливка, відповідно ГОСТ, наносять елементи ливарної форми. Роз'єм відливка та форми показаний прямим відрізком, над яким проставляють літери РФ. Всі елементи наносяться відповідно до ГОСТ 2423-73.

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 2309-73. Якщо шорсткість всіх поверхонь однакова, то вона повинна позначатись в правому верхньому куті креслення.

Зображення ливникової системи. підживлювача та нанесення розмірів виконують за ГОСТ 2423-73. 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.

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. При підводі розплаву знизу метал заповнює ливарну

					ДП-131.22.09.02.00.00 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3.3. Тип ливникової системи. Конструкцію ливникової системи вибираємо типову: розширюючуща, нижня-бокова, сифонна, горизонтальну з похилим стояком (рис. 2.3).

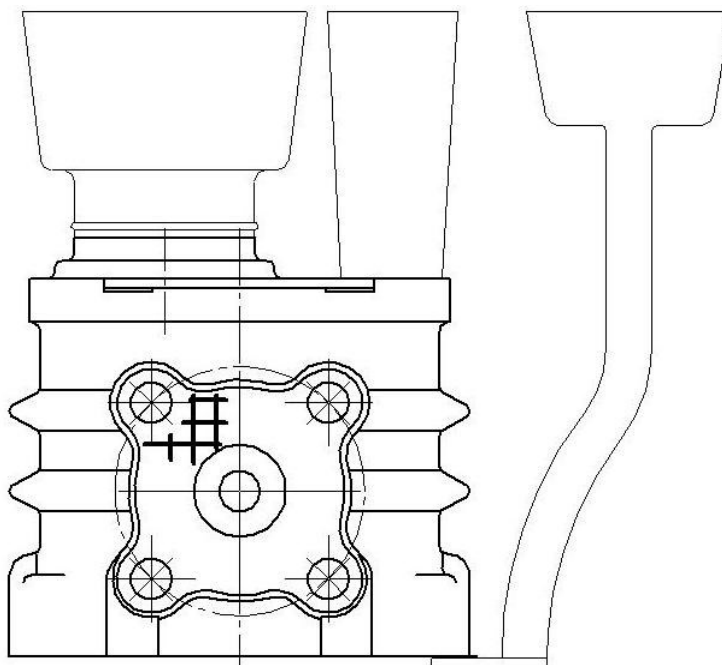


Рис. 2.3. Конструкція ливникової системи

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

					ДП-131.22.09.02.00.00 ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок розмірів підживлювача ведемо за такою методикою.

Висота підживлювача розраховується за формулою:

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

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

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

V_n - необхідний об'єм підживлювача.

$$V_n = \frac{\beta}{k} V_{\text{від}}, \quad (2.2)$$

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

$k = 0,25$;

$V_{\text{від}}$ - об'єм відливка $V_{\text{від}} = 2850 \text{ см}^3$.

$$V_n = \frac{0,035}{0,25} \cdot 2850 = 400 \text{ см}^3$$

$$H = \sqrt[3]{\frac{10}{9,5} \cdot 400} = 73 \text{ мм}$$

Діаметр підживлювача розраховується за формулою:

$$D = H \cdot (1,7 \dots 1,9) = 124 \dots 138 \text{ мм}$$

					ДП-131.22.09.02.00.00 ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для більш ефективного живлення термічних вузлів відливка та виходу газів із ливарної форми конструктивно приймаємо підживлювач та випор розміри яких вказані на рис. 2.4.

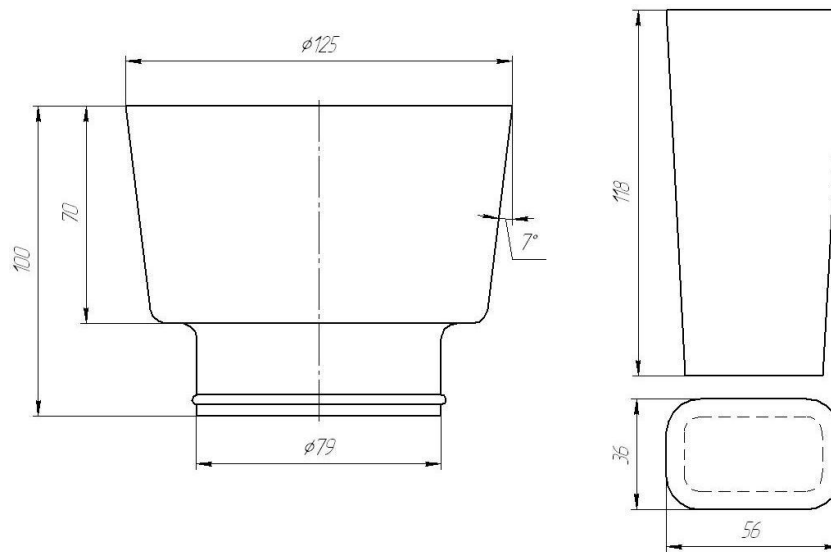


Рис. 2.4. Схема з розмірами підживлювача та випора

2.3.5. Розрахунок ливникової системи. Розміри елементів ливникової системи для відливів 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 відливків швидкість руху розплаву повинна знижуватись від перерізу стояка до живильника. Тому для відливків із алюмінієвих сплавів застосовують ливникові системи які розширюються зі співвідношенням:

$$F_{ст} : F_{кол} : F_{ж} = 1 : 2 : 3, \quad (2.3)$$

де $F_{ст}, F_{кол}, F_{жс}$ - площі поперечного перерізу стояка, колектора, живильника відповідно.

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

Досить точною є залежність:

$$u_0 = (3,0 \dots 4,2) l_0, \quad (2.4)$$

де u_0 - початкова швидкість підйому розплаву у формі, см/с

l_0 - характерна товщина стінки відливка, см.

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

$$F_{ст} = \frac{(3,0 \dots 4,2) G}{\rho H_0 l_0 u_{роз}}, \quad (2.5)$$

де G - вага відливка, г, $G = 9700$ г;

ρ - густина розплаву, г/см³, $\rho = 2,7$ г/см³;

H_0 - висота відливка, см, $H_0 = 23,5$ см;

l_0 - характерна товщина стінки відливка, см, $l_0 = 2,3$ см;

$u_{роз}$ - швидкість руху розплаву, см/с.

Швидкість руху розплаву визначається за формулою:

$$u_{роз} = \mu \sqrt{2gH_p}, \quad (2.6)$$

де μ - коефіцієнт витрати, $\mu = 0,65 \dots 0,75$ (для нижнього підводу металу);

H_p - статичний напір, $H_p = H_0 - \frac{p^2}{2c}$.

					ДП-131.22.09.02.00.00 ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

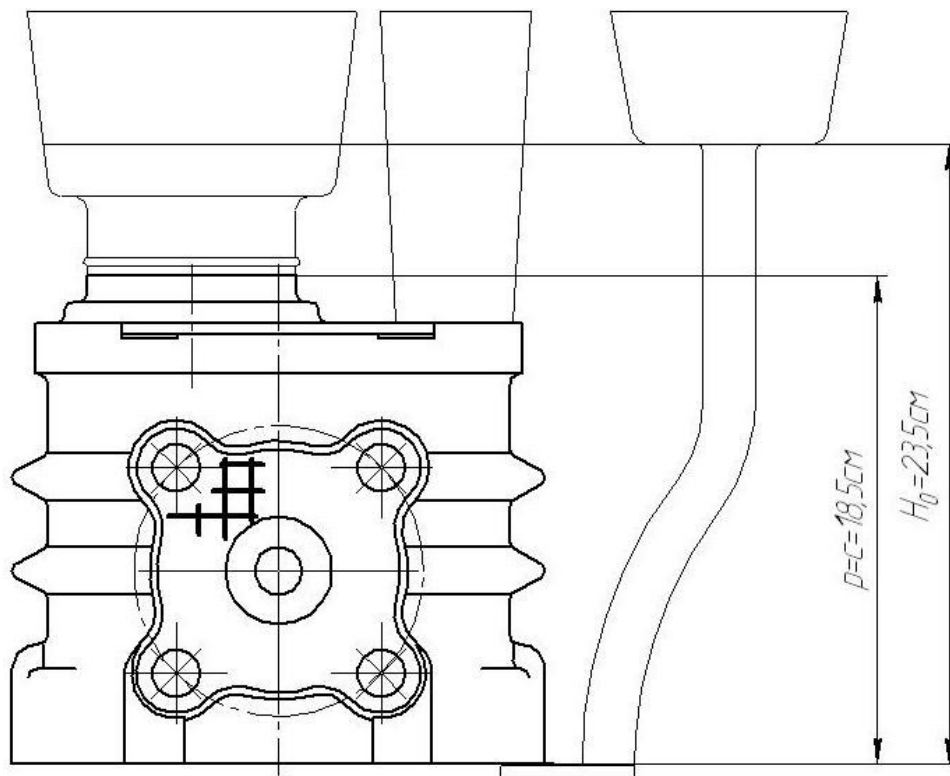


Рис. 2.5. Схема до розрахунку статичного напору

$$H_p = 23,5 - \frac{18,5^2}{2 \cdot 18,5} = 14,25 \text{ см}$$

$$u_{роз} = 0,70 \sqrt{2 \cdot 981 \cdot 14,25} = 117 \text{ см/с}$$

$$F_{cm} = \frac{(3,0 \dots 4,2) \cdot 9800}{2,7 \cdot 23,5 \cdot 2,3 \cdot 117} = 1,72 \dots 2,41 \text{ см}^2$$

Приймаємо $F_{cm} = 1,80 \text{ см}^2$, тоді $F_{жс} = 1,90 \text{ см}^2$ (в нашому випадку ливникова система складається зі стояка та живильника).

Стояк приймаємо прямокутного перерізу з закругленими краєм. Товщина стояка – 10 мм, тоді його ширину приймемо – 20 мм, з радіусом округлення 5 мм.

Живильників приймаємо два, для підводу металу в ліву та праву напівформи одночасно. Переріз живильника – прямокутний з закругленими нижніми краями, висота – 5 мм, ширина – 20 мм, з радіусом округлень 5 мм.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП-131.22.09.02.00.00 ПЗ

Арк.

67

Перерізи елементів ливникової системи показано на рис. 2.6.

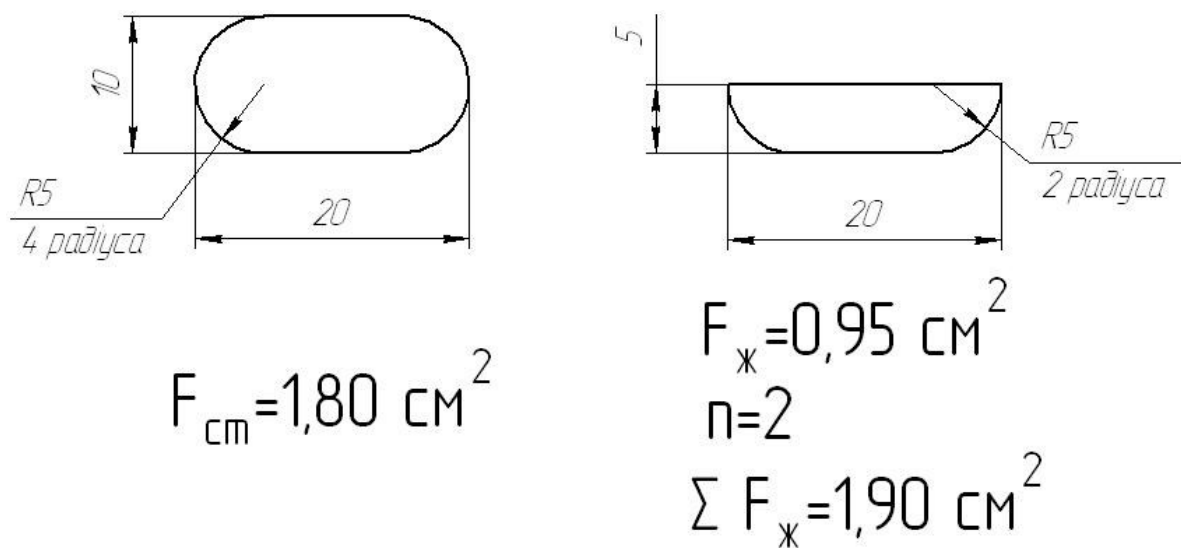


Рис. 2.6. Перерізи елементів ливникової системи

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. Відливкок корпус НШ100-3-01 виготовляється в кокіль, який монтується на однопозиційну кокільну машину моделі 82А403, технічна характеристика якої приведена в розділі 1, кокіль монтується на штоки бокових гідроциліндрів та на направляючі. Також вмонтовані стержні. Напівформа та кокіль в зборі показані на рис. 2.7, 2.8 відповідно.

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

					ДП-131.22.09.02.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

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 АК5М2Ц4, температура заливки сплаву 720...740 °С. Сплав заливається в форму ковшем ємністю 10 кг.

6. Після охолодження і повного затвердіння відливка (10...15 хв), за допомогою гідроприводу видаляються стержні і кокіль розкривається.

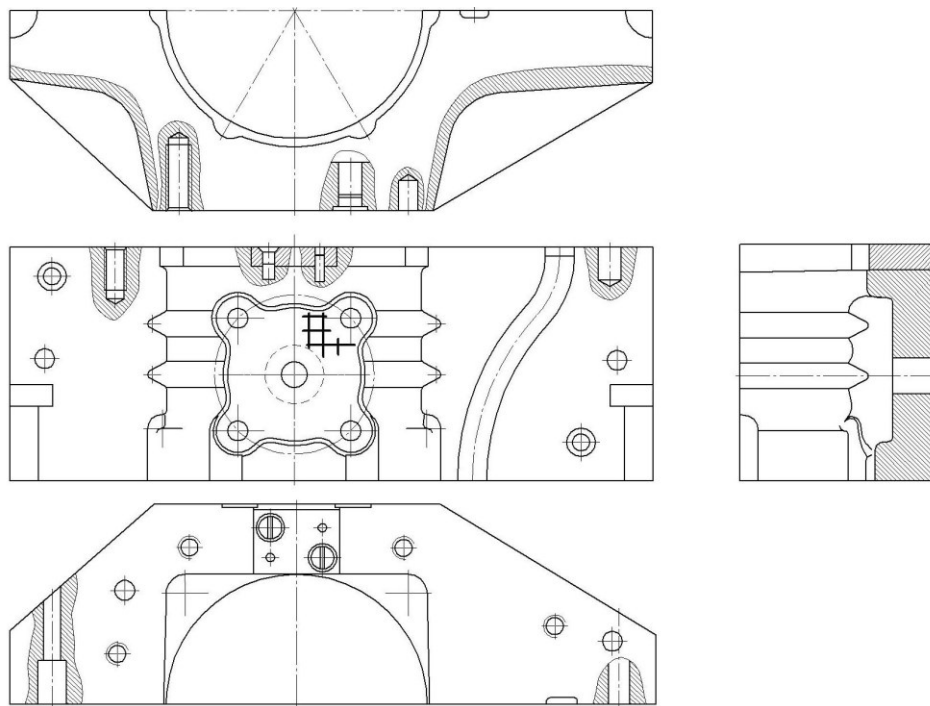


Рис. 2.7. Напівформа кокілю

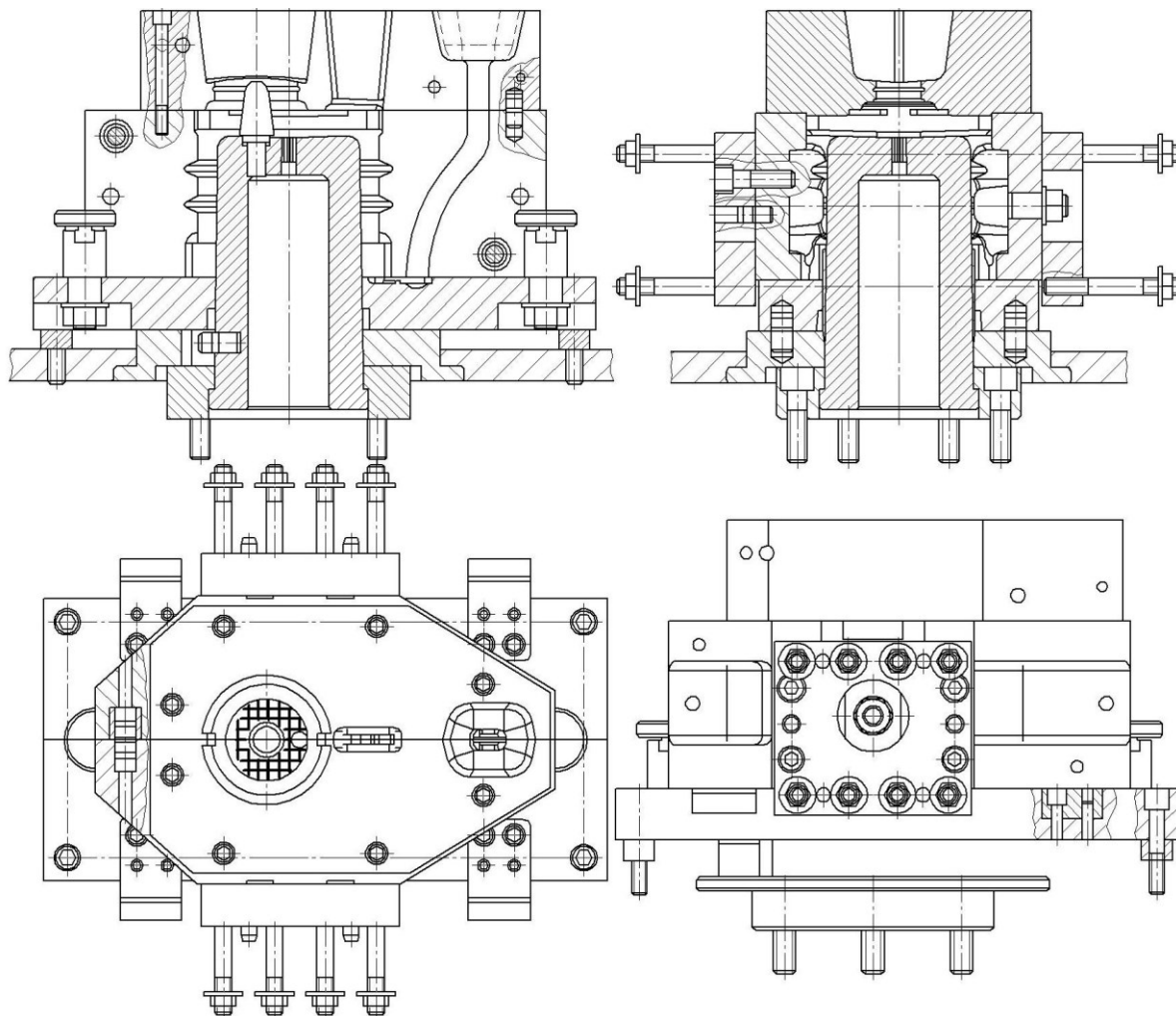


Рис. 2.8. Кокіль в зборі

7. Відливок знімають з кокілю захопивши кліщами за підживлювач і скидають у тару. Після заповнення тари вона транспортується цеховим транспортом на очисну ділянку.

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

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

- твердість (80...115 НВ) заміряється в частині підживлювача по центру відливка на приладі ТШ-2 при діаметрі шарика 10 мм навантажені 1000 кгс та витримці 30 с;

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП-131.22.09.02.00.00 ПЗ

Арк.

70

- візуальний огляд відливків для виявлення видимих дефектів (допускаються різні дефекти на поверхнях, що обробляються, але не більше 2/3 припуску на механічну обробку);
- заміряються базові розміри;

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

2.5. Опис процесу проектування ливарного оснащення

Кокіль для виготовлення відливків корпус НШ100-3-01 виготовляється литтям з сірого чавуну марки СЧ 20. Для покращення властивостей чавуну його легують такими елементами: Cu - 1 %, V - 0,5 %, Ti - 0,1 %, Sn – 0.2 %, Al- 3 %. Легуючі елементи вводяться в ківш. Після виготовлення відливка проводиться механічна обробка формують поверхонь кокілю. Кокіль виготовляється без підживлюючої частини, ця частина виготовляється з нелегованого сірого чавуну марки СЧ 20 шляхом механічної обробки заготовки. Частина підживлювача прикріплюється болтами до кокілю.

Кокіль має ребра жорсткості для зменшення металоємкості і ваги. Основа кокілю виготовляється з чавуну СЧ 20 того ж складу, що і кокіль.

Стержні мають округлу форму виготовляються шляхом механічної обробки круглої заготовки. Поверхні, що контактують з рідким металом піддаються поліруванню. Матеріал стержнів сталь 45 ГОСТ 1050-74.

Плоскі стержні виготовляються шляхом механічної обробки плоских заготовок. Контактуючі поверхні з рідким металом піддаються поліруванню. Матеріал стержнів сталь 45 ГОСТ 1050-74.

Поверхні, що контактують з рідким металом піддаються поліруванню. Матеріал стержнів сталь 45 ГОСТ 1050-74.

					ДП-131.22.09.02.00.00 ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

2.6. Аналіз ливникової системи

При виготовленні відливка НШ100-3-01 основними видами браку можуть бути: газові раковини, газова пористість в підживлюючій частині а також неметалеві включення.

Утворення зазначених дефектів залежить від режимів заповнення форми, конструкції ливникової системи, якості шихтових матеріалів та застосування якісних фарб для покриття робочої порожнини, забезпечення вільного видалення газів з ливарної порожнини під час заливки і кристалізації.

Неметалеві включення є одним із самих розповсюджених дефектів, а їх усунення однією із найважливіших задач.

Причини утворення неметалевих включень: турбулентний рух розплаву по каналах ливникової форми, інжекція повітря та газів через роз'єм форми; проникнення (з заливочного ковша завжди присутніх в розплаві оксидів та інших сполук.

Таким чином, не правильно спроектована ливникова система утворює турбулентний рух (великий переріз стояка), каскадне скидання розплаву (щільовий високий живильник).

Газова пористість під підживлювачем є наслідком недостатнього живлення верхньої частини відливка (недостатній об'єм існуючого підживлювача).

Отже, режим заповнення форми розплавом слід регулювати таким чином, щоб відбувалося плавне заповнення робочої порожнини форми і щоб в неї не надходило повітря, захват газів при плавці та розливі.

					ДП-131.22.09.02.00.00 ПЗ	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таким чином, ливникова система даної конструкції і основними розмірами її елементів забезпечує режим заповнення форми розплавом, а саме виконується умова:

$$u_{роз} > u_{min}, \quad (2.7)$$

де $u_{роз}$ - середня швидкість підйому розплаву у формі, м/с;

u_{min} - мінімально допустима швидкість підйому розплаву у формі, м/с.

Тобто:

$$1,17 \text{ м/с} > 0,54 \text{ м/с}$$

Ламінарність потоку забезпечується розмірами ливникової системи і її конструкцією.

					ДП-131.22.09.02.00.00 ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. НАУКОВА ЧАСТИНА

ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ ПЛАВИЛЬНИХ ТИГЛІВ НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ ВОГНЕТРИВКИХ ПОКРИТТІВ

3.1. Аналіз впливу факторів на стійкість плавильних тиглів

Алюмінієві сплави завдяки своїм перевагам посідають провідне місце за обсягом виробництва серед усіх кольорових металів [34]. Однією з основних областей застосування алюмінієвих сплавів, поряд з авіаційною, космічною технікою, електротехнікою, харчовою промисловістю, будівельними конструкціями, є їхнє використання в машинобудуванні [35]. У якості основних переваг застосування в машинобудуванні алюмінієвих сплавів у порівнянні зі сплавами на основі заліза (сталями та чавунами) є більш низька густина ($2,7 \text{ г/см}^3$ (Al) проти $7,8 \text{ г/см}^3$ (Fe)), висока питома міцність ($\sigma/\text{гп}$), корозійна стійкість, тепло- і електропровідність (в 3–4 рази вище у порівнянні із залізо-вуглецевими сплавами), холодостійкість, технологічність у виготовленні (технологічна пластичність, і в ряді випадків зварюваність). Однією з найбільш значних переваг алюмінієвого лиття є те, що він створює більш легкі деталі з великою кількістю варіантів обробки поверхні, ніж інші литі сплави. Алюміній також може витримувати високі робочі температури серед всіх ливарних сплавів. Крім того, литий алюміній універсальний, стійкий до корозії; він зберігає високу стабільність розмірів з тонкими стінками і може використовуватися практично в будь-якій галузі.

Типовий технологічний процес лиття в кокіль алюмінієвих сплавів складається з таких операцій: підготовка шихтових матеріалів (подрібнення, зважування), підготовка інструменту, обладнання, оснащення, плавка,

					ДП-131.22.09.03.00.00 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Мешков А.О.			Наукова частина		
Перевір.		Конончук С.В.					
Реценз.							
Н. Контр.							
Затверд.		Кузик О.В.					
					Літ.	Арк.	Акрушів
					ЦНТУ, гр. 01-21М		

рафінування, литво, обрубка, відрізання підживлювачів, зачистка, транспортування.

Для визначення шляхів удосконалення технології лиття необхідно проаналізувати можливість зміни параметрів, які впливають на зменшення собівартості виробництва (зменшення енерговитрат, матеріалоемності, підвищення продуктивності) та підвищення якості литва.

Екстремальні умови роботи елементів сучасних конструкцій, складність їх форми та конструкції а також складність технології їх виготовлення роблять дорогим і тривалим здійснення виробничого або натурного експерименту, особливо, якщо мова йде про дослідження процесів кристалізації і охолодження. Створення конструкцій такого типу неможливо без використання систем комп'ютерного моделювання процесів, удосконалення й автоматизації процесу проектування, застосування нових матеріалів і технологій.

Одним із параметрів, які впливають на собівартість виливків та їх якість є стійкість ливарного обладнання, тобто його можливість безперебійно працювати впродовж визначеного періоду часу. В цьому аспекті на тривалість безперебійної роботи плавильно-роздавальних печей вирішальний вплив має стійкість тиглів.

В електричних печах опору зазвичай використовують керамічні, графітові, сталеві та чавунні тиглі. На сьогоднішній день всі провідні світові виробники алюмінієвого лиття використовують в тигельних печах керамічні графітошамотні або карбідкремнієві тиглі. Незважаючи на їх високу стійкість у порівнянні з чавунними тиглями та відсутність негативного впливу заліза, керамічні тиглі мають також і недоліки. До основних недоліків можна віднести низьку міцність, малу теплопровідність, низьку стійкість при термоциклічних навантаженнях. Проте, головним недоліком керамічних тиглів, який заважає широкому їх використанню у вітчизняному ливарному виробництві є їх висока вартість.

В даному дипломному проекті в якості плавильно-роздавальних печей на дільниці лиття в кокіль передбачено використання печей НО-136 з чавунними тиглями ємністю 220 кг по алюмінію.

					ДП-131.22.09.03.00.00 ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Першим критерієм оцінки стійкості чавунних тиглів є їх здатність протистояти роз'їдаючій дії розплаву. Цим визначається як довговічність тигля, так і якість самого розплаву. Рідкий алюміній потрапляючи всередину мікронерівностей на поверхні тигля починає окислюватись і розширюватись. Внаслідок цього мікронерівності розширюються і в утворенні порожнини потрапляють нові порції алюмінію. В результаті тигель поступово починає руйнуватись. Крім механічного руйнування одночасно відбуваються фізико-хімічні перетворення, які також призводять до руйнування тигля та насичення алюмінія залізом.

Швидкість роз'їдання стінок тигля залежить від температури розплаву і тривалості його контакту зі стінками тигля. Навіть незначний перегрів сплаву вище 700 °C стрибкоподібно збільшує вміст заліза, що переходить у розплав із тигля. Але і при звичайних температурних режимах швидкість розчинення заліза в алюмінії досить висока і складає 300 – 350 мкм/год.

Залізо, як відомо, є шкідливою домішкою в алюмінії. Його вміст для кокільного литва не повинен перевищувати 1 % згідно стандарту. Таким чином захист тигля від роз'їдаючої дії розплаву забезпечує збільшення ресурсу печі та підвищення якості литва за рахунок зменшення вмісту заліза у сплаві. Єдиний вихід зменшити швидкість роз'їдання та розчинення матеріалу тигля в рідкому алюмінії, це створити бар'єр на основі кераміки (зазвичай суміш оксидів, карбідів та звязуючого) між розплавом та металом тигля. В якості бар'єру на внутрішній поверхні тигля використовують вогнетривкі фарби або вогнетривкі обмазки.

Другим критерієм оцінки стійкості чавунних тиглів є термостійкість – здатність матеріалів протистояти, не руйнуючись, напругам, викликаним зміною температури. Згідно з виробничими даними стійкість тиглів у печах, які працюють в одну зміну в 2 – 3 рази нижча у порівнянні з печами, які працюють в трьохзмінному безперервному режимі. У випадку використання вогнетривких фарб і обмазок цей вплив значно посилюється внаслідок того, що чавун і вогнетривке покриття мають різні коефіцієнти термічного розширення. Враховуючи дану обставину будь-яка суттєва зміна температури буде негативно

					ДП-131.22.09.03.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

впливати на стійкість та цілісність шару вогнетривкого покриття. Будуть утворюватись мікротріщини, в які потраплятиме рідкий алюміній. При окисленні алюміній буде розширюватись збільшуючи тріщини, внаслідок чого вогнетривке покриття буде руйнуватись.

Третім критерієм оцінки стійкості чавунних тиглів є дотримання технологічних режимів експлуатації печей. Не можна завантажувати шихту в холодну піч адже коефіцієнт термічного розширення у алюмінія приблизно у 10 разів вищий ніж у чавуна. З тієї ж причини не можна залишати розплавлений алюміній та вимикати піч. В цьому випадку перед вимкненням печі весь алюміній необхідно злити, а стінки тигля ретельно очистити від залишків металу і шлаку.

Також необхідно не допускати механічних руйнувань вогнетривкого покриття під час завантаження шихти, плавильно-залівним інструментом під час рафінування, розливки.

3.2. Вибір матеріалів для вогнетривкої обмазки та вогнетривкої фарби

Згідно з виробничою технологією в якості вогнетривкого покриття для тиглів використовують покриття на основі окису цинку. Хімічний склад покриття наступний: окис цинка – 250 г; вода – 1000 г; рідке скло – 100 г. Покриття наносять на внутрішню поверхню тиглів пензлем в 3...4 шари, ретельно просушуючи кожен шар в печі при температурі 250 °С на протязі 1,5...2 год.

Вогнетривке покриття на основі окису цинку забезпечує стійкість тиглів 30...40 плавок.

На сьогоднішній день провідні світові виробники алюмінієвого лиття використовують вогнетривкі покриття на основі оксидної кераміки, з додаванням карбідів, графіту та рідкого скла в якості зв'язуючого. Зазвичай дані покриття поставляються у вигляді концентрату, для використання якого необхідно додати води, або готового до використання покриття.

До найвідоміших виробників вогнетривких фарб відноситься фірма "SCHAFER Chemische Fabric GmbH", Німеччина. Основними вогнетривкими

					ДП-131.22.09.03.00.00 ПЗ	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

фарбами цієї фірми є CILLOLIN AL 285, AL 285 G – на водній основі, та CILLOLIN AL 500 G – на спиртовій основі.

З метою підвищення стійкості плавильних тиглів пропонується наносити вогнетривке покриття у вигляді одного шару обмазки товщиною 4...5 мм та одного шару вогнетривкої фарби. Хімічний склад вогнетривкої обмазки П1 та вогнетривкої фарби П2 приведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Хімічний склад вогнетривких покриттів [36]

Найменування компонента	Вогнетривка обмазка П1, % за масою	Вогнетривка фарба П2, % за масою
Мелений магнезит (не менше 85 % MgO)	70	–
Вогнетривка глина (алюмосилікатна, монтморилонітова, гідрослюдисто-каолінітова)	8,5	–
Гідратований силікат натрія (рідке скло)	12	7
Вода	9,5	50
Маршаліт (пиловидний кварц)	–	23
Окис цинку	–	20

3.3. Опис способу нанесення вогнетривкого покриття на тигель

Перед нанесенням вогнетривкого покриття тигель повинен бути очищений від бруду, іржі, пригару. Для цього на виробництві використовують галтовку. Тигель закріплюють під кутом 30 ° до вертикальної осі в обертальний механізм. В тигель завантажують литі чавунні молотні тіла – кулі або циліндри. Вмикають установку і здійснюють галтовку за такими режимами: швидкість обертання – 0,5...0,8 об/с, час галтовки – 10...15 хв.

Далі необхідно приготувати вогнетривкі покриття П1 і П2 згідно складу, наведеного в табл. 3.1. Спочатку змішують сухі сипучі складові. Потім

добавляють в необхідній кількості рідке скло. Отриманий концентрат розбавляють до необхідної консистенції водою. При цьому консистенція вогнетривкої обмазки П1 повинна бути пастоподібною і повинна забезпечувати можливість її нанесення на внутрішню поверхню тигля шпателем, а консистенція вогнетривкої фарби П2 повинна забезпечувати можливість її нанесення пензлем.

Вогнетривку обмазку П1 наносять на внутрішню поверхню тигля шпателем рівномірним шаром товщиною 3...5 мм. Товщину шару обмазки та надлишок контролюють за допомогою шаблону. Після цього обмазку просушують в цеху при температурі навколишнього середовища 20 °C на протязі 8 год.

Далі необхідно встановити тигель в плавильну піч та просушити обмазку згідно з такими режимами (рис.3.1): 60 °C – 1 год.; 100 °C – 1 год.; 120 °C – 2 год.; 250 °C – 2 год.; 500 °C – 4 год.

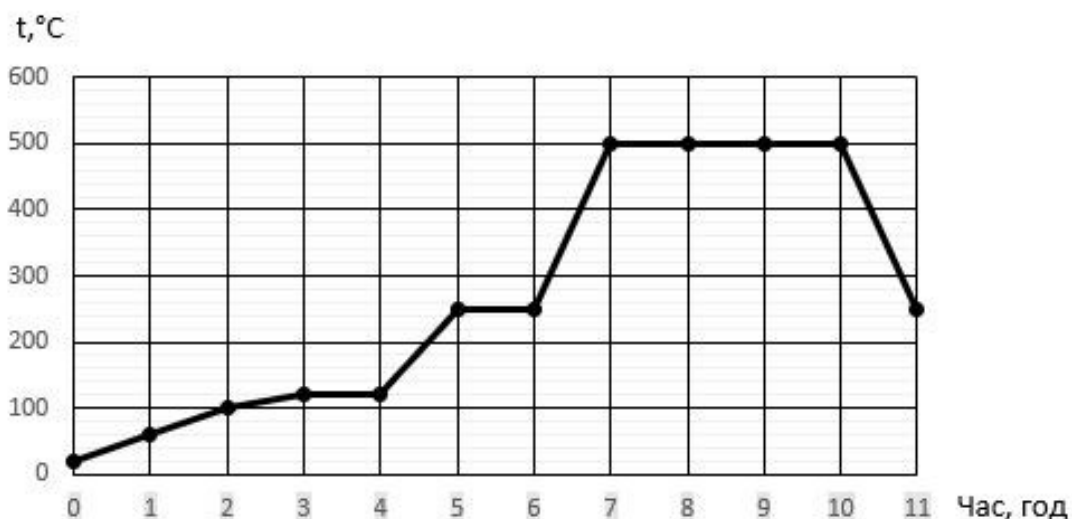


Рисунок 3.1 – Графік режиму сушки вогнетривкої обмазки

Після охолодження тигля до 250 °C на внутрішню поверхню пензлем наносять шар вогнетривкої фарби П2 і залишають при цій температурі на 1 год.

Потім поступово зі швидкістю нагрівання 200 °C/год піднімають температуру тигля до робочої температури 750 °C. Піч готова до експлуатації.

Тигель з нанесеним вогнетривким покриттям показано на рис. 3.2.



Рисунок 3.2 – Плавильний тигель до печі НО-136 з нанесеним вогнетривким покриттям

Застосування такого способу нанесення вогнетривкого покриття на тигель повинно забезпечувати збільшення стійкості тиглів від 30 плавок до 60...90 плавок, тобто в 2... 3 рази.

Таким чином, на основі аналізу впливу високих температур, розплавленого металу і шлаку на стійкість плавильних тиглів запропоновано склад та спосіб нанесення вогнетривкого покриття. Розроблено рекомендації щодо підвищення стійкості тиглів. Розроблений технологічний процес підготовки тиглів до плавки повинен забезпечити збільшення стійкості тиглів у порівнянні з використовуваною на виробництві технологією від 30 плавок до 60...90 плавок, тобто в 2... 3 рази.

Отримані результати досліджень мають рекомендаційний характер і потребують практичної перевірки у виробничих умовах.

					ДП-131.22.09.03.00.00 ПЗ	Арк.
						80
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.

$$W_e = 250 \cdot 5400 \cdot 1,05 = 1417500 \text{ кВт·рік}$$

					ДП-131.22.09.04.00.00 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Мешков А.О.			Енергетична частина			Літ.	Арк.	Акрушіє	
Перевір.		Конончук С.В.								81	
Реценз.								ЦНТУ, 01-21М			
Н. Контр.											
Затверд.		Кузик О.В.									

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;

$$W_T = 420 \cdot 5400 \cdot 1,05 = 2381400 \text{ кВт·рік}$$

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:

$$W = 1417500 + 2381400 + 325616 = 4124516 \text{ кВт·рік}$$

					ДП-131.22.09.04.00.00 ПЗ	Арк.
						82
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, $\text{м}^3/\text{т}$.

$$P_T = 35 \cdot 5400 = 189000 \text{ м}^3$$

Витрати води на побутові потреби, господарсько-питні:

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

де 45 л – витрата води на чоловіка у зміну;

N – кількість працюючих у зміну;

n – кількість змін у році.

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

Річну потребу в воді визначаємо:

$$P_T = 189000 + 2069 = 191069 \text{ м}^3$$

					ДП-131.22.09.04.00.00 ПЗ	Арк.
						83
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, $P_{\text{ст}} = 750 \dots 800 \text{ м}^3/\text{т}$.

$$Q_{\text{ст}} = 750 \cdot 5400 = 4050000 \text{ м}^3$$

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, $P_{\text{г}} = 200 \dots 300 \text{ м}^3/\text{т}$.

$$Q_{\text{ст}} = 250 \cdot 5400 = 1350000 \text{ м}^3$$

					ДП-131.22.09.04.00.00 ПЗ	Арк.
						84
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.

Капіталовкладення в устаткування визначаються за формулою:

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

					ДП-131.22.09.05.00.00 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Мешков А.О.			ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА			Літ.	Арк.	Акрушіє	
Перевір.		Сисоліна Н. П.								85	
Реценз.								ЦНТУ, 01-21М			
Н. Контр.		Конончук С.В.									
Затверд.		Кузик О.В.									

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.

$$K_{\text{ус}} = 62792880 + 6279288 + 43955016 + 18837864 = 131865048 \text{ грн.}$$

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-131.22.09.05.00.00 ПЗ	Арк.
						86
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	10	2500000	0,05	0,08	0,1	3075000	30750000
Автоматизований комплекс лиття під тиском	IP 550 SC	5	4500000	0,05	0,08	0,15	5760000	28800000
Стрічкопильний верстат	JET HVBS-812 R	8	50000	0,05	0,08	0,15	64000	512000
Обдирно-шліфувальний верстат	3M634	7	28000	0,05	0,08	0,15	35840	250880
Всього:	—	—	—	—	—	—	—	62792880

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

$$K_{ye} = 62792880 \cdot 0,1 = 6279288 \text{ грн.}$$

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

$$K_{\Pi TУ} = 62792880 \cdot 0,7 = 43955016 \text{ грн.}$$

					ДП-131.22.09.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		87

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

$$K_{\text{км}} = 62792880 \cdot 0,3 = 18837864 \text{ грн.}$$

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, $S_{\text{цех}} = 4104 \text{ м}^2$;

$h_{\text{цех}}$ – висота приміщень, $h_{\text{цех}} = 12,65 \text{ м}$;

$\text{Ц}_{\text{буд}}$ – вартість 1 м^3 будівель, приймається 1600 грн/ м^3 .

Отже капіталовкладення в будівлі становлять:

$$K_{\text{буд осн.}} = 4104 \cdot 12,65 \cdot 1600 = 83064960 \text{ грн.}$$

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

$$K_{\text{буд обл.}} = 83064960 \cdot 0,13 = 10798445 \text{ грн.}$$

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

$$K_{\text{буд}} = 83064960 + 10798444,8 = 93863404,8 \text{ грн.}$$

					ДП-131.22.09.05.00.00 ПЗ	Арк.
						88
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$K_{\text{осн}} = 62792880 \cdot 0,07 = 4395502 \text{ грн.}$$

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

$$K_{\text{інв}} = 62792880 \cdot 0,02 = 1255858 \text{ грн.}$$

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 (5,4);

K_i – кількість задіяних технологів(3), конструкторів (4);

i – кількість різних професій фахівців;

O_i – посадовий оклад за місяць; $O_i = 8750$ грн (технолог), $O_i = 8750$ грн (конструктор);

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

$$K_{\text{пр}} = (5,4 \cdot (3 \cdot 8750 + 4 \cdot 8750)) \cdot 1,1 = 363825 \text{ грн.}$$

Результати розрахунків капітальних вкладень ливарного цеха зведено в таблицю 5.2.

					ДП-131.22.09.05.00.00 ПЗ	Арк.
						89
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	62792880	27,1
2	Енергетичне устаткування	6279288	2,71
3	Підйомно-транспортне устаткування	43955016	18,96
4	Будівлі та споруди	93863405	40,48
5	Ливарна оснастка	4395502	1,9
6	Засоби автоматизації та механізації	18837864	8,12
7	Виробничий та господарський інвентар	1255858	0,54
8	Капіталовкладення в проектування ливарного цеха	363825	0,15
Всього:		231743638	100,00

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:

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

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

$t_{\text{н}}$ – трудомісткість виготовлення 1 т литва, чол/год. Для напівавтоматизованого виробництва 5400 т/рік трудомісткість виготовлення 1 т литва становить $t_{\text{н}} = 30$ чол/год [28].

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

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

					ДП-131.22.09.05.00.00 ПЗ	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R_{\text{спв}}^{\text{заг}} = \frac{5400 \cdot 30}{1748 \cdot 1} = 95 \text{ чол.}$$

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-131.22.09.05.00.00 ПЗ	Арк.
						91
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R_{\text{сп}} = \frac{5 \cdot 2}{0,9} \cdot 2 = 22 \text{ чол.}$$

Приймаємо 22 робітників. Оператор ливарного комплексу – 12 чол., обрубник на пресі обрубки ливників – 10 чол.

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

$$R_{\text{сп}} = \frac{10 \cdot 1}{0,9} \cdot 2 = 22 \text{ чол.}$$

Приймаємо 22 операторів карусельних кокільних машин

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

Різальники на стрічкових верстатах:

$$R_{\text{сп}} = \frac{8 \cdot 1}{0,9} \cdot 2 = 17,7 \text{ чол.}$$

Приймаємо 18 робітників;

Наждачники на обдирно-шліфувальних верстатах – 7 верстатів:

$$R_{\text{сп}} = \frac{7 \cdot 1}{0,9} \cdot 2 = 15,55 \text{ чол.}$$

Приймаємо 15 робітників: 15 – наждачники на обдирно-шліфувальних верстатах.

Склад виробничих робітників зводимо у табл. 5.3

					ДП-131.22.09.05.00.00 ПЗ	Арк.
						92
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	22	5
Всього по дільниці лиття у кокіль		22	-
Дільниця лиття під тиском	Оператор комплексу	12	5
	Обрубщик	10	3
Всього по дільниці лиття під тиском		22	-
Відділення відрізання ливників	Стрічкопильний верстат	18	3
Всього по відділенню відрізки ливників		18	-
Відділення зачистки ливників	Обдирно-шліфувальний верстат	15	3
Всього по відділенню зачистки ливників		15	-
Всього по ливарному цеху		95	-

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-131.22.09.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		93

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

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

$$R_{\text{доп}} = 95 \cdot 0,65 = 62 \text{ чол.}$$

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].

$$R_o = \frac{55}{100} \cdot 190 = 104,5$$

$$R_o = \frac{55}{100} \cdot 140 = 77$$

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

– для верстатників $m_0 = 750$: - для чергових слюсарів $m_0 = 150$:

$$- R_{\text{сн1}} = \frac{104,5}{750 \cdot 0,9} \cdot 2 = 0,31 \text{ чол}; \quad - R_{\text{сн2}} = \frac{104,5}{150 \cdot 0,9} \cdot 2 = 1,55 \text{ чол};$$

– для мастильників $m_0 = 500$: - для чергових електриків $m_0 = 650$:

$$R_{\text{сн3}} = \frac{104,5}{500 \cdot 0,9} \cdot 2 = 0,46 \text{ чол}; \quad - R_{\text{сн3}} = \frac{77}{650 \cdot 0,9} \cdot 2 = 0,26 \text{ чол}$$

					ДП-131.22.09.05.00.00 ПЗ	Арк.
						94
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 9	4 4 2 4 4	Приймаємо згідно технологічної потреби на 2 зміни $62 \cdot 0,14 = 9$
2.	Слюсарі по ремонту устаткування Верстатники по ремонту устаткування Електрозварювальники Ківшовими (ремонт ковшів) Пічники (ремонт печей всіх видів)	5 4 2 2 2	4 4 4 4 4	7% від $R_{\text{доп}}$ 5% від $R_{\text{доп}}$ 1 робітник 5-6 тис.т потужності 1 робітник 5-6 тис.т.потужності 3% від $R_{\text{доп}}$
3.	Стропальники Водії відповідного транспорту	6 5	2 2	По кількості робочих місць У відповідності до транспорту та числу змін
4.	Слюсарі з ремонту оснащення Лаборанти хім.лаб.	2 3	4 2	1 робітник на 5-6 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 $\Sigma R_{\text{max доп}}$		62		

Чисельність керівників і спеціалістів приймається у відсотках від чисельності робітників:

$$R = 17\% \cdot (95 + 62) = 27 \text{ чол}$$

Таблиця 5.5.

Штатний розклад керівників і спеціалістів цеху

№	Посада	Кількість	Посадовий оклад, грн/міс	Сума, грн
1	Начальник цеху	1	16160	16160
2	Заст. начальника цеху	1	13970	13970
3	Головний металург	1	12950	12950
4	Головний технолог	1	12200	12200
5	Головний енергетик	1	11500	11500
6	Головний механік	1	12200	12200
7	Спеціаліст металург	1	8750	8750
8	Спеціаліст технолог	3	8750	26250
9	Спеціаліст конструктор	4	8750	35000
10	Спеціаліст енергетик	1	8750	8750
11	Спеціаліст механік	1	8750	8750
12	Начальник ПРБ	1	11050	11050
13	Економіст	2	8030	16060
14	Майстер зміни	3	11200	33600
15	Старший майстер	1	11500	11500
	Всього	27		238690

Загальний склад працюючих в цеху заносимо до зведеної таблиці 5.6.

					ДП-131.22.09.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		96

Таблиця 5.6

Загальний склад працюючих ливарного цеху

Категорія працюючих	Всього чоловік	Відсоток від загальної кількості працюючих
Виробничі працівники	95	51,63
Допоміжні робітники	62	33,70
Керівники і спеціалісти	27	14,67
Всього	184	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:

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

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 такі значення , грн/год

$R_{\text{сп}i}$ – 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-131.22.09.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		97

$K_{\text{пр}}$ – 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.:

$$I_{\text{год.вир.}}^{\text{с}} = \frac{42 \cdot 43 \cdot 1 + 47 \cdot 8 \cdot 1 + 51 \cdot 44 \cdot 1}{95} = 46,59 \text{ грн.}$$

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

$$I_{\text{год. доп.}}^{\text{с}} = \frac{39 \cdot 26 \cdot 1 + 47 \cdot 36 \cdot 1}{62} = 42,81 \text{ грн.}$$

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

$$I_{\text{год.плав.}}^{\text{с}} = \frac{47 \cdot 8 \cdot 1 + 51 \cdot 10 \cdot 1}{18} = 49,22 \text{ грн.}$$

Основний фонд заробітної плати виробничих працівників ливарного цеху становить:

					ДП-131.22.09.05.00.00 ПЗ	Арк.
						98
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Phi_{\text{о.вир.}}^{\text{с}} = 46,59 \cdot 95 \cdot 1748 \cdot (1 + 0,3 + 0,08 + 0,1) = 11450368 \text{ грн.}$$

Основний фонд заробітної плати допоміжних працівників ливарного цеху становить:

$$\Phi_{\text{о.доп.}}^{\text{с}} = 42,81 \cdot 62 \cdot 1748 \cdot (1 + 0,3 + 0,08 + 0,1) = 68665732 \text{ грн.}$$

Основний фонд заробітної плати працівників плавильної ділянки ливарного цеху становить:

$$\Phi_{\text{о.пл.}}^{\text{с}} = 49,22 \cdot 18 \cdot 1748 \cdot (1 + 0,3 + 0,08 + 0,1) = 2281769,2 \text{ грн.}$$

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

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

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

Середньомісячна заробітна плата одного виробничого робітника ливарного цеху становить:

$$З_{\text{міс.вир.}}^{\text{с}} = \frac{11450368}{95 \cdot 11,2} = 107616 \text{ грн}$$

Середньомісячна заробітна плата одного допоміжного робітника ливарного цеху становить:

$$З_{\text{міс.доп.}}^{\text{с}} = \frac{6866573,2}{62 \cdot 11,2} = 98885 \text{ грн.}$$

Середньомісячна заробітна плата робітника плавильної ділянки ливарного цеху становить:

					ДП-131.22.09.05.00.00 ПЗ	Арк.
						99
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$З_{\text{міс, пл}}^{\text{с}} = \frac{2281769,2}{18 \cdot 11,2} = 113183 \text{ грн.}$$

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.	Середньо-годинна тарифна ставка, грн	Середньо-місячна заробітна плата, грн.
1	2	3	4	5
1	Виробничі робітники	11450368	46,59	10761,6
2	Допоміжні робітники	6866573,2	42,81	9888,5
3	Керівники і спеціалісти	238690	—	—
Всього:		18558631,2	—	—

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

$$\sum P_o = (1,0..3,5) \cdot \sum \Phi_o^c = 3,5 \cdot 18558631,2 = 64955209,2 \quad (5.15)$$

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

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 $t_n = 30$ людино-годин на 1 т відливків.

$$T_{\text{річ}} = 5500 \cdot 30 = 165000 \text{ нормо-год.}$$

$$t_y = \frac{64955209,2}{165000} = 393,7 \text{ грн/нормо-год.}$$

					ДП-131.22.09.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		100

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

5.4. Калькуляція собівартості відливоків

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

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-131.22.09.05.00.00 ПЗ	Арк.
						101
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При вартості шихтових матеріалів: алюміній вторинний АК5М2Ц4 – 84 грн/кг, відходи виробництва сплаву АК5М2Ц4 – 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 ділянки 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 ділянки цеху;
 $Q_{\text{рп}}$ – маса рідкого металу на річну програму, приймаємо згідно розрахунків у розділі 1 – 7846663 кг;

$$Z_{o, \text{пл}} = \frac{2281769,2}{7846,663} = 290,79 \text{ грн./т}$$

$$Z_{o, \text{без пл}} = \frac{11450368 - 2281769,2}{7846,663} = 1168,47 \text{ грн./т}$$

Додаткова заробітна плата виробничих робітників плавильної ділянки:

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

$$Z_{d, \text{пл}} = 290,79 \cdot (0,08 + 0,1) = 52,34 \text{ грн}$$

$$Z_{d, \text{без пл}} = 1168,47 \cdot (0,08 + 0,1) = 210,32 \text{ грн}$$

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-131.22.09.05.00.00 ПЗ	Арк.
						102
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$З_{\text{відр.пл}} = \frac{22}{100} \cdot (290,79 + 52,34) = 75,49 \text{ грн}$$

$$З_{\text{відр.безпл}} = \frac{22}{100} \cdot (1168,47 + 210,32) = 303,33 \text{ грн}$$

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), $t_{\text{пл}} = 0,2 \cdot t_n = 0,2 \cdot 30 = 6,0$

$$P_0 = 393,7 \cdot \frac{6}{1000} \cdot 1000 = 2362,2 \text{ грн}$$

$$P_0 = 393,7 \cdot \frac{(30-6)}{1000} \cdot 1000 = 9448,8 \text{ грн}$$

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

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

$$K_{\text{ц.р.м.}} = \frac{67,8}{100} \cdot (290,79 + 2362,2) = 1798,73 \text{ грн}$$

$$K_{\text{ц.пр.л}} = \frac{67,8}{100} \cdot (1168,47 + 9448,8) = 7198,51 \text{ грн}$$

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

Планова калькуляція 1 т рідкого алюмінієвого сплаву АК5М2Ц4 за результатами попередніх розрахунків наведена в таблиці 5.8.

					ДП-131.22.09.05.00.00 ПЗ	Арк.
						103
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.8

Планова калькуляція 1 т рідкого алюмінієвого сплаву АК5М2Ц4

№	Найменування статей	Кількість, од.вим	Ціна, грн/од.вим	Сума, грн.
1	Металева шихта, кг			
	вторинний алюміній АК5М2Ц4	700	84,00	63500
	відходи АК5М2Ц4	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	—	290,79
5	Додаткова заробітна плата робітників плавильної дільниці, грн.	на 1т	—	52,34
6	Відрахування в соціальні фонди, грн.	на 1т	—	75,49
7	Витрати на утримання за експлуатацію устаткування, грн.	на 1т	—	2362,2
8	Загальноцехові витрати, грн.	на 1т	—	1798,73
9	Цехова собівартість 1 т рідкого металу	на 1т	—	92577,95

Планова калькуляція 1 т придатних відливоків з алюмінієвого сплаву АК5М2Ц4 наведено в таблиці 5.9.

					ДП-131.22.09.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		104

Таблиця 5.9

Планова калькуляція 1 т придатних відливоків з алюмінієвого сплаву АК5М2Ц4

№	Найменування статей	Кількість, од.вим	Ціна, грн/од.вим	Сума, грн.
1	Всього рідкий метал:	1503	92,58	139144,66
2	Відходи: Брак	54	92,58	4999,21
	Зливи та сплески	76	61	4636,00
	Ливники	373	72,00	26856,00
3	Придатні відливки, кг	1000	—	102653,45
4	Основна заробітна плата виробничих робітників, грн.	на 1т	—	1168,47
5	Додаткова заробітна плата виробничих робітників, грн.	на 1т	—	210,32
6	Відрахування в соціальні фонди, грн.	на 1т	—	303,33
7	Витрати на утримання за експлуатацію устаткування, грн.	на 1т	—	9448,80
8	Загальноцехові витрати	на 1т	—	7198,51
9	Цехова собівартість 1 т придатного литва	на 1т	—	120982,88

Техніко-економічні показники цеху заносимо в таблицю 5.10.

					ДП-131.22.09.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		105

Таблиця 5.10

Техніко-економічні показники ливарного цеху.

№ п/п	Найменування показників	Одиниця виміру	Величина показників
1	Річний випуск литва	Т	5400
2	Кількість працюючих в цеху: - виробничих робітників - допоміжних робітників - керівників і спеціалістів	чол чол чол.	95 62 27
3	Фонд заробітної плати: - виробничих робітників - допоміжних робітників - керівників і спеціалістів	грн грн грн.	11450368 6866573,2 238690
4	Собівартість 1т рідкого металу	Грн.	92577,95
5	Собівартість 1т придатного литва	Грн.	120982,88
6	Капіталовкладення всього, в тому числі і технологічного устаткування	грн грн.	231743638 62792880
7	Загальна площа цеху	м ²	4104
8	Випуск литва на 1-го виробничого робітника	т/чол.	58
9	Середня заробітна плата на одного виробничого робітника	Грн.	10761,6
10	Трудовісткість 1т придатного литва	н-год/т	30
11	Зйом з 1м ² загальної площі	т/м ²	1,34
12	Фондовіддача	грн/грн.	2,82

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:

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

$$f_0 = \frac{120982,88 \cdot 5400}{(231743638 - 363825)} = 2,82 \text{ грн/грн}$$

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

					ДП-131.22.09.05.00.00 ПЗ	Арк.
						107
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В даному дипломному проєкті розраховано і спроектовано ливарний цех алюмінієвого литва з річною продуктивністю 5400 т придатних виливків. В загальній частині розраховано фонди часу, виробничу програму ливарного цеху, плавильну діляницю, діляниці лиття у кокіль та під тиском, відділення відрізання ливників та зачистки, площі складів та допоміжних діляниць. Розроблено креслення плану ливарного цеху.

В технологічній частині виконано аналіз конструкції деталі та технічних умов на відливок «Корпус НШ100-3-01», 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.

В науковій частині на основі дослідження впливу високих температур, розплавленого металу і шлаку на стійкість плавильних тиглів запропоновано склад та спосіб нанесення вогнетривкого покриття. Розроблено рекомендації щодо підвищення стійкості тиглів та технологічний процес підготовки тиглів до плавки.

Розраховано річні потреби в електроенергії, воді, стисненому повітрі та природному газі, а також основні техніко-економічні показники спроектованого ливарного цеху.

При складанні розрахунково-пояснювальної записки використано стандарти, нормативні документи та літературу в галузі ливарного виробництва.

					ДП-131.22.09.00.00.00 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Мешков А.О.				Висновки	Лім.	Арк.
Перевір.	Конончук С. В.						108
Реценз.						ЦНТУ, 01-21М	
Н. Контр.	Конончук С. В.						
Затверд.	Кузик О.В.						

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-131.22.09.00.00.00 ПЗ</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Література</i>		
Розроб.		Мешков А.О.					
Перевір.		Конончук С. В.					
Реценз.							
Н. Контр.							
Затверд.		Кузик О.В.			ЦНТУ, 0/1-21М		

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-131.22.09.00.00.00 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. Глиняна Н. М. Охорона праці у ливарному виробництві: курс лекцій для студентів вищих навчальних закладів напряму 0904 “Металургія” / Н.М. Глиняна. – Краматорськ: ДДМА, 2009. – 184 с.

31. Жидецький В.Ц. Практикум із охорони праці. Навчальний посібник / Жидецький В.Ц., Джигирей В.С., Сторожук В.М. – Львів, Афіша, 2000. – 352 с.

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

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

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

36. Сабірзянов Т.Г.Печі ливарних цехів: Навчальний посібник для студентів-ливарників вищих навчальних закладів III–IV рівнів акредитації. – Кіровоград: КНТУ, 2007. – 182 с

					ДП-131.22.09.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					ДП-131.22.09.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		