

Механіко-технологічний

Матеріалознавство та ливарне виробництво

ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему Проект цеху алюмінієвого литва з річною продуктивністю 4600 тон придатних виливків із забезпеченням принципа направленого затвердівання на основі комп'ютерного моделювання процесів заливки і кристалізації металу в формі

Виконав: студент групи ОЛ–20МЗ

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

(прізвище та ініціали)

Керівник

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(прізвище та ініціали)

Центральноукраїнський національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет Механіко-технологічний

Кафедра матеріалознавства та ливарного виробництва

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр

Спеціальність 131 «Прикладна механіка»

(шифр і назва)

Спеціалізація "Обладнання та технології ливарного виробництва"

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____

проф., к.т.н. Крoпівний В.М.

“ ” 2021 року

З А В Д А Н И Я

НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТУ

Іщенко Юлії Олександрівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту Проект цеху алюмінієвого литва з річною продуктивністю 4600 тон придатних виливків із забезпеченням принципа направленного затвердівання на основі комп'ютерного моделювання процесів заливки і кристалізації металу в формі

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

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від “_02_” серпня 2021_року
№ 18-13

2. Строк подання студентом проекту 15.12.2021 р

3. Вихідні дані до проекту завдання на дипломне проектування,
креслення деталі, сплав АК5М2Ц4, матеріали переддипломної практики,
державні стандарти та технічні нормативи

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

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
План цеху, Креслення деталі з ливарною технологією, Напівформа права,
Напівформа ліва, Кокіль для виливка Корпус НШ32УК,

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 1.09.2021

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Розрахунок загальної частини	10.09.2021	
2	Креслення плану цеху	20.09.2021	
3	Розрахунок по технологічній частині	30.09.2021	
4	Креслення по технологічній частині	10.10.2021	
5	Розрахунок науковій частині	20.10.2021	
6	Плакати по науковій частині	30.10.2021	
7	Енергетична частина	05.11.2021	
8	Економічна частина	10.11.2021	
9	Оформлення пояснювальної записки	20.11.2021	
10	Перевірка на анти плагіат	10.12.2021	
11	Оформлення рецензії	15.12.2021	
12	Захист дипломного проекту	22.12.2021	

Студент

(підпис)

Іщенко Ю.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту

(підпис)

Конончук С. В.

(прізвище та ініціали)

[illegible]

АНОТАЦІЯ

Дипломний проект викладений на стор. , містить рис. , табл. .

ПРОЕКТ ЦЕХУ, ФОНДИ ЧАСУ, ЛИВАРНЕ ОБЛАДНАННЯ, АЛЮМІНІЙ, ІНДУКЦІЙНА ПІЧ, ПЛАВКА, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ЛИВАРНА ФОРМА, ЛИВНИКОВА СИСТЕМА, КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ, КРИСТАЛІЗАЦІЯ, УСАДОЧНА РАКОВИНА, ПРОДУКТИВНІСТЬ.

В дипломному проекті розроблено проект цеху алюмінієвого литва з річною продуктивністю 4600 тон придатних виливків із забезпеченням принципа направленою затвердіння на основі комп'ютерного моделювання процесів заливки і кристалізації металу в формі.

В першому розділі пояснювальної записки виконано розрахунок фондів часу роботи обладнання та робітників, виробничої програми цеху, основних відділень цеху: плавильного, дільниці лиття в кокіль, дільниці лиття під високим тиском, дільниці відрізки та обрубки ливників, дільниці зачистки, допоміжних дільниць та складів цеху.

В другому розділі приведено аналіз конструкції деталі, розроблені технічні умови на відливки та технологія виготовлення відливка, виконано розрахунок ливниково-живильної системи, описано технологію виготовлення форми, наведено характеристики матеріалів, параметри та способи технічного контролю якості відливків.

В науковій частині дипломного проекту на основі аналізу сучасних методів оптимізації ливникових систем та проведених досліджень процесів заливки, кристалізації і охолодження виливка «Корпус НШ32УК» за допомогою пакету комп'ютерних програм параметричного моделювання SolidWorks та LVMFlow виконано удосконалення ливарної технології із

					ДП-131.21.03.00.00.00.ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Анотація		
Розроб.		Іщенко Ю.О.					
Перевір.		Конончук С.В.					
Реценз.							
Н. Контр.		Конончук С.В.					
Затверд.		Кропівний В.М.					
					Літ.	Арк.	Акрушів
					ЦНТУ, гр. ОЛ-20МЗ		

забезпеченням принципу направленої затвердіння на основі комп'ютерного моделювання процесів заливки і кристалізації металу в формі. Отримані результати дозволили розробити рекомендації щодо оптимального розташування виливка в формі, що забезпечує отримання якісних виливків без дефектів усадкового характеру.

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

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

					ДП-131.21.03.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

стор.

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.....

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 вимог на відливки

2.2. Розробка технологічного процесу виготовлення відливка.....

					ДП-131.21.03.00.00.00.ПЗ						
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Іщенко Ю.О.			Зміст			Літ.	Арк.	Акрушів	
Перевір.		Конончук С.В.									
Н. Контр.		Конончук С.В.						ЦНТУ, гр. ОЛ – 20МЗ			
Затверд.		Кропівний В.М.									

- 2.3. Розрахунок і конструювання підживлювача
- 2.4. Розрахунок і конструювання ливникової системи
- 2.5. Опис технологічного процесу виготовлення відливка
- 2.6. Опис процесу проектування ливарного оснащення.....
- 2.7. Аналіз ливникової системи

3. Наукова частина

- 3.1. Аналіз положення виливка в формі та умов кристалізації.....
- 3.1. Сучасні методи оптимізації ливниково-живильних систем виливків
- 3.2.Проектування 3D-моделі виливка та ливниково-живильної системи
- 3.3.Моделювання процесів заливки, кристалізації і охолодження виливка на комп'ютері.

4. Енергетична частина

- 4.1. Річна потреба в електроенергії.....
- 4.2. Річна потреба цеху у воді.....
- 4.3. Річна потреба в стисненому повітрі.....
- 4.4. Річна потреба у природному газі.....

5. Економічна частина

- 5.1. Розрахунок капітальних вкладень.....
- 5.2. Техніко-економічна частина.....
- 5.3. Складання штатного розкладу працюючих ливарного цеху.....
- 5.4.Чисельність допоміжних робітників.....
- 5.5. Чисельність допоміжних працівників по міжремонтному обслуговуванню
- 5.6. Розрахунок фонду заробітної плати працівників.....
- 5.7. Калькуляція собівартості відливків
- 5.8. Калькуляція собівартості тони придатних відливків
- Висновки.....
- Література.....
- Додатки.....

					ДП-131.21.03.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Ливарне виробництво є однією із основних заготівельних баз машинобудування.

Жодна галузь машино- та приладобудування не обходиться без деталей, які виготовлені литтям. Широке використання лиття пояснюється його перевагами порівняно з іншими способами формоутворення. Литтям можна виготовляти заготовки та деталі складної конфігурації з мінімальними припусками на обробку різанням і з високими механічними властивостями.

Завданням ливарного виробництва є отримання відливків з максимально наближеними розмірами, конфігурацією і чистотою поверхонь до готових деталей, що сприяє зниженню об'ємів механічної обробки або повного виключення її із технологічного процесу. Цього можна досягти удосконаленням існуючих і впровадженням нових спеціальних способів лиття, що дають змогу отримати відливки підвищеної точності та з високими службовими властивостями.

Основним напрямком удосконалення та розвитку виробництва є використання відомих та створення нових технологічних процесів, які дозволяють зменшити витрати матеріалів та енергії, підвищити продуктивність, знизити трудомісткість та покращити умови праці, усунути шкідливий вплив на навколишнє середовище і, як результат, підвищити якість та ефективність виробництва.

Технологічний процес виготовлення механізований і автоматизований, що знижує вартість литих заготовок. Таким чином використання сучасних технологій і автоматизації дозволяє підвищувати якість відливків.

Технологічний процес одержання відливків у металеві форми (кокіль)

					ДП-131.21.03.00.00.00.ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ВСТУП	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Іщенко Ю.О.						
Перевір.		Конончук С.В.						
Н. Контр.		Конончук С.В.				ЦНТУ гр. ОЛ – 20МЗ		
Затверд.		Кропівний В.М.						

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

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

В даному дипломному проєкті для плавки сплаву використовуються індукційні електропечі, а для виготовлення відливок – високопродуктивні кокільні верстати та ливарні комплекси лиття під високим тиском.

Використання при проєктуванні ливарної технології систем комп'ютерного моделювання процесів заливки, кристалізації і охолодження в ливарному виробництві дозволяє: знизити роль виробничого експерименту, який скорочує витрати на відпрацювання технології лиття; виготовляти виливки високої якості, дуже складної конфігурації, які практично не вимагають додаткової обробки; використовувати більшу номенклатуру сплавів; підвищувати професійний рівень інженера-ливарника.

Застосування високотехнологічного обладнання у поєднанні з якісними матеріалами дозволяє підвищити продуктивність праці і отримати відливки з підвищеною розмірною точністю і якістю.

					ДП-131.21.03.00.00.00.ПЗ	Арк.
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-131.21.03.01.00.00.ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Загальна частина		
Розроб.		Іщенко Ю.О.					
Перевір.		Конончук С.В.					
Реценз.							
Н. Контр.							
Затверд.		Кропівний В.М.			ЦНТУ, 01-20МЗ		

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-131.21.03.01.00.00.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-131.21.03.01.00.00.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	30667	3	1,3	0,74	1	30667	920	31587	39867	1196	41063	23374	64437	АК5М2Ц4
2	Корпус	НШ10УК	1	37076	5	0,98	0,59	1	37076	1854	38930	36334	1817	38151	22969	61120	
3	Корпус	НШ25М	1	4600	3,5	2,1	0,69	1	4600	161	4761	9660	338	9998	3285	13283	
4	Корпус	НШ32УК	1	41124	4	2,2	0,63	1	41124	1645	42769	90473	3619	94092	26944	121036	
5	Корпус	НШ32М	1	23920	5	1,96	0,59	1	23920	1196	25116	46883	2344	49227	14818	64046	
6	Корпус	НШ50УК	1	22632	4,5	2,54	0,72	1	22632	1018	23650	57485	2587	60072	17028	77100	
7	Корпус	НШ50М	1	49680	3,5	2,32	0,53	1	49680	1739	51419	115258	4034	119292	27252	146544	
8	Корпус	НШ50УКФ	1	5520	4,5	2,56	0,88	1	5520	248	5768	14131	636	14767	5076	19843	
9	Корпус	НБО56	1	4600	12	5,65	3,95	1	4600	552	5152	25990	3119	29109	20350	49459	
10	Корпус	НШ100	1	68693	5	7,88	3,12	1	68693	3435	72128	541303	27065	568369	225039	793408	
11	Корпус	НБО112	1	7667	12	8,14	3,61	1	7667	920	8587	62407	7489	69895	30998	100893	
12	Корпус	НШ250	1	30667	7,3	20,95	6,45	1	30667	2239	32905	642467	46900	689367	212239	901606	
13	Корпус	НШ25Г	1	24533	3	1,54	0,67	1	24533	736	25269	37781	1133	38915	16930	55845	
14	Корпус	НШ22Г	1	24533	3	1,46	0,68	1	24533	736	25269	35819	1075	36893	17183	54076	
15	Обойма підтискна	НШ100	1	68693	8	5,48	1,58	1	68693	5495	74189	376439	30115	406555	117218	523773	

ДП-131.2.103.01.00.00.073

Арк.

Змін.

Арк.

№ докум.

Підпис

Дата

		Таблиця 1.1 продовження																	
Зм.	Арк.																		
№ докум.																			
Підпис																			
Дата																			
ДП-131.21.03.01.00.00.13		16	Обойма підтискна	НШ50	1	61333	6	1,9	0,65	1	61333	3680	65013	116533	6992	123525	42259	165784	AK5M2Ц4
		17	Обойма підтискна	НШ32	1	122667	6	1,61	0,53	1	122667	7360	130027	197493	11850	209343	68914	278257	
		18	Обойма підтискна	НШ250	1	30667	6	16,46	4,24	1	30667	1840	32507	504773	30286	535060	137828	672888	
		19	Обойма підш.	НШ100	1	68693	3,5	2,39	0,42	1	68693	2404	71098	164177	5746	169923	29861	199784	
		20	Обойма підш.	НШ50	1	61333	3	1,06	0,74	1	61333	1840	63173	65013	1950	66964	46748	113712	
		21	Обойма підш.	НШ32	1	92000	3	1,69	0,68	1	92000	2760	94760	155480	4664	160144	64437	224581	
		22	Обойма підш.	НШ250	1	30667	6	6,35	2,36	1	30667	1840	32507	194733	11684	206417	76716	283133	
		23	Корпус	НШ32М	1	3680	3	2,55	0,49	1	3680	110	3790	9384	282	9666	1857	11523	
		24	Корпус	НШ32УКП	1	3680	4	2,26	1,05	1	3680	147	3827	8317	333	8649	4019	12668	
		25	Корпус	НШ100Г	1	920	8	7,53	5,85	1	920	74	994	6928	554	7482	5813	13294	
		26	Корпус	НШ140	1	644	8	8,53	5,85	1	644	52	696	5493	439	5933	4069	10002	AK12M2
		27	Корпус	НШ180	1	1319	7	10,65	2,61	1	1319	92	1411	14044	983	15027	3683	18710	
			Всього для сплаву								922208	45093	967301	3574667	209231	3783897	1266909	5050806	
		28	Кришка верхня	НП90	1	26373	4	0,38	0,14	8	26373	1055	27428	10022	401	10423	3840	14263	
		29	Кришка нижня	НП90	1	26373	4,5	0,77	0,64	4	26373	1187	27560	20307	914	21221	17638	38860	
		30	Кришка	НШ100А	1	68693	2	2,1	0,5	2	68693	1374	70067	144256	2885	147141	35034	182175	
		31	Кришка	НШ250	1	30667	2	4,48	0,6	2	30667	613	31280	137387	2748	140134	18768	158902	
		32	Кришка	НШ63Г	1	17633	6	2,6	1,91	2	17633	1058	18691	45847	2751	48597	35700	84298	
		33	Кришка	НШ3Г	1	24533	3	0,67	0,5	6	24533	736	25269	16437	493	16930	12635	29565	
		34	Кришка	НШ6Д6	1	9507	4,5	0,43	0,15	8	9507	428	9934	4088	184	4272	1490	5762	
		35	Кришка	НШ10Д	1	8280	6	0,86	0,7	4	8280	497	8777	7121	427	7548	6144	13692	
		36	Кришка	НШ28Д	1	7053	4	1,21	0,48	4	7053	282	7335	8535	341	8876	3521	12397	
		37	Кришка задня	НШ63Г	1	16560	6	1,84	1,1	4	16560	994	17554	30470	1828	32299	19309	51608	
		38	Кришка передня	НШ10Г	1	98133	4	0,46	0,3	8	98133	3925	102059	45141	1806	46947	30618	77565	
		39	Кришка	НШ10ДБ	1	46000	9	0,35	0,46	8	46000	4140	50140	16100	1449	17549	23064	40613	
		40	Кришка	НШ32М	1	239200	3,5	1,28	0,55	4	239200	8372	247572	306176	10716	316892	136165	453057	
		41	Кришка задня	НШ32Д	1	23000	6	0,82	0,47	6	23000	1380	24380	18860	1132	19992	11459	31450	
		42	Кришка ліва	НШ32М	1	18400	5	0,54	0,38	8	18400	920	19320	9936	497	10433	7342	17774	
		43	Кришка	НШ32УК	1	55200	6	0,58	0,31	8	55200	3312	58512	32016	1921	33937	18139	52076	
		44	Кришка	НШ50А	1	27600	3	1,04	0,37	4	27600	828	28428	28704	861	29565	10518	40083	
		45	Кришка	НШ32	1	24533	4,5	1,5	0,44	4	24533	1104	25637	36800	1656	38456	11280	49736	
		46	Кришка	НШ20М	1	46000	4	1,55	0,47	4	46000	1840	47840	71300	2852	74152	22485	96637	
		47	Кришка передня	НШ63Г	1	12880	8	2,79	1,62	2	12880	1030	13910	35935	2875	38810	22535	61345	
			Всього для сплаву								826620	35075	861695	1025438	38736	1064175	447683	1511858	
	Арк.		Всього								1748828	80168	1828996	4600105	247967	4848072	1714592	6562664	

1.3. Режим роботи цеху

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

1. Масштабу виробництва;
2. Ваги відливоків, 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-131.21.03.01.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.4. Розрахунок фондів часу

Приймаємо: середньосерійний тип виробництва з двозмінним режимом виробництва.

1.4.1. Розрахунок дійсних фондів часу роботи обладнання та робітників

Розраховуємо календарний фонд часу роботи обладнання та робітників:

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

де $n = 365$ – кількість днів у році.

Номінальний фонд часу на одну зміну:

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

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:

$$\Phi_H^1 = \Phi_H \cdot 2 = 3972 \text{ год/рік}, \quad (1.2)$$

де 2 – кількість змін на один робочий день.

Фактичний фонд роботи обладнання на рік:

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

де k – втрати робочого часу роботи обладнання.

					ДП-131.21.03.01.00.00.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-131.21.03.01.00.00.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-131.21.03.01.00.00.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-131.21.03.01.00.00.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 використовуює 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-131.21.03.01.00.00.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-131.21.03.01.00.00.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).

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

де

П – маса придатного литва,

Л – маса ливників,

Б – маса браку,

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

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

					ДП-131.21.03.01.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для сплаву АК5М2Ц4:

$$M = \frac{100 \cdot (3574,667 + 1266,909 + 209,231)}{100 - 1,61 - 4,5} = 5379,493 \text{ т}$$

Для сплаву АК12М2:

$$M = \frac{100 \cdot (1025,438 + 447,683 + 38,736)}{100 - 1,13 - 6,57} = 1637,982 \text{ т}$$

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:

$$п = \frac{3574,667}{5379,493} \cdot 100\% = 66,45\%,$$

$$\text{л} = \frac{1266,909}{5379,493} \cdot 100\% = 23,55\%,$$

$$\text{б} = \frac{209,231}{5379,493} \cdot 100\% = 3,89\%$$

					ДП-131.21.03.01.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для сплаву АК12М2:

$$\pi = \frac{1025,438}{1637,982} \cdot 100\% = 62,60\%,$$

$$\lambda = \frac{447,683}{1637,982} \cdot 100\% = 27,33\%,$$

$$\phi = \frac{38,736}{1637,982} \cdot 100\% = 2,36\%$$

Визначаємо масу угару та зливів, т

Для сплаву АК5М2Ц4:

$$\gamma = \frac{1,61}{100\%} \cdot 5379,493 = 86,610 \text{ т}$$

$$\delta = \frac{4,5}{100\%} \cdot 5379,493 = 242,077 \text{ т}$$

Для сплаву АК12М2:

$$\gamma = \frac{1,13}{100\%} \cdot 1637,982 = 18,509 \text{ т}$$

$$\delta = \frac{6,57}{100\%} \cdot 1637,982 = 107,615 \text{ т}$$

					ДП-131.21.03.01.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.7

Відомість балансу металу сплаву АК5М2Ц4

Складові балансу	т	%
Придатне литво	3574,667	66,45
Ливники	1266,909	23,55
Брак	209,231	3,89
Угар	86,610	1,61
Зливи	242,077	4,50
Всього	5379,493	100,00

Таблиця 1.8

Відомість балансу металу сплаву АК12М2

Складові балансу	т	%
Придатне литво	1025,438	62,60
Ливники	447,683	27,33
Брак	38,736	2,36
Угар	18,509	1,13
Зливи	107,615	6,57
Всього	1637,982	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	3574,667	66,45	1025,438	62,60	4600,105
2	Ливники	1266,909	23,55	447,683	27,33	1714,592
3	Брак	209,231	3,89	38,736	2,36	247,967
4	Угар	86,610	1,61	18,509	1,13	105,119
5	Зливи	242,077	4,50	107,615	6,57	349,692
	Всього	5379,493	100,00	1637,982	100,00	7017,475

					ДП-131.21.03.01.00.00.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-131.21.03.01.00.00.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.

$$n = \frac{7017,475 \cdot 1,25}{3734 \cdot 1,15} = 2,04 \approx 3 \text{ шт.}$$

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-131.21.03.01.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

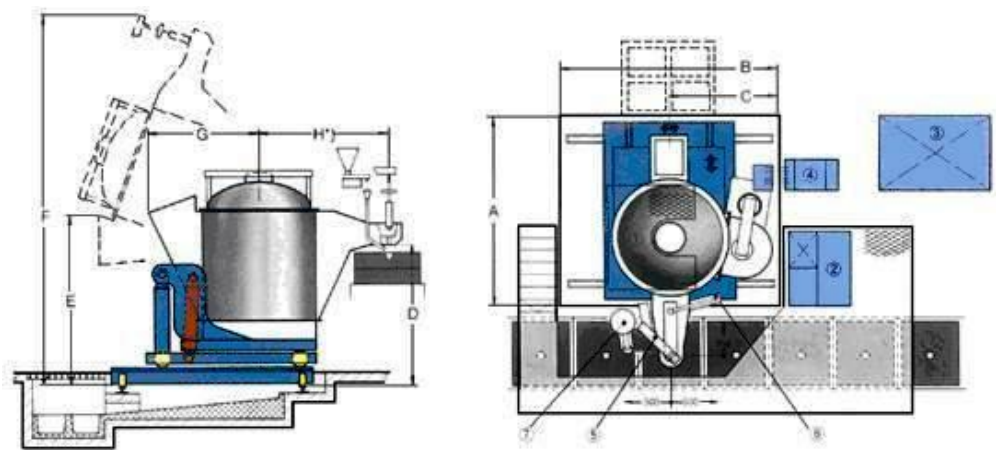


Рис. 1.2. Габаритні розміри та загальний вид
плавильної установки OTTO JUNKER

- 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-131.21.03.01.00.00.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-131.21.03.01.00.00.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-131.21.03.01.00.00.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-131.21.03.01.00.00.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-131.21.03.01.00.00.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 кокіль 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-131.21.03.01.00.00.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-131.21.03.01.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.12

Розрахунок виробничої програми ливарного цеху для дільниці лиття в кокіль

№ п/п	Назва відливка	Позначення	Вихідні дані						Кількість відливок, шт.			Маса відливок, кг			Маса ливників на річний випуск, кг	Маса рідкого металу на річний випуск відливок, кг
			Кількість відливоків у групі на виріб, штук	Кількість виробів на програму, штук	Відсоток брака відливок, %	Чорнова маса одного відливка, кг	Чорнова маса ливникової системи, кг	Кількість відливоків у формі, штук	На річну програму основної продукції	На покриття браку	Всього лиття на річний випуск	Загальна на річну програму	На покриття браку	Всього лиття на річний випуск		
1	Корпус	НШ16Г	1	30667	3	1,3	0,74	1	30667	920	31587	39867	1196	41063	23374	64437
2	Корпус	НШ10УК	1	37076	5	0,98	0,59	1	37076	1854	38930	36334	1817	38151	22969	61120
20	Обойма підш.	НШ50	1	61333	3	1,06	0,74	1	61333	1840	63173	65013	1950	66964	46748	113712
14	Корпус	НШ22Г	1	24533	3	1,46	0,68	1	24533	736	25269	35819	1075	36893	17183	54076
13	Корпус	НШ25Г	1	24533	3	1,54	0,67	1	24533	736	25269	37781	1133	38915	16930	55845
17	Обойма підтискна	НШ32	1	122667	6	1,61	0,53	1	122667	7360	130027	197493	11850	209343	68914	278257
21	Обойма підш.	НШ32	1	92000	3	1,69	0,68	1	92000	2760	94760	155480	4664	160144	64437	224581
16	Обойма підтискна	НШ50	1	61333	6	1,9	0,65	1	61333	3680	65013	116533	6992	123525	42259	165784
5	Корпус	НШ32М	1	23920	5	1,96	0,59	1	23920	1196	25116	46883	2344	49227	14818	64046
	Всього для верстату 4918								478063	21082	499144	731204	33021	764226	317633	1081858
3	Корпус	НШ25М	1	4600	3,5	2,1	0,69	1	4600	161	4761	9660	338	9998	3285	13283
4	Корпус	НШ32УК	1	41124	4	2,2	0,63	1	41124	1645	42769	90473	3619	94092	26944	121036
24	Корпус	НШ32УКП	1	3680	4	2,26	1,05	1	3680	147	3827	8317	333	8649	4019	12668
7	Корпус	НШ50М	1	49680	3,5	2,32	0,53	1	49680	1739	51419	115258	4034	119292	27252	146544

ДП-1312.103.01.00.00.073

Арк.

Таблиця 1.12 продовження

19	Обойма підш.	НШ100	1	68693	3,5	2,39	0,42	1	68693	2404	71098	164177	5746	169923	29861	199784
6	Корпус	НШ50УК	1	22632	4,5	2,54	0,72	1	22632	1018	23650	57485	2587	60072	17028	77100
23	Корпус	НШ32М	1	3680	3	2,55	0,49	1	3680	110	3790	9384	282	9666	1857	11523
8	Корпус	НШ50УКФ	1	5520	4,5	2,56	0,88	1	5520	248	5768	14131	636	14767	5076	19843
15	Обойма підтискна	НШ100	1	68693	8	5,48	1,58	1	68693	5495	74189	376439	30115	406555	117218	523773
9	Корпус	НБО56	1	4600	12	5,65	3,95	1	4600	552	5152	25990	3119	29109	20350	49459
22	Обойма підш.	НШ250	1	30667	6	6,35	2,36	1	30667	1840	32507	194733	11684	206417	76716	283133
25	Корпус	НШ100Г	1	920	8	7,53	5,85	1	920	74	994	6928	554	7482	5813	13294
10	Корпус	НШ100	1	68693	5	7,88	3,12	1	68693	3435	72128	541303	27065	568369	225039	793408
11	Корпус	НБО112	1	7667	12	8,14	3,61	1	7667	920	8587	62407	7489	69895	30998	100893
26	Корпус	НШ140	1	644	8	8,53	5,85	1	644	52	696	5493	439	5933	4069	10002
27	Корпус	НШ180	1	1319	7	10,65	2,61	1	1319	92	1411	14044	983	15027	3683	18710
18	Обойма підтискна	НШ250	1	30667	6	16,46	4,24	1	30667	1840	32507	504773	30286	535060	137828	672888
12	Корпус	НШ250	1	30667	7,3	20,95	6,45	1	30667	2239	32905	642467	46900	689367	212239	901606
	Всього для верстату 82А403								1400271	66175	1466446	4305871	242252	4548123	1584541	6132664

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
ДП-131.2103.01.00.00.13				
	Арк.			

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 кокілью. 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].

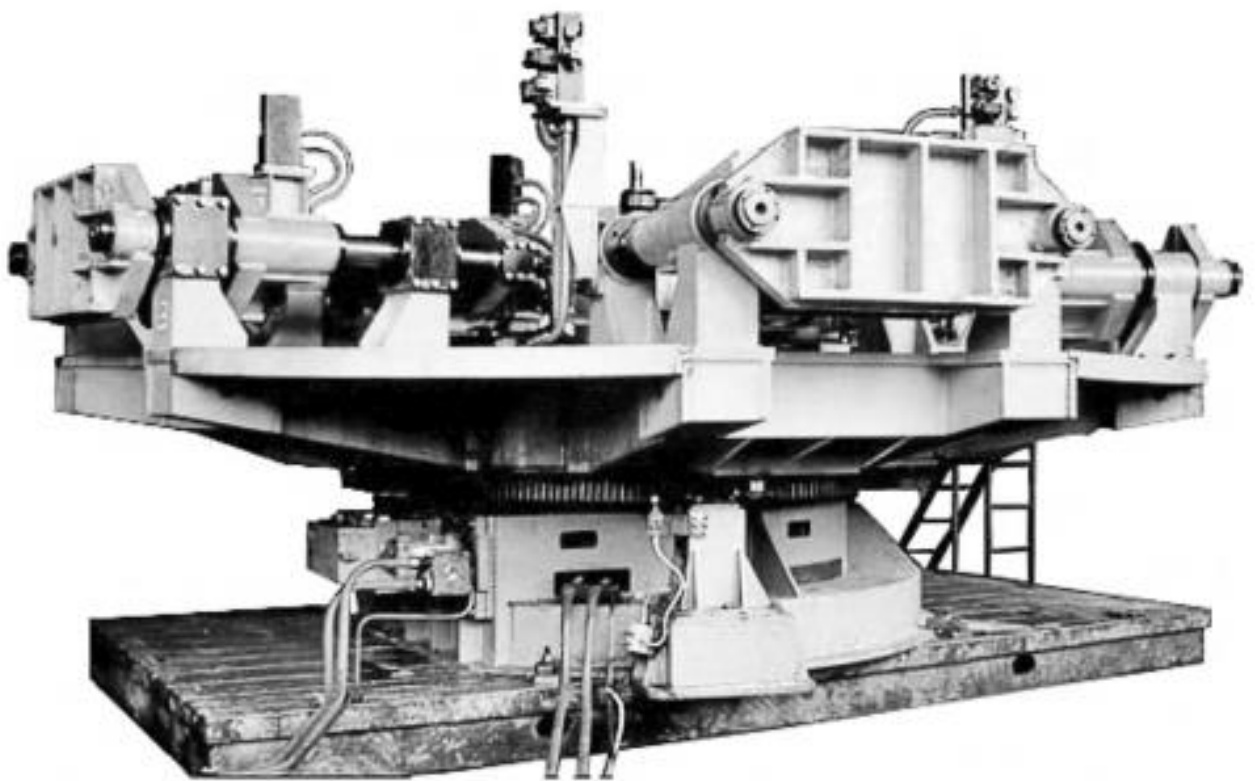


Рисунок 1.3 – Загальний вид чотирьохпозиційної кокільної машини моделі 4918

					ДП-131.21.03.01.00.00.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-131.21.03.01.00.00.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-131.21.03.01.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

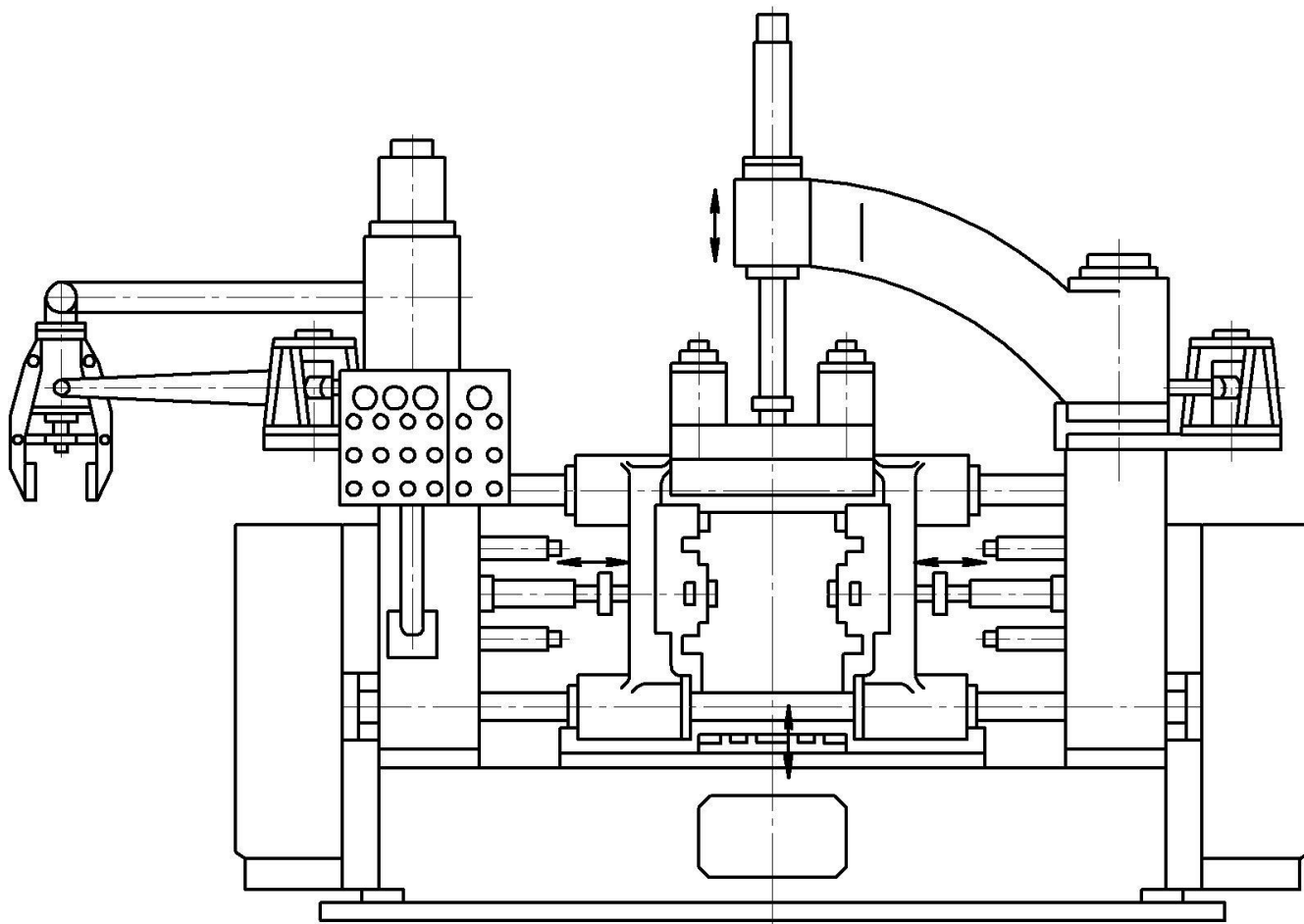


Рисунок 1.4 – Загальний вид однопозиційного
кокільного верстату моделі 82А403

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-131.21.03.01.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

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 відливків необхідними механічними властивостями.

1.7. Розрахунок дільниці лиття під тиском

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

					ДП-131.21.03.01.00.00.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-131.21.03.01.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

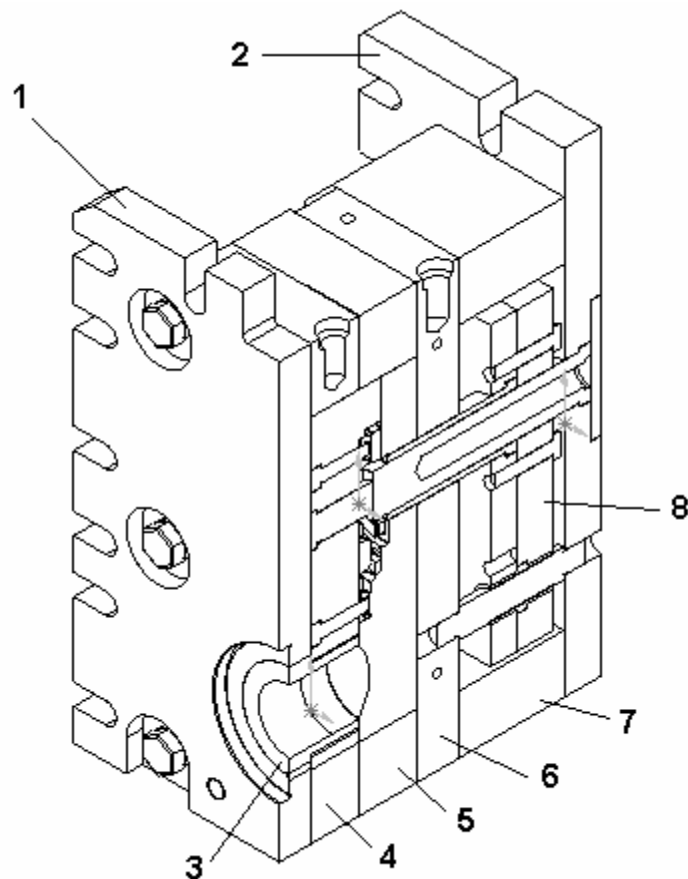


Рис. 1.4. Конструкція прес-форми

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-131.21.03.01.00.00.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	26373	4	0,38	0,14	8	26373	1055	27428	10022	401	10423	3840	14263	3429
29	Кришка нижня	НП90	1	26373	4,5	0,77	0,64	4	26373	1187	27560	20307	914	21221	17638	38860	6890
30	Кришка	НШ100А	1	68693	2	2,1	0,5	2	68693	1374	70067	144256	2885	147141	35034	182175	35034
31	Кришка	НШ250	1	30667	2	4,48	0,6	2	30667	613	31280	137387	2748	140134	18768	158902	15640
32	Кришка	НШ63Г	1	17633	6	2,6	1,91	2	17633	1058	18691	45847	2751	48597	35700	84298	9346
33	Кришка	НШ3Г	1	24533	3	0,67	0,5	6	24533	736	25269	16437	493	16930	12635	29565	4212
34	Кришка	НШ6Д6	1	9507	4,5	0,43	0,15	8	9507	428	9934	4088	184	4272	1490	5762	1242
35	Кришка	НШ10Д	1	8280	6	0,86	0,7	4	8280	497	8777	7121	427	7548	6144	13692	2194
36	Кришка	НШ28Д	1	7053	4	1,21	0,48	4	7053	282	7335	8535	341	8876	3521	12397	1834
37	Кришка задня	НШ63Г	1	16560	6	1,84	1,1	4	16560	994	17554	30470	1828	32299	19309	51608	4388
38	Кришка передня	НШ10Г	1	98133	4	0,46	0,3	8	98133	3925	102059	45141	1806	46947	30618	77565	12757
39	Кришка	НШ10ДБ	1	46000	9	0,35	0,46	8	46000	4140	50140	16100	1449	17549	23064	40613	6267
40	Кришка	НШ32М	1	239200	3,5	1,28	0,55	4	239200	8372	247572	306176	10716	316892	136165	453057	61893

ДП-131.2103.01.00.00.03

Арк.

Таблиця 1.15 продовження																	
41	Кришка задня	НШ32Д	1	23000	6	0,82	0,47	6	23000	1380	24380	18860	1132	19992	11459	31450	4063
42	Кришка ліва	НШ32М	1	18400	5	0,54	0,38	8	18400	920	19320	9936	497	10433	7342	17774	2415
43	Кришка	НШ32УК	1	55200	6	0,58	0,31	8	55200	3312	58512	32016	1921	33937	18139	52076	7314
44	Кришка	НШ50А	1	27600	3	1,04	0,37	4	27600	828	28428	28704	861	29565	10518	40083	7107
45	Кришка	НШ32	1	24533	4,5	1,5	0,44	4	24533	1104	25637	36800	1656	38456	11280	49736	6409
46	Кришка	НШ20М	1	46000	4	1,55	0,47	4	46000	1840	47840	71300	2852	74152	22485	96637	11960
47	Кришка передня	НШ63Г	1	12880	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

Змн.

Арк.

№ докум.

Підпис

Дата

ДП-131.2.103.01.00.00.ПЗ

Арк.

Обираємо машини за вагою однієї запресовки.

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

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

Таблиця 1.16

Технічна характеристика машин лиття під тиском

Габарити машини, м	7,65x2,51x2,95
Вага машини, кг	24100
Максимальне зусилля пресування, т (кН)	550 (5395)
Максимальне зусилля відкриття форми, кН	1800
Максимальна вага відливків з алюмінієвих сплавів, кг	15
Номінальна площа проекції відливка, см ²	1,375
Продуктивність, запресовок/год	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-131.21.03.01.00.00.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.

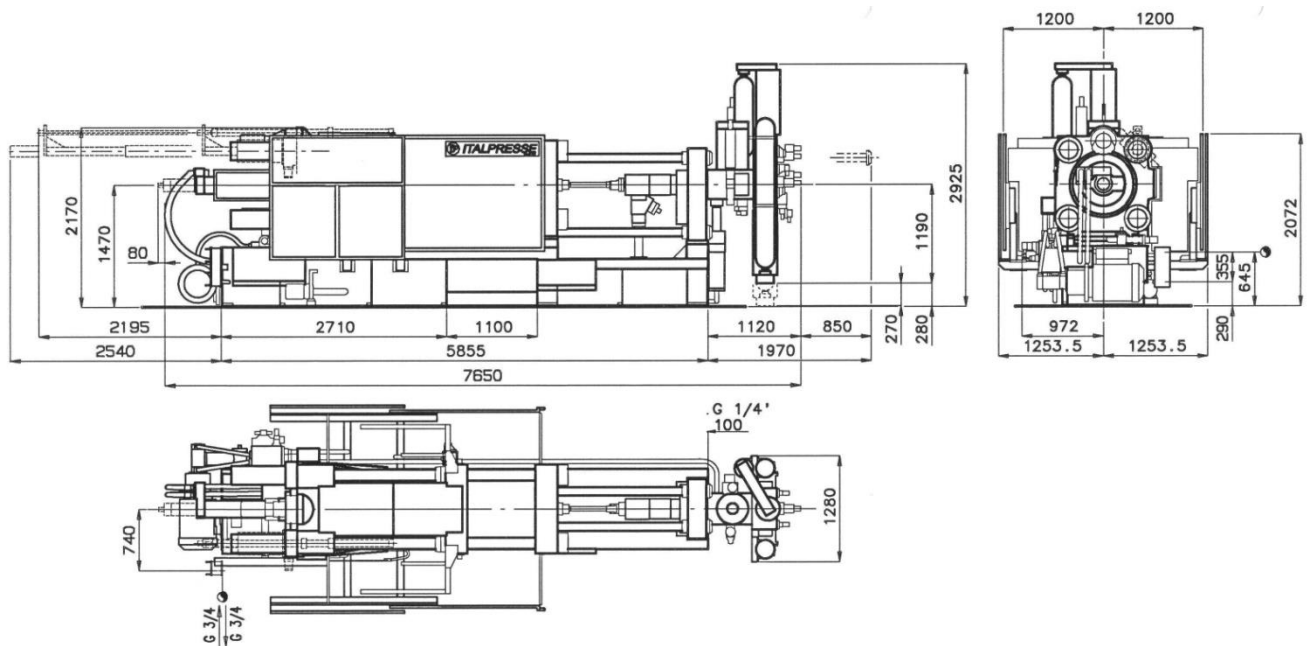


Рис. 1.5. Машина з холодною горизонтальною камерою пресування
ITALPRESSE IP 550 SC

					ДП-131.21.03.01.00.00.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.

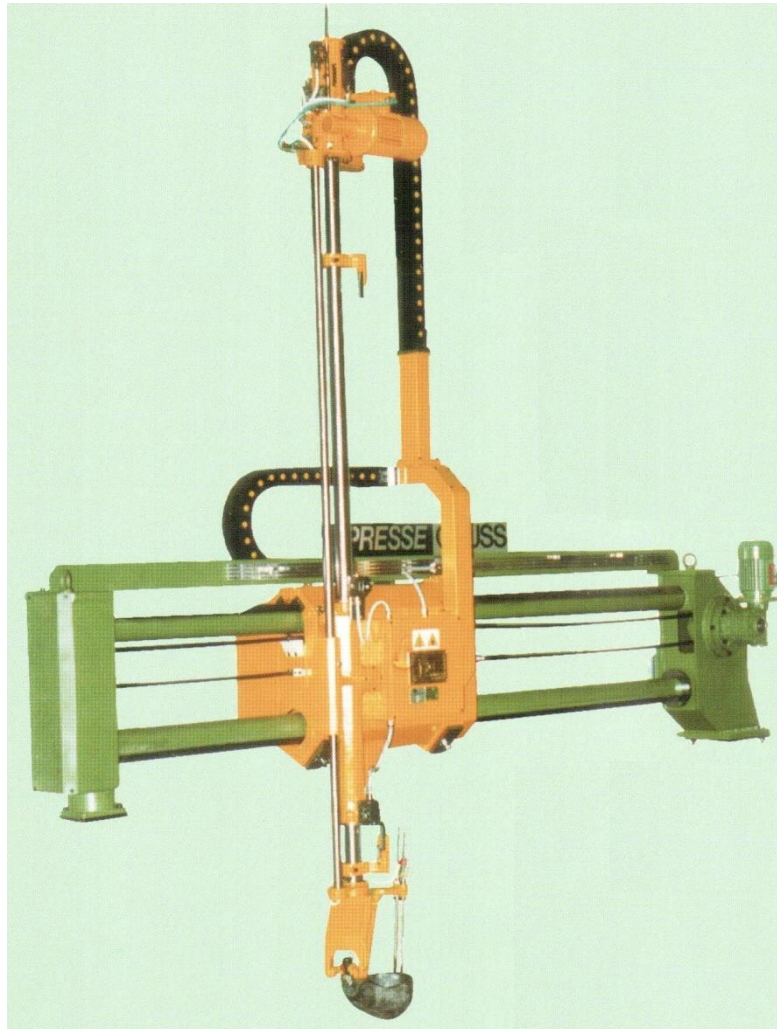


Рис. 1.6. Робот-заливщик ITALPRESSE/GAUSS CAM

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-131.21.03.01.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

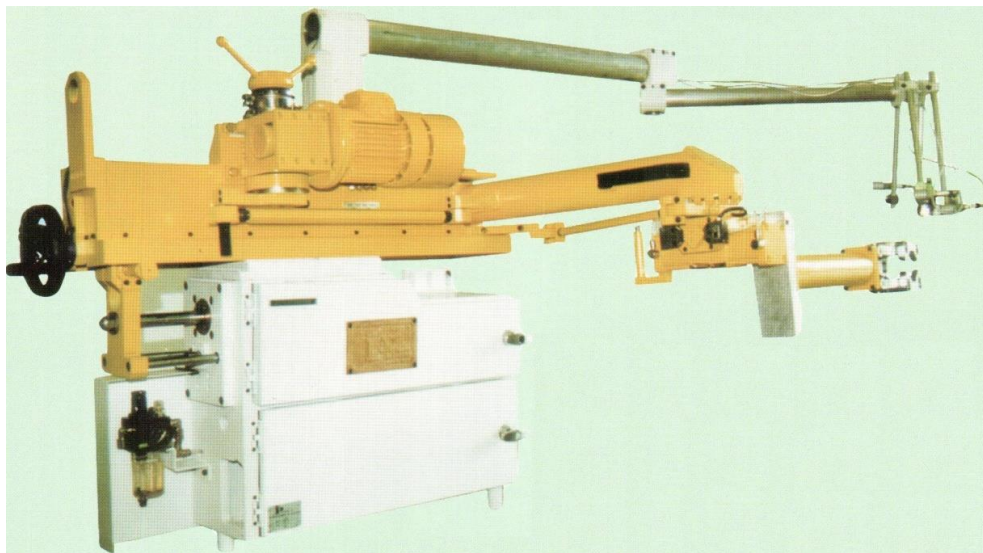


Рис. 1.7. Робот-виймач ITALPRESSE/GAUSS TPZ

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-131.21.03.01.00.00.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-131.21.03.01.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

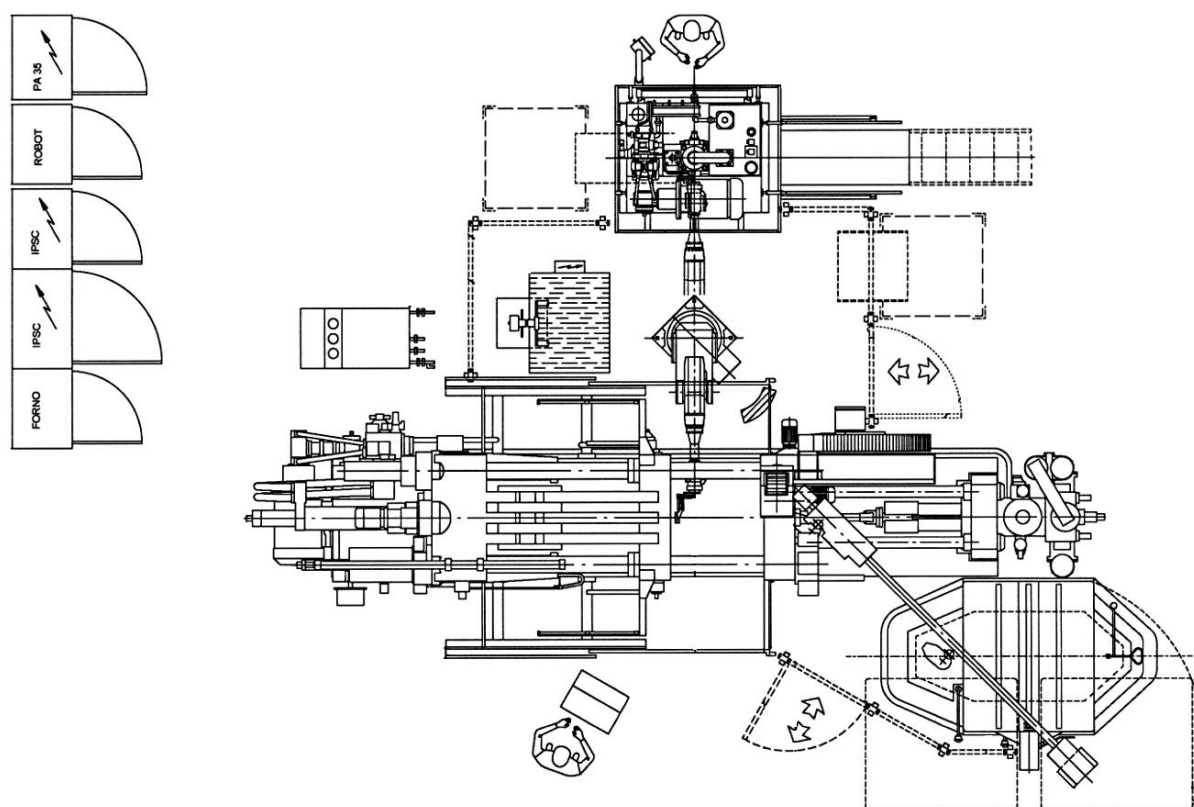


Рис.1.8. Схема робочого місця заливочної дільниці

					ДП-131.21.03.01.00.00.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 стрічкопильний верстат JET HVBS-812 R (рис. 1.9), технічна характеристика якого вказана у таблиці 1.20.



Рис. 1.9. Стрічкопильний верстат JET HVBS-812 R

					ДП-131.21.03.01.00.00.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-131.21.03.01.00.00.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;

$$n = \frac{4600 \cdot 1,25}{3614 \cdot 0,3} = 5,3 \text{ шт.}$$

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

					ДП-131.21.03.01.00.00.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:

$$S_k = \frac{4600 \cdot 20}{1000} = 92 \text{ м}^2$$

де 4600 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:

$$S_{mo} = \frac{4600 \cdot 25}{1000} = 115 \text{ м}^2$$

де 4600 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-131.21.03.01.00.00.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:

$$S_{\text{гп}} = \frac{4600 \cdot 50}{1000} = 230 \text{ м}^2$$

де 4600 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:

$$S_{\text{ш}} = \frac{4600 \cdot 100}{1000} = 460 \text{ м}^2$$

де 4600 т – кількість придатного литва;

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

					ДП-131.21.03.01.00.00.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 4600 тон придатного литва рис. 1.10 (ДП-131.21.03.01.00.00).

Загальна площа цеху складає 4104 м².

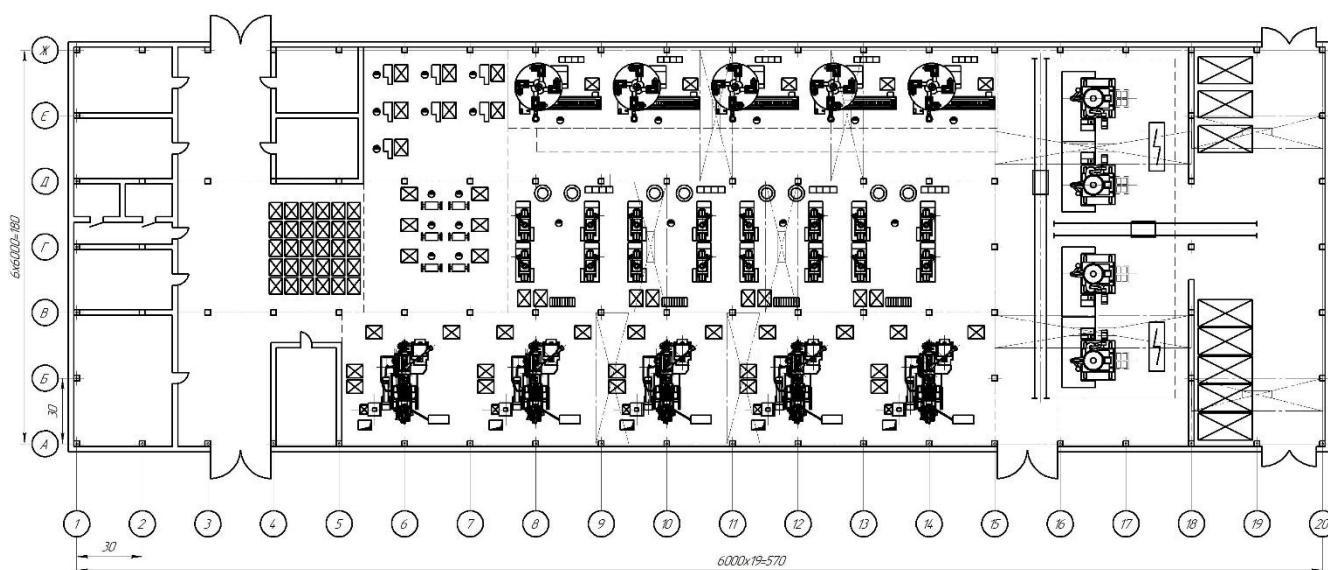


Рис. 1.10. План цеху продуктивністю 4600 т придатного алюмінієвого литва

					ДП-131.21.03.01.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Аналіз конструкції деталі та технічних вимог на відливок

Деталь корпус – НШЗ2УК-3-00-02 виготовляється литтям в кокіль з алюмінієвого сплаву марки АК5М2Ц4. Хімічний склад та механічні властивості сплаву подані в розділі 1 таблиці 1.3 і 1.4.

Габаритні розміри деталі 116x101,5x149 (див. креслення деталі).

Згідно конструкції насосу корпус призначений для установки в ньому валів із зубчатих шестерень, які виконують роль механізму, що служить для переміщення масла по гідросистемі. Виходячи з цього, корпус має два отвори діаметром 51 мм. Із сторони розрізу є два платика розміром 50 мм, які отримуються за допомогою плоских вставок та металевих стержнів. Внутрішня поверхня відливка має складну конфігурацію.

Максимальна товщина стінки відливка 24 мм, мінімальна 12 мм.

Відливаються два отвори діаметром 19,5 мм, які отримуються за допомогою металевих стержнів. Технічні вимоги допускають на поверхнях, що не оброблюються одиничні раковини, шлакові включення, забруднення та інші дефекти в кількості не більше 5 штук на деталь, діаметром не більше 2 мм і глибиною не більше 1,5 мм. Базові поверхні А і Б повинні бути чистими без ужимин і одутостей. Загальна пористість не повинна бути вище еталону № 2 шкали пористості по ДСТУ 3015-95, а зональна не вище бала 3 шкали пористості по ДСТУ 2839-94.

З метою вирівнювання товщини стінки відливка, що дає можливість ліквідувати термічні вузли і концентрацію ливарних напруг, технологія отримання відливка передбачає виготовлення останнього литтям в кокіль. При чому виливається одночасно одна деталь. Це дає можливість спростити засоби для механічної обробки.

					ДП-131.21.03.02.00.ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА		
Розроб.		Іщенко Ю.О.					
Перевір.		Конончук С.В.					
Реценз.							
Н. Контр.							
Затверд.		Кропівний В.М.					
					Лім.	Арк.	Акрушів
					ЦНТУ ар. ОЛ-20МЗ		

Зовнішня поверхня відливка залежить від внутрішньої поверхні кокілю а внутрішня поверхня в свою чергу оформляється блоком стержнів і вставок.

2.2. Розробка технологічного процесу виготовлення відливка

Розробка технологічного процесу виготовлення відливка включає в себе: визначення положення відливка в формі лінії роз'єму форми, розміщення підживлювача, визначення місця підводу металу.

Положення відливка в формі визначається конструкцією деталі. Найкращим вважають таке положення відливка, яке забезпечує отримання точних розмірів, виключає брак по газовим і усадочним раковинам.

Відливки має просту зовнішню поверхню, що обробляється. Для забезпечення однакових властивостей відливка, раціонального розміщення підживлювача і направленою затвердіння, а також щоб звести число ліній роз'єму до мінімуму приймаємо:

1. Положення відливка в кокілі на торець так, що поздовжня вісь відливка паралельна вертикальній лінії роз'єму.

2. Підживлювач встановлено в верхній частині виливка, для забезпечення вільного підживлення термічних вузлів і направленою затвердіння.

3. Постановку стержнів проводити знизу, а вставки монтуються на кокілі.

Таким чином, положення відливка в формі, місце знаходження підживлювача і лінії роз'єму дає такі переваги:

1. Відливки легко видаляється з кокілю, що здешевлює його виготовлення.

2. Відливки не має виступаючих частин, що зменшує число стержнів до мінімуму а також спрощує виготовлення внутрішньої поверхні кокілю.

3. Відливки має ливарні ухили на механічну обробку з внутрішньої сторони 3 мм і з зовнішньої схорони також 3 мм.

					ДП-131.21.03.02.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Відливок виготовляється в кокілі з простою лінією роз'єму (вертикальною), що збільшує стійкість кокілю.

5. Конструкція відливка забезпечує рівномірне охолодження.

6. Відсутні гострі внутрішні кути, глибокі отвори малого діаметру, що спрощує внутрішню поверхню кокілю.

7. Базова частина відливка розміщена в одній частині кокілю, що забезпечує точність його розмірів.

8. З аналізу конструкції деталі слідує, що:

а) деталь має складну внутрішню поверхню;

б) деталь має різну товщину стінок, тому конструкція відливка змінена і значно відрізняється від конструкції окремої деталі. Це полегшує виготовлення відливків з застосуванням складних стержнів, а головне окремі деталі відливка легше обробляються.

2.2.1. Вибір припусків на механічну обробку. Величина припуску на механічну обробку залежить від роду сплаву, що заливається, розмірів відливка, точності виготовлення, положення в кокілі, складності конфігурації.

Припуски на механічну обробку приймаємо [2]:

- нижня і зовнішня бокові поверхні - 2 мм;

- внутрішні бокові поверхні - 2 мм;

- верхні поверхні - 3,0 мм.

Допуски на розміри металевих стержнів:

до 40 мм $\pm 0,5$ мм;

41 - 100 мм $\pm 0,5$ мм;

101 - 250 мм $\pm 0,7$ мм.

Ухили стержнів для вільного видалення стержнів при вибивці приймаємо 3°.

2.2.2. Припуски на усадку. Під припуском на усадку розуміють збільшення всіх лінійних розмірів кокілю на величину усадки матеріалу відливка. Припуск на усадку виражається у відсотках від розмірів відливка. З

					ДП-131.21.03.02.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

урахуванням матеріалу відливка (алюмінієвий сплав АК5М2Ц4) усадку приймаємо 1,8 – 1,9 %.

2.3. Розрахунок і конструювання підживлювача

Одним із важливих етапів розрахунку підживлювача є визначення його оптимальної конфігурації виходячи з того, що підживлювач слугує резервуаром рідкого металу та забезпечує живлення відливка. Розрахунки показують, що найкращою формою горизонтального перерізу підживлювача в даному випадку є коло. Розрахунок виконують з урахуванням наступних положень: час твердіння підживлювача повинен бути більше часу твердіння підживлюємого вузла; об'єм підживлювача повинен бути достатнім для компенсації усадки рідкого металу при затвердінні; усадочна раковина не повинна виходити за межі підживлювача і досягати його шийки.

Об'єм усадочної раковини визначають за формулою:

$$V_P = \beta \cdot (V_{\text{відл}} + V_n), \quad (2.1)$$

де $V_{\text{відл}}$ - об'єм відливка, см^3 ;

V_n - об'єм підживлювача, см^3 .

$$V_{\text{відл}} = \pi \cdot r^2 \cdot h, \quad (2.2)$$

де r – радіус відливка, $r = 14,9$ см;

h – висота відливка, $h = 11,5$ см.

$$V_{\text{відл}} = 3,14 \cdot 14,9^2 \cdot 11,5 = 80168 \text{ см}^3.$$

Визначаємо об'єм підживлювача:

					ДП-131.21.03.02.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_n = \frac{\beta}{k} \cdot V_{відл}, \quad (2.3)$$

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

$k = 0,25$

$$V_n = \frac{0,065}{0,25} \cdot 8016,8 = 2084,4 \text{ см}^3$$

$$V_p = 0,065 \cdot (8016,8 + 2084,4) = 656,5 \text{ см}^3$$

Приймаємо підживлювач прямокутної форми за специфіки конструкції відливка.

Приймаємо $a=10,0$ см, $b= 7,5$ см [3], тоді висота підживлювача:

$$h = \frac{V_p}{a \cdot b}, \quad (2.4)$$

де a - довжина підживлювача, см;

b - ширина підживлювача, см.

$$h = \frac{656,5}{10 \cdot 7,5} = 8 \text{ см.}$$

Приймаємо висоту підживлювача 80 мм.

2.4. Розрахунок і конструювання ливникової системи

Приймаємо нижню ливникову систему, так як вона рекомендується для відливків подібної форми і в найбільшій мірі забезпечує спокійне заповнення форми виключаючи спінювання, розбризкування та окислення розплаву, добре затримує неметалеві включення, що знаходяться в розплаві і можуть потрапити

					ДП-131.21.03.02.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

у форму, сприяє задовільній заповнюваності і послідовному витискуванню повітря та газів із порожнини форми. Нижня ливникова система легко відділяється при обрубці, витрата металу на неї менша ніж на вертикально - щильву систему.

Таким чином, нижня ливникова система в залежності від конкретних розмірів відливка і умов лиття повністю чи частково виконує три основні функції: заповнюємість, ламінарність, шлакозатримку. Вона в найбільшій мірі відповідає вимогам, що пред'являються до ливникових систем, і отримала найбільше розповсюдження при литті відливків із легких сплавів.

Визначаємо вихідні данні:

Виходячи з маси відливка 2,780 кг та висоти 10,15 см орієнтовно задаємо співвідношення:

$$F_c : F_k : F_{ж} \quad (2.5)$$

де F_c - площа перерізу стояка, см²;

F_k - площа поперечного перерізу колектора, см²;

$F_{ж}$ - площа поперечного перерізу живильника, см².

Визначаємо висоту стояка:

$$h_c = h_{відл} + h_{нід}, \quad (2.6)$$

де $h_{відл}$ - висота відливка, см;

$h_{нід}$ - висота підживлювача, см.

$$h_c = 10,15 + 8 = 18,15 \text{ см.}$$

Виходячи із залежності між висотами стояка і чаші, приведений на стор.113 [3] для h=200 мм приймаємо висоту чаші $H_q = 60$ мм.

					ДП-131.21.03.02.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розраховуємо початковий гідростатичний напір по формулі:

$$H_o = h_q + h_c, \quad (2.7)$$

де h_q - рівень розплаву в чаші, мм; приймаємо $h_q = 55$ мм;

h_c - висота стояка, мм.

$$H_o = 245 + 55 = 300 \text{ мм.}$$

По кресленню відливка знаходимо площу перерізу А-А на рівні підводу розплаву.

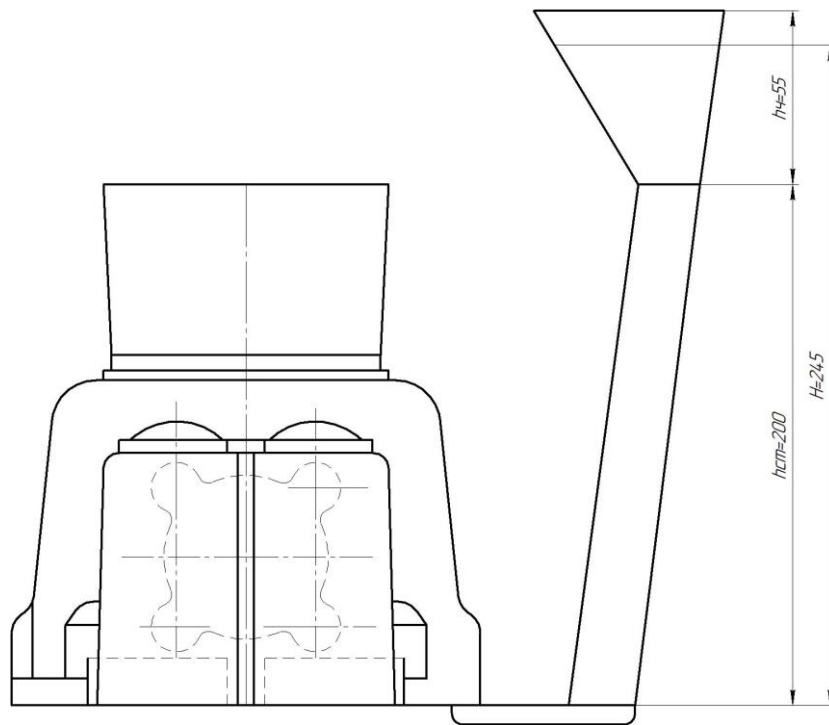


Рис. 2.1. Схема до розрахунку ливникової системи.

$$F_\phi = \pi \cdot r^2 - 2 \cdot \pi \cdot r_1^2, \quad (2.8)$$

де r - радіус відливки, см;

r_1 - радіус отвору, см.

					ДП-131.21.03.02.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F_{\phi} = 3,14 \cdot 7,6^2 - 2 \cdot 3,14 \cdot 5^2 = 24,36 \text{ см.}$$

Знаходимо середній розрахунковий напір по формулі:

$$H_p = H_0 - \frac{h_{\text{відл}}}{2}, \quad (2.9)$$

де H_0 - розрахунковий гідростатичний напір, см;

$h_{\text{відл}}$ - висота відливка, см.

$$H_p = 30,0 - \frac{10,15}{2} = 24,95 \text{ см.}$$

Визначення розрахункової швидкості руху розплаву по стояку.

По номограмі рис.69 [3] для бокової ливникової системи (тип Л-2А):

$d_{\text{сн}} = 0,016 \text{ м}$ - діаметр стояка в нижньому перерізі;

$H_0 = 0,384 \text{ м}$ - початковий гідростатичний напір;

$L_k = 0,140 \text{ м}$ - довжина колектора;

$n=1$ - кількість живильників.

Для $F_c: F_k: F_{\text{жс.}} = 1 : 2 : 3$, швидкість руху розплаву $V_c = 1,3 \text{ м/с}$.

Максимально допустима швидкість руху розплаву визначається по таблиці 24 [3] $V_{\text{сmax}} = 1,86 \text{ м/с}$.

Відливки по конфігурації відносяться до категорії простих, тому витрату розплаву визначаємо за формулою:

$$Q_{\phi} = R \cdot P_{\phi}, \quad (2.10)$$

де $R = 2...6$ - коефіцієнт заповнюваності. Приймаємо $R = 2$;

P_{ϕ} - периметр перерізу форми в місці підводу розплаву:

					ДП-131.21.03.02.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_{\phi} = 2 \cdot \pi \cdot r + 2 \cdot 2 \cdot \pi \cdot r_1, \quad (2.11)$$

$$P_{\phi} = 2 \cdot 3,14 \cdot 7,6 + 2 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 5,0 = 110,52 \text{ см},$$

$$Q_{\phi} = 2 \cdot 110,52 = 221,056 \text{ см}^3/\text{с}.$$

Визначаємо середню швидкість підйому розплаву у формі, за формулою:

$$V_{\phi} = \frac{Q_{\phi}}{F_{\phi}}, \quad (2.12)$$

де Q_{ϕ} - витрата розплаву, $\text{см}^3/\text{с}$;

F_{ϕ} - площа перерізу відливка, см^2 .

$$V_{\phi} = \frac{221,056}{24,36} = 9,07 \text{ см/с}$$

По табл. 7 [3] для відливка товщиною $\sigma_{\text{від}} = 21 \text{ мм}$ і висотою $h_{\text{від}} = 101,5 \text{ мм}$ знаходимо мінімальну швидкість підйому розплаву $V_{\phi \text{ min}} = 0,45 \text{ см/с}$.

Оскільки $V_{\phi} > V_{\phi \text{ min}}$, то заповнюваність форми буде забезпечено.

Визначаємо площу перерізу стояка за формулою:

$$F_c = \frac{Q_{\phi}}{V_c}, \quad (2.13)$$

де Q_{ϕ} - витрата розплаву, $\text{см}^3/\text{с}$;

V_c - розрахункова швидкість руху розплаву в стояку, см/с .

					ДП-131.21.03.02.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F_c = \frac{221056}{130} = 1,9 \text{ см}^2.$$

Визначаємо діаметр стояка:

$$D_c = \sqrt{\frac{4 \cdot F_c}{\pi}}, \quad (2.14)$$

$$D_c = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,9}{3,14}} = 1,56 \text{ см},$$

Приймаємо $D_c = 16 \text{ мм}$.

Оскільки при вільному падінні течії розплаву в стояку її швидкість збільшується то переріз течії постійно зменшується зверху вниз. Якщо вертикальному каналу не надати конусність, то при заливці в стояку буде відбуватись підсмоктування повітря через роз'єм форми. При цьому самим небезпечним є верхній переріз стояка.

Для каналу круглого перерізу:

$$d_{cv} \geq d_{cn} \sqrt[4]{\frac{\mu_c^2 \cdot H}{\mu_r^2 \cdot h_r}}, \quad (2.15)$$

де d_{cv} , d_{cn} - відповідно, діаметри верхнього і нижнього перерізу стояка, мм;

$\mu_c = 0,25 - 0,95$ - коефіцієнт витрати системи в нижньому перерізі стояка;

H – гідростатичний напір, см;

$\mu_r = 0,98$ – коефіцієнт витрати системи в ливниковій чаші.

$$H = h_c + h_r, \quad (2.16)$$

де h_c – висота стояка, см;

					ДП-131.21.03.02.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

h_r – висота рівня металу в чаші, см.

$$H = 18,3 + 5,2 = 23,5 \text{ см};$$

$$d_{cs} \geq 14 \cdot \sqrt[4]{\frac{0,6^2 \cdot 23,5}{0,98^2 \cdot 5,2}} = 15,9 \text{ мм.}$$

Виходячи з раніше прийнятого співвідношення $F_c: F_k: F_{ж}$, по табл 25 [71] для $F_c = 1,9 \text{ см}^2$ (ближнє значення $F_c = 2,0$) знаходимо сумарну площу перерізу колектора рівну $F_k = 3,08$ і його розміри, довжину a - 18,5 мм; ширину $b=17,5$ мм; висоту $h = 18,5$ мм.

Визначаємо фактичну швидкість потоку в колекторі за формулою:

$$V_k = V_c \cdot \frac{F_c}{F_k}, \quad (2.17)$$

де V_c - розрахункова швидкість руху розплаву в стояку, см/с;

F_c - площа перерізу відливка, см²;

F_k - площа перерізу колектора, см².

$$V_k = 130 \cdot \frac{1,7}{4} = 55,25 \text{ см/с.}$$

Максимально допустима швидкість визначається за формулою:

$$V_{k \max} = \frac{42}{R_k}, \quad (2.18)$$

де R_k - площа поперечного перерізу колектора, см².

					ДП-131.21.03.02.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_{\kappa \max} = \frac{42}{0,4} = 105 \text{ см/с.}$$

Оскільки $V_{\kappa} < V_{\kappa \max}$, то умова спокійного протікання розплаву в колекторі буде забезпечена.

Враховуючи, що $F_{\text{жс}} = 3F_c$, приймаємо $F_{\text{жс}} = 3 \cdot 2,0 = 6,0 \text{ см}^2$.

Товщину живильника приймаємо рівною $\delta_{\text{ж}} = 7 \text{ мм}$

Знаходимо висоту живильника:

$$c = \frac{F_{\text{жс}}}{\delta_{\text{ж}}}, \quad (2.19)$$

де $F_{\text{жс}}$ - площа перерізу живильника, см^2 ;

$\delta_{\text{жс}}$ - товщина живильника, см .

$$c = \frac{6}{0,7} = 8,6 \text{ см.}$$

2.5. Опис технологічного процесу 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. Відливка корпус НШ32УК-3-00-02 виготовляється в кокілі, який монтується на одно позиційну гідравлічну машину моделі 82А505, технічна характеристика машини в розділі 1, кокіль монтується на штоки бокових гідроциліндрів та на направляючі. Також вмонтовані стержні.

2. Після збирання кокілю проводиться його розігрів до температури 250...300 °С з допомогою пальника.

3. На розігрітий кокіль наноситься фарба GILLOLIN AL223 пульверизатором. Це протипригарна тепло ізолююча фарба у вигляді порошку.

					ДП-131.21.03.02.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Матеріал виготовлення фарби - оксидна кераміка і графіт. Для нанесення фарби на кокіль, необхідно розвести її водою в пропорції 1:5. Фарбу наносити в два етапи з просушуванням після нанесення першого шару на протязі 2-3 хв. Рекомендований шар фарби - 0,2 мм. В процесі роботи в разі потреби проводити повторне фарбування.

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

5. Метал - алюмінієвий сплав АК5М2Ц4 (хімічний склад, механічні властивості вказані в розділі 1 таблиця 1.1, 1.2). Температура заливки сплаву 720 °С Сплав заливається в форму ковшем ємністю 10 кг.

6. Після охолодження і повного затвердіння відливка за допомогою гідроприводу видаляються стержні з відливка і кокіль розкривається.

7. Відливки знімаються 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 стрічкового верстата для відділення підживлювачів. Залишок від підживлювача допускається висотою до 3 мм.

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

- твердість (100... 125 НВ) заміряється в частині підживлювача по центру відливка на приладі ТШ-2 при діаметрі шарика 10 мм, навантажені 1000 кгс та витримці 30 с;

- візуальний огляд відливоків для виявлення видимих дефектів (допускаються різні дефекти на поверхнях, що оброблюються, але не більше 2/3 припуску на механічну обробку);

- заміряються (базові) розміри відливка, що контролюються.

10. Відливки корпус перевіряють на герметичність на спеціальних

					ДП-131.21.03.02.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

випробувальних гідравлічних стендах.

2.6. Опис процесу проектування ливарного оснащення

Кокіль для виготовлення відливків корпус НШ 32УК-3-00-02 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 круглі (див. креслення) 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.

Бокові стержні виготовляються також шляхом механічної обробки круглої заготовки. Поверхні, що контактують з рідким металом піддаються поліруванню. Матеріал стержнів сталь 45 ГОСТ 1050-74.

Всі стержні піддаються термообробці - азотування, товщиною $h = 0,05$ мм (HRC30...35).

					ДП-131.21.03.02.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.7. Аналіз ливникової системи

При виготовленні відливка корпус НШ 32УК-3-00-02 на ВАТ "Гідросила" основними видами браку є: 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 із 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.

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

$$V_{\phi} > V_{\phi \min}, \quad (2.20)$$

					ДП-131.21.03.02.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де V_{ϕ} - середня швидкість підйому розплаву у формі, м/с;

$V_{\phi \min}$ - мінімально допустима швидкість підйому розплаву у формі, м/с.

Тобто

$$9,07 \text{ м/с} > 0,52 \text{ м/с}.$$

Ламінарність потоку забезпечується розмірами ливникової системи і її конструкцією.

					ДП-131.21.03.02.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. НАУКОВА ЧАСТИНА

3.1. Аналіз положення виливка в формі та умов кристалізації

Лиття в кокіль (багаторазову металеву форму) завдяки своїм відомим перевагам широко застосовується в ливарних цехах машинобудівних виробництв. Оскільки лиття в кокіль забезпечує отримання якісних виливків з алюмінієвих сплавів, питання удосконалення технології, підвищення відсотку виходу придатного литва, поліпшення механічних властивостей металу виливка, а також підвищення продуктивності праці та поліпшення санітарно-гігієнічних умов праці є актуальними. Особливої уваги заслуговує питання вибору правильного розташування виливка в формі під час заливки і кристалізації, що забезпечує принцип направленого затвердіння та отримання якісних виливків при мінімальних витратах металу [3].

Лиття в кокіль використовується для виготовлення різних за призначенням виливків із алюмінієвих сплавів. При цьому, чим більша усадка сплаву, більший інтервал кристалізації, тим вища ймовірність виникнення таких дефектів усадкового характеру, як пористість, усадкові раковини..

Технологічна можливість виготовлення виливка залежить від конструкції литої деталі та ливарних властивостей використовуваного сплаву. Так із збільшенням товщини стінки й розмірів виливка, різностінності, зростають труднощі її виробництва й погіршується технологічність лиття. В протилежному випадку виливки з тонкими стінками можуть мати тріщини та недоливи. Технологічність лиття погіршується й зі збільшенням числа отворів, що відливаються у виливку, і підвищенням температури плавлення використовуваного сплаву. Неправильний вибір положення виливка у формі перешкоджають природній усадці металу

					ДП – 131.21.03.03.00.00.ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	НАУКОВА ЧАСТИНА		
Розроб.		Іщенко Ю.О.					
Перевір.		Конончук С.В.					
Реценз.							
Н. Контр.		Конончук С.В.					
Затверд.		Кропівний В.М.					
					Літ.	Арк.	Акрушів
						1	33
					ЦНТУ, гр. ОЛ -20МЗ		

а неправильно спроектована ливникова система збільшує ймовірність виникнення у виливку дефектів усадкового характеру [3].

В існуючій на виробництві технології лиття корпусів передбачено їх розташування в формі закритою частиною догори (рис. 3.1).

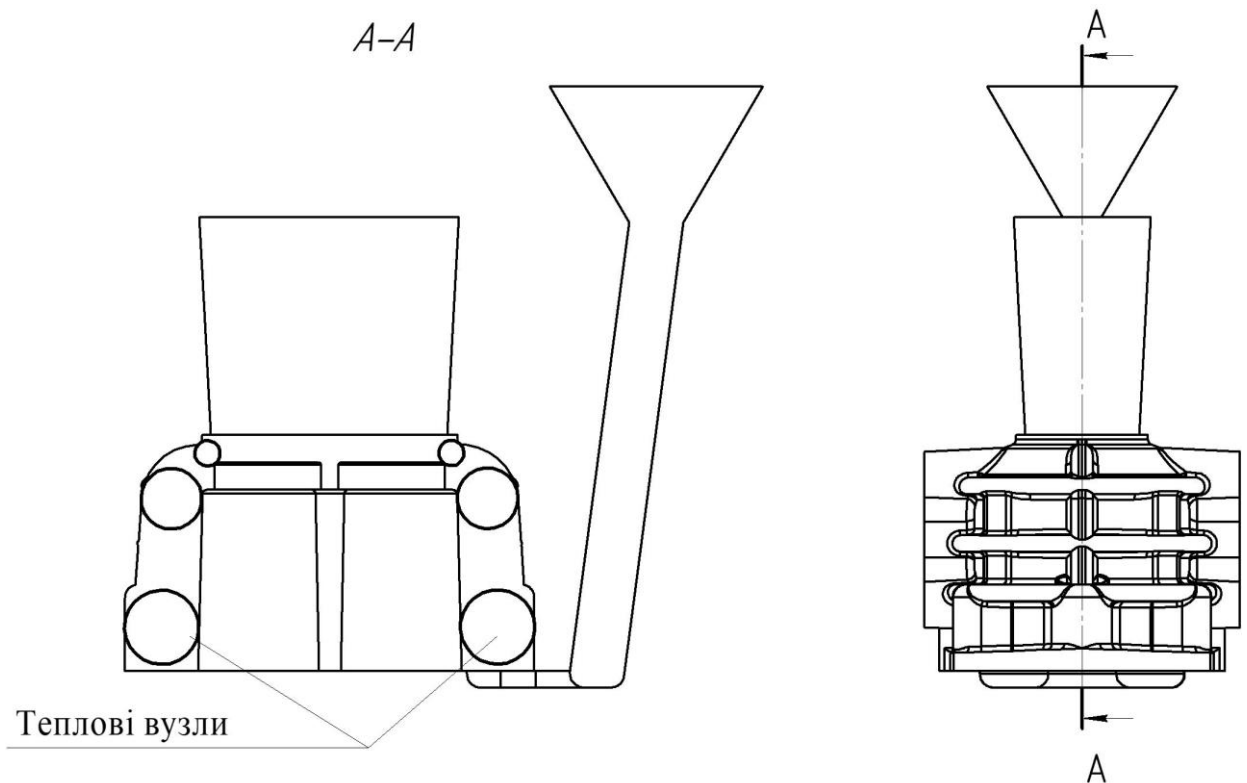


Рисунок 3.1 – Положення виливка в формі за існуючою технологією

Кристалізація металу природно відбувається знизу вгору і від країв до центру. Для забезпечення принципу направленого затвердівання необхідно розташовувати виливок таким чином, щоб більш товсті частини виливка були вище тонкіших. Тобто вписані в переріз виливка кола повинні збільшуватись знизу вгору. Проте, в існуючій технології ми бачимо протилежну картину (рис. 3.1) – вписані кола зменшуються в діаметрі по мірі просування знизу вгору, що суперечить принципу направленого затвердівання.

Для забезпечення направленого затвердівання виливок необхідно розташовувати таким чином, щоб товщина його стінок прогресивно збільшувалася, тобто вписані у переріз виливка кола повинні збільшуватись у

діаметрі від найменшого внизу, до найбільшого вгорі (рис.3.2).

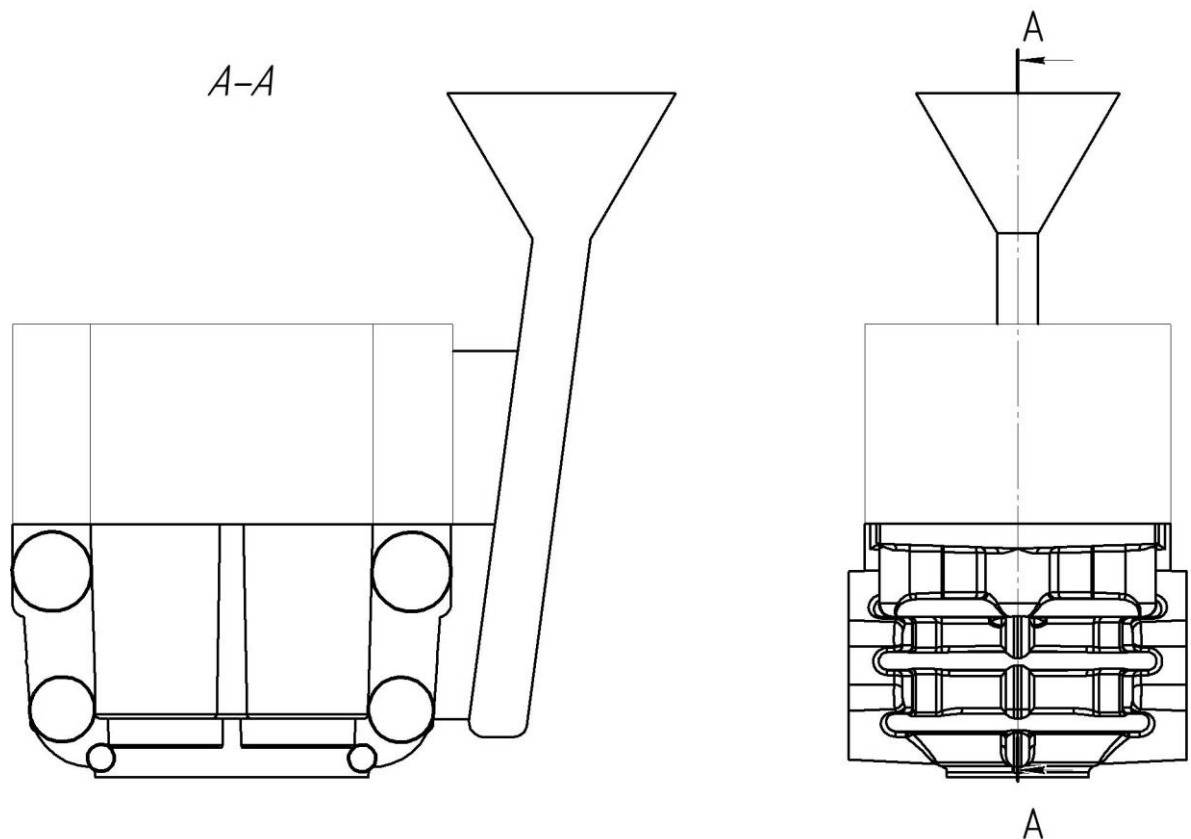


Рисунок 3.2 – Рекомендоване положення виливка в формі

При запропонованому положенні виливка затвердіння відбувається знизу вгору: нижні перерізи по мірі затвердіння живляться рідким металом з розташованих вище перерізів; верхні перерізи, що застигають в останню чергу, живляться з кільцеподібного підживлювача, розміщеного зверху виливка. Вертикальні стінки розширюються догори і завдяки своїй похилості дозволяють газам безперешкодно виходити з форми, а неметалевим включенням спливати догори. Усадкова раковина зосереджується у підживлювачі. Через підживлювач виходять гази, неметалеві включення, шлаки, оксидні плівки, засмічення.

При такому розташуванні виливка необхідно центральний стержень видаляти вгору. Вибраний в першому розділі кокільний верстат мод. 82А403 та конструкція існуючого кокіля після певних доопрацювань дозволяють це зробити.

3.2. Сучасні методи оптимізації ливарної технології

Складність і специфічність процесу лиття в кокій приводять до того, що вже на етапі розробки ливарної технології інженер-ливарник зустрічається з наступними труднощами:

- вибір оптимального положення виливка в формі;
- вибір оптимальної ливниково-живильної системи (ЛЖС);
- вибір температури заливання;
- вибір оптимальної швидкості заливки розплаву;
- запобігання коливання швидкостей потоку в процесі заливання.

Розвиток техніки ливарного виробництва привів до створення систем автоматичних машин, автоматичних ліній і автоматичних ливарних комплексів. Особливістю ливарної технології є набуття металом певної конфігурації і властивостей під час його переходу з рідкого стану у твердий. Умови протікання кристалізації багато в чому визначають якість виливка, а також продуктивність процесу та, в остаточному підсумку, ефективність виробництва. На основі розуміння закономірностей протікання цих процесів необхідно створювати оснащення і обладнання, які дозволяють в режимі реального часу керувати формуванням властивостей виливків. Подальше вдосконалення ливарної технології, створення автоматичних систем виготовлення виливків повинні ґрунтуватися, насамперед, на керуванні процесом формування якісного виливка. При підготовці технологічного процесу лиття металів виникає необхідність прийняття рішень в умовах недостатності інформації про фізичну картину процесу. Це пов'язано з проблемами аналізу явищ переносу (гідродинаміки, теплопередачі, фазових перетворень), що відбуваються в умовах реального виробництва. Застосування систем, які дозволяють візуалізувати і зрозуміти природу процесу лиття, дає можливість значно вдосконалити процес проектування й виробництва виливків. При цьому заощаджуються найважливіші ресурси — метал, робочий час, електроенергія. Результатом використання прикладних

					ДП – 131.21.03.03.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

пакетів візуалізації лиття є розуміння фізичних явищ, які протікають у сплаві, що дозволяє вносити необхідні корективи на стадії проектування. Це дозволяє значно знизити відсоток браку, допомагає підвищити якість продукції й одночасно знизити її собівартість. Застосування наукомістких технологій, зокрема, систем комп'ютерного моделювання фізико-хімічних процесів, що відбуваються під час формування виливка, дозволяє, з одного боку, переходити до виливків усе більш і більш складної форми, використовуючи все більшу номенклатуру сплавів, з іншого боку, скорочувати витрати на налагодження технології, замінюючи натурний експеримент обчислювальним.

Комп'ютерне моделювання й оптимізація ливарних технологій є важливим напрямком у розвитку програмних продуктів комп'ютерного інженерного аналізу - CAE - ComputerAidedEngineering.

Комп'ютерна програма дає можливість простежити, що відбувається при заповненні розплавом форми, при охолодженні та затвердінні металу. CAE-Програми дозволяють знаходити дефекти різної природи у виливку на стадії проектування, використовувати різні модифікації в технології, порівнюючи очікувану якість виливка для запропонованих модифікацій і вибираючи оптимальний варіант технології й ливниково-живильної системи. Сучасні програми комп'ютерного моделювання, засновані на фізичних теоріях теплових, дифузійних, гідродинамічних і деформаційних явищ здатні адекватно відбити картину фізико-хімічних процесів, що відбуваються при заповненні рідким металом форми, кристалізації багатокомпонентного сплаву тощо [21].

При отриманні технічного завдання інженер-конструктор розробляє креслення виливка з нанесенням ливарної технології. Потім розробляються 3Д моделі виливка, ливниково-живильної системи, підживлювачів. За розробленими 3Д моделями проводиться комп'ютерне моделювання процесів заливки форми та кристалізації виливка. У випадку, коли в результаті моделювання будуть виявлені ливарні дефекти, розроблена

					ДП – 131.21.03.03.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

технологія потребує доопрацювання. У випадку, коли дефекти не виявлені – конструкторсько-технологічна документація передається на проектування і виготовлення оснащення. Ливарна форма після виготовлення проходить випробування та впровадження у виробництво.

Нижче наведена схема етапів проектування ливарної технології, яку пропонується застосовувати в ливарних цехах машинобудівних виробництв (рис. 3.3).

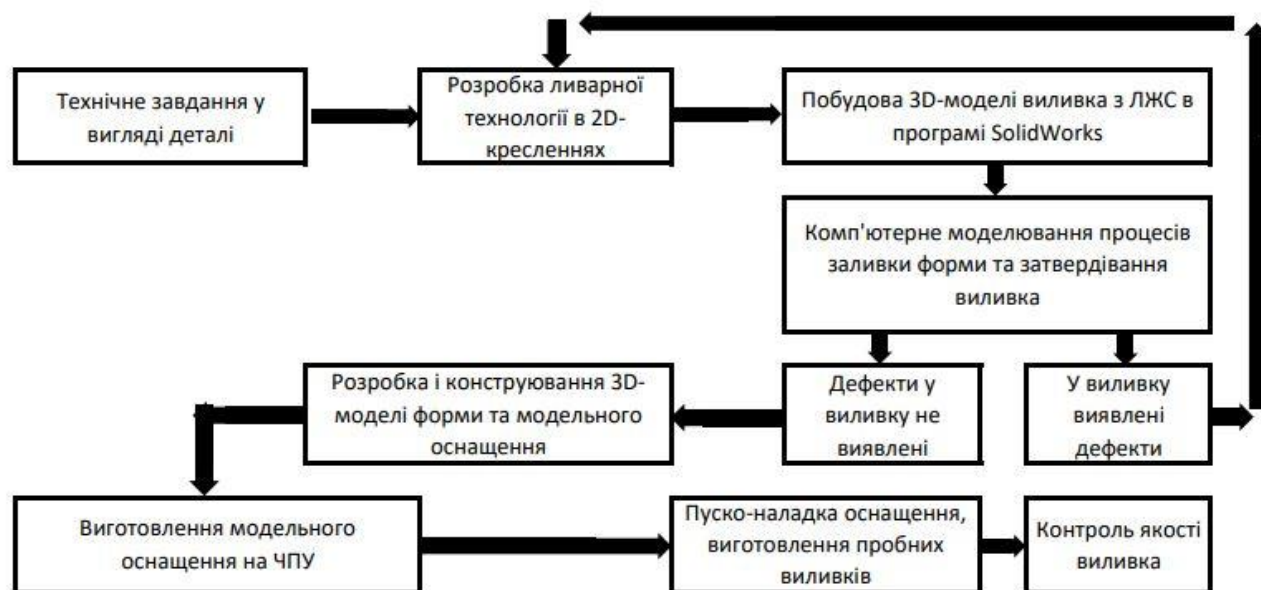


Рисунок 3.3 – Послідовність проектування ливарної технології

Використання прикладних CAD/CAE програм дозволяє суттєво спростити процес проектування ливарної технології.

Система автоматизованого проектування CAD забезпечує геометричне моделювання й візуалізацію виробів або їх деталей у двох або трьох вимірах. У сучасну CAD-Систему входять наступні модулі: моделювання об'ємної конструкції, виготовлення й оформлення креслень, введення текстової конструкторської документації, заповнення технологічних карт. Засоби CAE у свою чергу дозволяють виконати різноманітні розрахунки напруги, деформацій, теплообміну, розподілу магнітного поля, потоку рідин і інших параметрів суцільних середовищ, а також технічних систем у цілому [17].

3.3.Проектування 3D-моделі виливка та ливниково-живильної системи

За кресленням виливка та ливниково-живильної системи (ДП-131.21.03.02.01.00), які були розроблені в технологічній частині проекту, в системі автоматичного проектування SolidWorks розробляємо 3D-моделі виливка та ливниково-живильної системи.

У якості площини для початкового ескізу обрана верхня стандартна площина. Виливок розташовуємо по центру координат. Для побудови ескізів елементів були використані наступні інструменти вкладки «Ескіз»: «Прямокутник із центру», «Багатокутник із центру», «Окружність», «Лінія», «Осьова лінія», «Дуга», «Прорізь», «Сплайн», «Округлення», «Фаска», «Дзеркально відбити об'єкти», «Відігнути об'єкти», «Перетворення об'єктів», «Зміщення об'єктів», «Лінійний і круговий масиви» (рис. 3.4). На ескізи нанесені розміри й взаємозв'язки, що визначають положення елементів ескізів відносно один одного, згідно з розмірами та вимогами креслення виливка. Ескізи будуються на стандартних площинах, спеціально створених площинах чи на площинах, які належать попередньо створеним поверхням виливка.

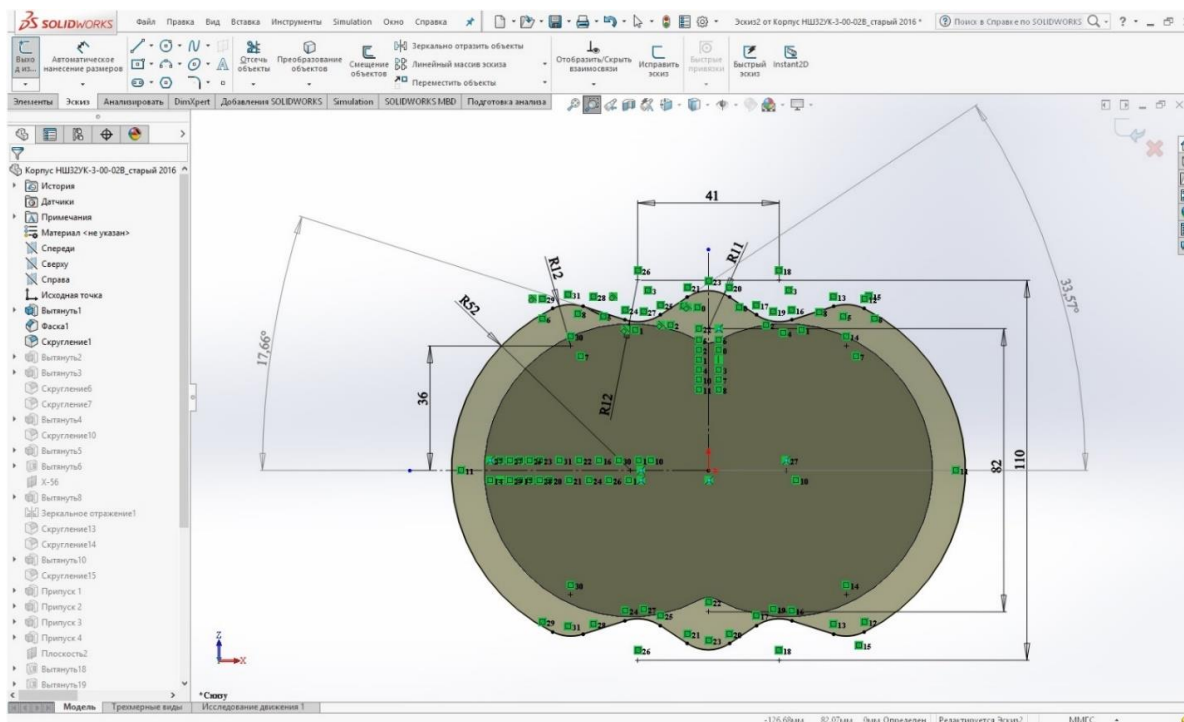


Рисунок 3.4 – Побудова ескізу нижньої частини виливка

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП – 131.21.03.03.00.00.ПЗ

Лист

Для побудови елементів за попередньо створеними ескізами були використані наступні інструменти вкладки «Елементи»: «Витягнута бобишка/основа», «Повернута бобишка/основа», «Бобишка/основа по траєкторії», «Бобишка/основа по перерізах», «Бобишка/основа на границі», «Витягнутий виріз», «Отвір під кріплення», «Повернутий виріз», «Виріз по траєкторії», «Виріз по перерізах», «Виріз по границі», «Скруглення», «Фаска», «Ребро», «Лінійний і круговий масиви», «Дзеркальний масив», «Масиви, які керуються кривими, ескізами, таблицями, зразками заповнення та розмірами», «Уклон», «Оболонка», «Перенос», «Перетин», «Інструменти ливарної форми» тощо. Побудова відповідного елемента відбувається за розмірами, геометрією і взаємозв'язками, які визначають положення і геометрію елементів відносно один одного, згідно з розмірами та вимогами креслення виливка. На рис. 3.5 показано приклад побудови твердотільної 3D-моделі основи виливка за попередньо побудованим на площині ескізом. Побудова здійснюється за допомогою інструмента вкладки «Елементи» «Бобишка/основа витягнути» на відстань 8,5 мм від площини ескізу в заданому напрямку.

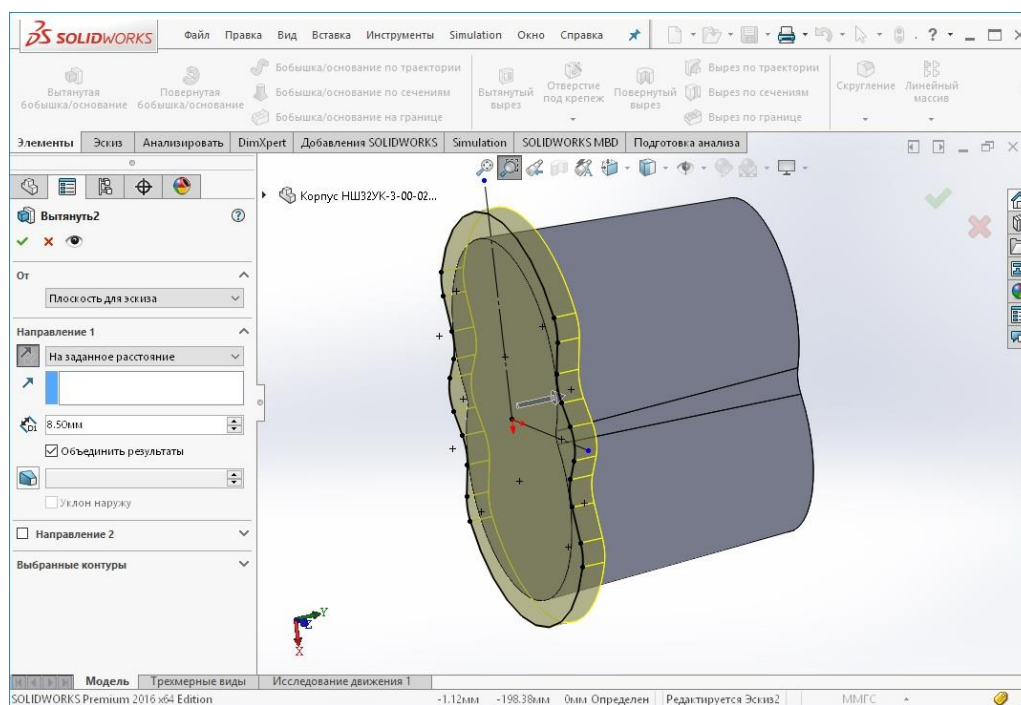


Рисунок 3.5 – Приклад побудови 3D-моделі основи виливка за допомогою інструменту «Бобишка/основа витягнути»

					ДП – 131.21.03.03.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Після побудови всіх необхідних елементів отримуємо 3D-моделі виливка «Корпус НШ32УК» (рис. 3.6)

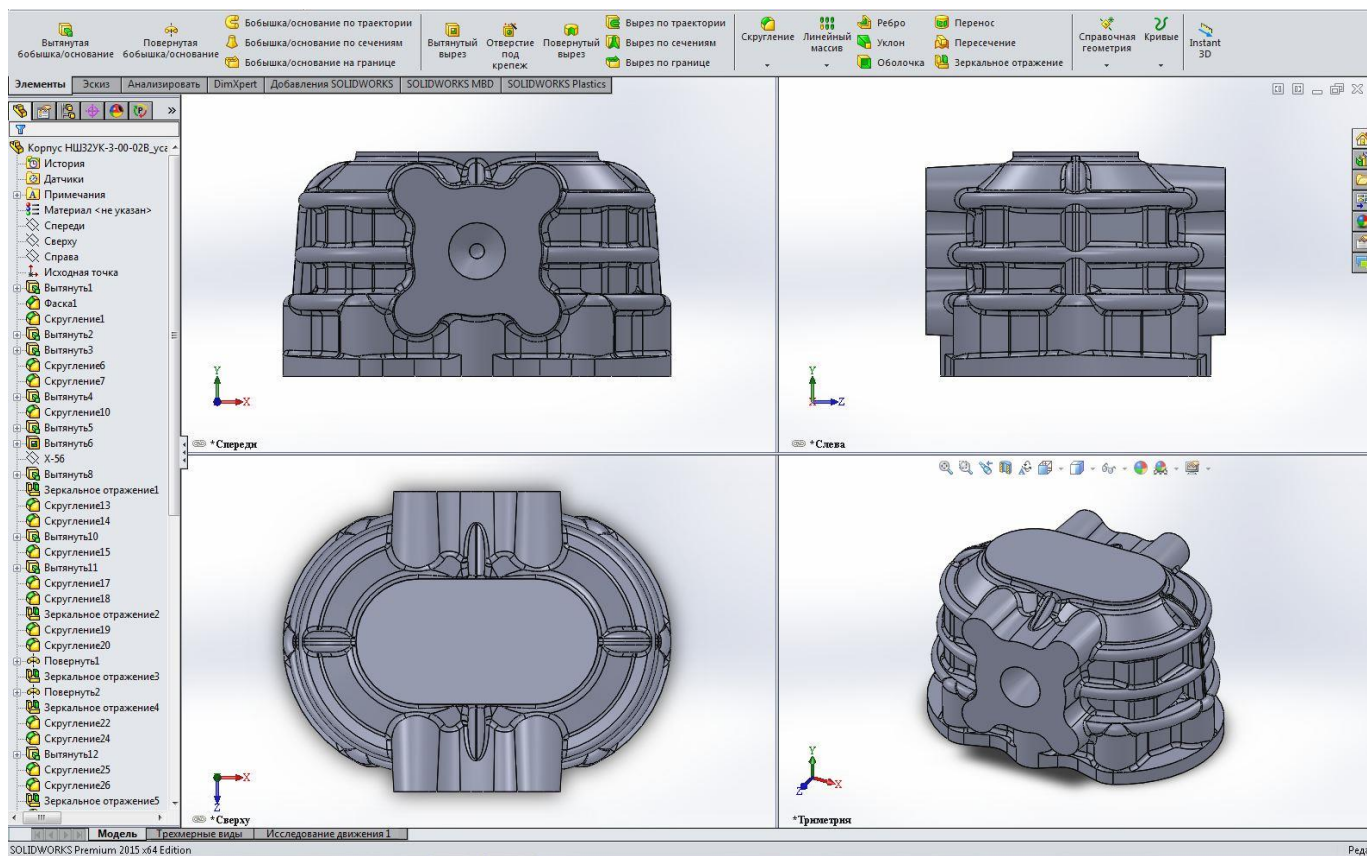


Рисунок 3.6 – 3D-модель виливка «Корпус НШ32УК»

Шляхом побудови ескізів на плоских поверхнях і в просторі й виконанням над ними операцій твердотілого або поверхневого моделювання можна одержати геометричні форми будь-якої складності. Аналогічно будуюмо 3D-моделі ливниково-живильної системи (рис. 3.7) та підживлювача (рис. 3.8). При цьому необхідно кожену модель зберегти в окремий файл. Також для виконання досліджень необхідно виконати компоновку виливка і ливниково-живильної системи в збірці SolidWorks (рис. 3.9).

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП – 131.21.03.03.00.00.ПЗ

Лист



Рисунок 3.7 – 3D-модель ливникової системи

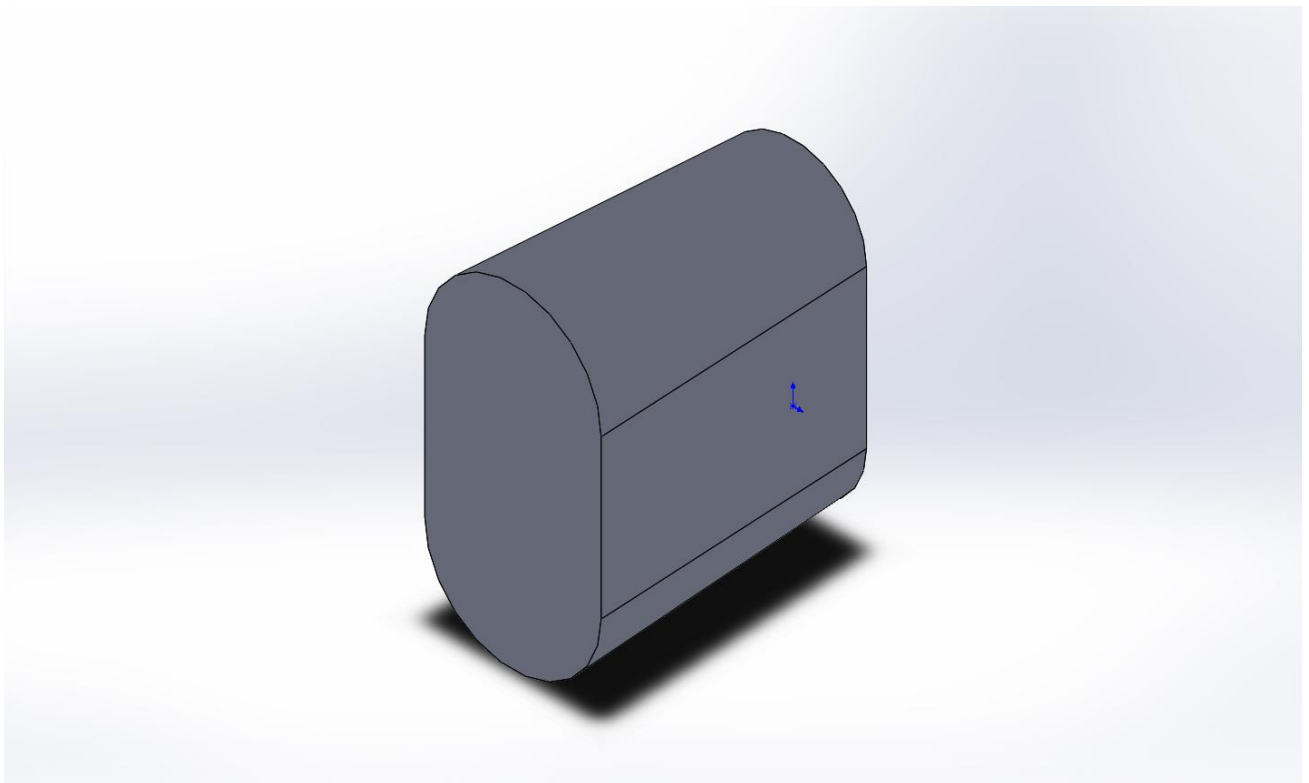


Рис. 3.8 – 3D-модель підживлювача

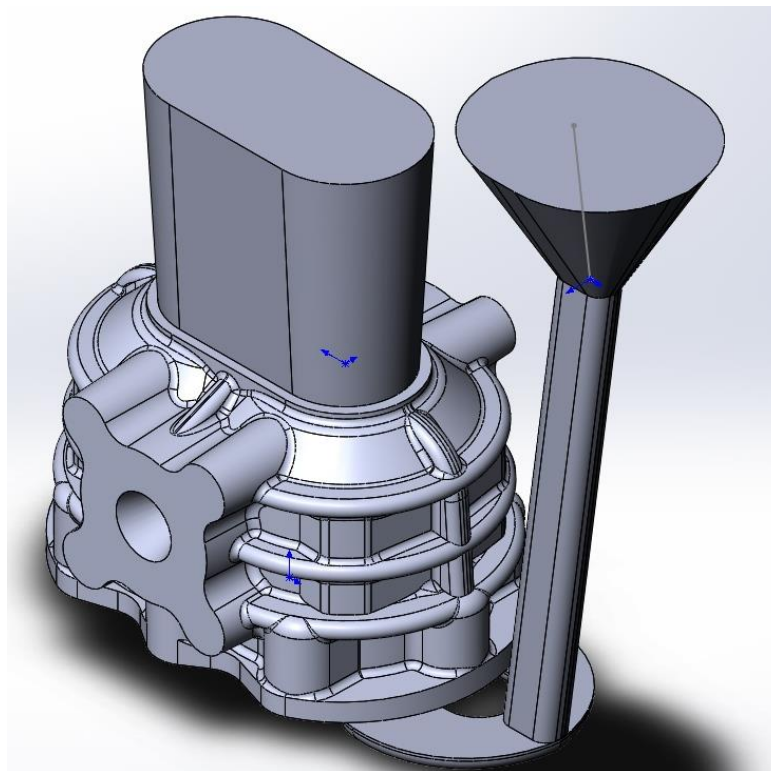


Рисунок 3.9 – 3D-компоновка виливка і ливниково-живильної системи

Для подальших досліджень необхідно 3D-компоновку виливка і ливниково-живильної системи зберегти у форматі STL (рис. 3.10)

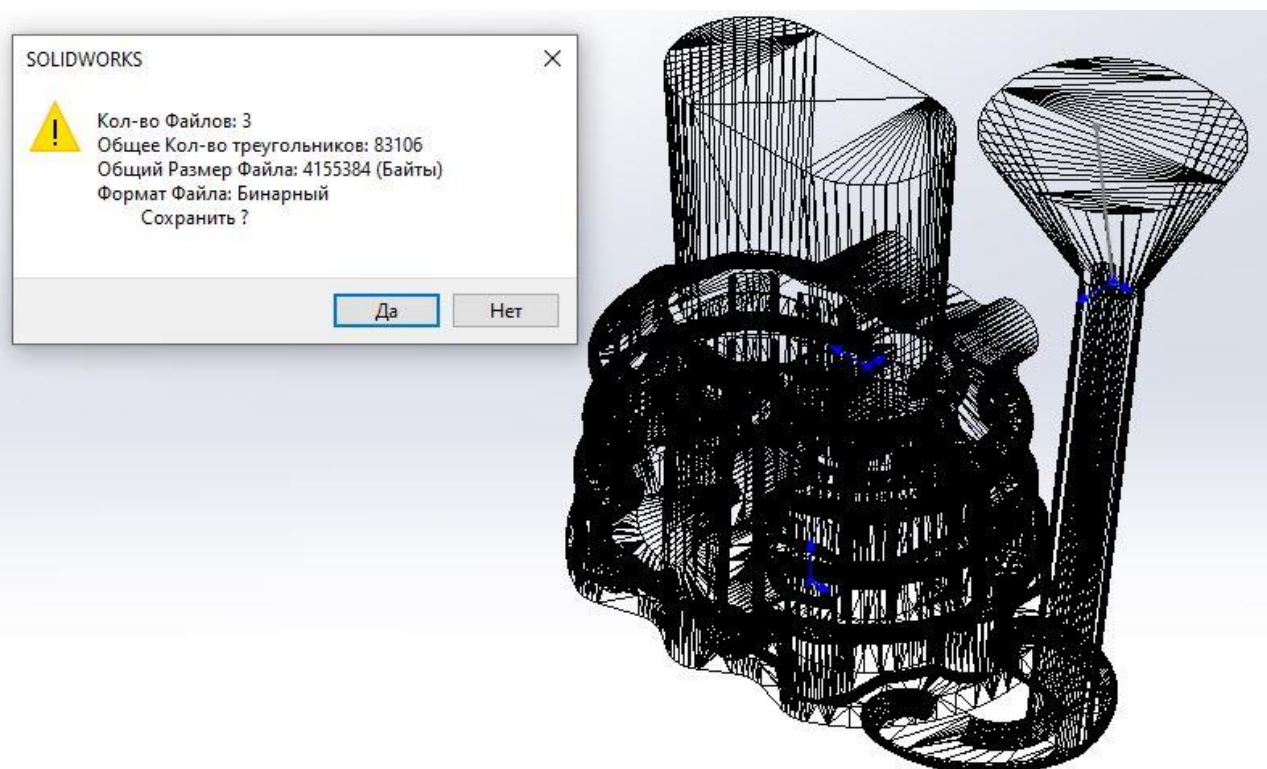


Рисунок 3.10 – Переведення геометрії Solidworks у формат STL

3.4.Моделювання процесів заливки, кристалізації і охолодження виливка на компютері

При розробці ливарної технології класичним методом «проб і помилок» виникнення технологічних труднощів, описаних вище, суттєво сповільнює процес освоєння нового виробу та в силу специфічності способу лиття в кокіль несе із собою значні матеріальні витрати. У зв'язку з цим для прискорення процесу розробки ливарної технології застосовується комп'ютерне моделювання.

3.4.1. Порівняльний аналіз існуючих програм. На сьогоднішній день найбільш відомими програмами комп'ютерного моделювання ливарної технології є такі програми, як LVMFlow, MAGMASOFT, CastCAE, Procast, Poligonsoft, Wincast, SolidCast. Вони відрізняються за математичними моделями розрахунку, за видами лиття, об'ємом бази даних матеріалів, видами результатів досліджень, використовуваними операційними системами, вимогами до конфігурації комп'ютера.

Програма моделювання ливарних процесів LVMFlow може використовуватися практично для всіх ливарних процесів: лиття в піщано-глинисту форму; лиття в кокіль; лиття під високим тиском; лиття під низьким тиском; лиття по виплавлюваних моделях. Можливості даної програми дозволяють оптимізувати режими заливки сплаву і кристалізації виливка, оптимізувати ливникову систему, аналізувати процеси лиття при використанні великої бази різних матеріалів (вуглецеві сталі; леговані сталі; чавуни сірі, білі, ковкі й високоміцні; алюмінієві, титанові, бронзові, магнієві сплави, а також сплави на нікелевій і мідній основі тощо).

Також LVMFlow дозволяє виконувати дослідницьку роботу із проектування виливків, забезпечуючи точність результатів розрахунків у порівнянні з експериментальними даними.

Програма моделювання ливарних технологій Procast

В основі програми Procast реалізовано метод кінцевих елементів, що забезпечує високу точність описання геометрії виливка та розрахункової

					ДП – 131.21.03.03.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

моделі з урахуванням процесів теплового, гідравлічного, кристалізаційного, металургійного, напружено-деформованого характеру.

В Procast можна моделювати такі технології: лиття в піщано-глинисту форму, лиття в кокіль, лиття під високим тиском, лиття в оболонкову форму, лиття по виплавлюваних моделях, лиття під регульованим тиском (включаючи лиття під низьким тиском, із протитиском і вакуумним усмоктуванням), лиття по газифікуємим моделям, відцентрове лиття, безперервне й напівбезперервне лиття, тиксолиття (лиття металу у твердорідкому стані).

Програма містить інструменти для більш точного налаштування початкових умов технологічного процесу: розрахунки швидкості заливання зі стопорного ковша, контроль рівня заповнення металу в ливниковій чаші, розрахунки коефіцієнтів тепловіддачі для каналів охолодження форми тощо.

База даних включає спеціалізований термодинамічний модуль для розрахунків теплових і механічних властивостей сплавів за їх хімічним складом. Таким чином, можна передбачити моделювання сплаву будь-якого хімічного складу. При цьому можна визначати такі теплофізичні властивості сплаву, як теплопровідність, густина, ентальпія, теплоємність, в'язкість, температури ліквідуса і солідуса, модуль Юнга, коефіцієнт Пуассона, коефіцієнт лінійного розширення, границя текучості та інші.

Програма моделювання ливарних процесів CastCAE. Для комп'ютерного моделювання у програмі CastCAE необхідно завантажити геометричну модель порожнини ливарної форми у формат STL та указати границі області ливарної форми.

На завантажених геометричних моделях виливка та форми будується сітка з кубічних гнізд однакового розміру. Потім з бази даних вибираються матеріали для виливка й форми. Наповненість бази даних матеріалів є важливою характеристикою програми, тому що властивості матеріалу залежать від температури, при цьому відсутність у базі даних потрібного

					ДП – 131.21.03.03.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

матеріалу викликає необхідність додаткового дослідження для визначення властивостей матеріалу.

Після проведення розрахунків програма видає користувачеві велику кількість різних результатів, що дозволяють всебічно проаналізувати процес. Можна побачити процес заповнення форми, поле векторів швидкостей розплаву, температурне поле, значення критерію Ніями в різних областях виливка, ступінь пористості металу, ступінь проникності його Х-Променями. Існує два види представлення результатів: зміна поля в часі й зміна поля в просторі (томографія — можливість переглянути в будь-якому шарі елементів). Модуль Castdesign, який входить до складу пакета, дозволяє оцінити ступінь використання живильних елементів і визначити зони їх дії, що в ряді випадків дозволяє зменшити вагу виливка. Модуль Castcheck дозволяє оцінити технологічність проектованої деталі.

Програма CastCAE дозволяє зменшити відсоток ливарного браку, підвищити продуктивність процесу лиття за рахунок підбору оптимальної конфігурації ЛЖС, підвищити коефіцієнт використання металу, зменшити енергоємність та трудомісткість процесу лиття.

Програма моделювання ливарних процесів SolidCast дозволяє візуалізувати процес кристалізації виливка до виготовлення оснащення, виявити й виправити помилки.

SolidCast дозволяє моделювання заливки виливків із чавуну, сталі, алюмінієвих, магнієвих, мідних і нікелевих сплавів. За допомогою SolidCast можна змоделювати процеси лиття в піщано-глинисту форму, у кокіль, по виплавлюваних моделях.

Основні особливості програми враховують такі параметри:

Попереднє заповнення форми під нахилом - дозволяє визначити відсоток нахилу форми, при якому більша частина або весь метал буде залитий у форму. Заповнення форми відбудеться до завершення нахилу. Наприклад, при нахилі форми на 90° можна встановити, щоб 90% усього обсягу металу заливалося при нахилі форми наполовину.

					ДП – 131.21.03.03.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Можливість встановлення в ЛЖС піно-керамічного фільтра - створює прямокутний елемент фільтра із зазначеною пропускною здатністю в STL форматі. STL-Файл можна додати до моделі в SolidCast для розрахунків заповнення форми сплавом через фільтр.

Програма моделювання ливарних процесів Poligonsoft дозволяє моделювати заповнення форми розплавом враховуючи перенос тепла при кристалізації теплопровідністю, конвекцією й випромінюванням, утворення усадочних дефектів (раковини, макро- і мікропористість), напруги й деформації (включаючи критерій утворення тріщин). Крім того, Poligonsoft має спеціальні можливості для моделювання направленої кристалізації, безперервного лиття, лиття під високим і низьким тиском і критеріального аналізу отриманих результатів. Програма може бути використана для комп'ютерного моделювання більшості ливарних технологій: лиття в піщано-глинисту форму; лиття в кокіль (у тому числі охолоджуваній або підігріваний); лиття по виплавлюваних моделях; лиття під високим і низьким тиском; безперервне лиття; рідке штампування (лиття із кристалізацією під тиском); затвердіння з урахуванням підведення електричного струму.

За допомогою програми Poligonsoft можна моделювати й аналізувати такі процеси:

- прогрівання чи охолодження форми перед заливкою;
- заповнення форми розплавом з моніторингом інформації про поле швидкостей і температур розплаву, можливих «перемерзаннях» живильних каналів і непроливів у виливку;
- зміни температури виливка та форми під час кристалізації і охолодження;
- затвердіння виливка;
- утворення усадочних раковин, макро- і мікропористості;
- фільтрування під час заливки;

					ДП – 131.21.03.03.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- напружено-деформований стан виливка з прогнозуванням жолоблення та утворення гарячих і холодних тріщин;

У програмі Poligonsoft передбачено критеріальний розрахунок та аналіз таких властивостей і параметрів як структура металу, його твердість, пригар, розмиви форми. Крім наявних у базі даних критеріїв, можна задати власні критерії аналізу, необхідні для конкретного виробництва. Реалізовані можливості багатопоточної розрахунків для сучасних багатоядерних процесорів, що дозволяє суттєво прискорити час розрахунку.

Таким чином, можна виділити наступні переваги розглянутих систем комп'ютерного моделювання ливарних процесів:

- Poligonsoft - дозволяє моделювати процеси затвердіння, утворення дефектів усадкового характеру, виникнення внутрішніх напружень, деформацій в процесі затвердіння, описує процеси формування структури й розподілу механічних властивостей, заповнення форми при спеціальних видах лиття;

- LVMFlow - система моделювання теплових і гідродинамічних процесів лиття умовах для широкої номенклатури сплавів, матеріалів форми при гравітаційному литті та литті під тиском;

- ProCast - моделювання лиття в піщано-глинисту форму, спеціальні способи лиття різних сплавів; дозволяє моделювати процеси заповнення форми, прогнозувати структуру більшості багатокомпонентних промислових сплавів, здійснювати розрахунки залишкових напруг і пластичних деформацій у виливку;

Перераховані системи дають можливість реалізувати комп'ютерну розробку технології виробництва виливків, моделювання ливарних процесів, проектування й виготовлення ливарного оснащення. У табл. 3.1 наведені порівняльні характеристики перерахованих програмних продуктів.

У результаті порівняльного аналізу програм для проектування та моделювання процесу одержання виливка за такими критеріями, як вірогідність результатів моделювання, їх наочне представлення, широкі

					ДП – 131.21.03.03.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

можливості та зручний інтерфейс була обрана програма CAE для аналізу різних ливарних технологій - LVMFlow [23].

Таблиця 3.1 – Аналіз програм для моделювання ливарних процесів

Характеристика	Назва програм для комп'ютерного моделювання ливарних технологій				
	LVMFlow	Pro CAST	Cast CAE	SOLID Cast	Poligon Soft
1. Імпорт 3D моделей з інших CAD систем	+	+	+	+	+
2. Зручний інтерфейс із довідковою системою	+	+	-	-	+
3. Доповнення модулями	+	+	+	+	-
4. Банк основних матеріалів	+	+	+	+	+
5. Бази основних форм для лиття	+	+	+	+	+
6. Аналіз теплової картини	+	+	+	+	+
7. Робота із різними сплавами	+	-	-	+	-
8. Функція зворотного завдання для розрахунків початкових умов по експериментальним	-	+	-	-	-
9. Лиття під низьким і високим тиском	+	+	-	+	+
10. Зміна геометричних параметрів	+	+	-	-	+
11. Аналіз заповнення форми	+	+	+	+	+
12. Розрахунки будь-яких видів гравітаційного заливання	+	-	-	+	-
13. Зміна технологічних параметрів	+	+	+	+	+
14. Розрахунки напруги й деформації	+	+	-	-	+
15. Аналіз якості й витрати часу на виріб	+	-	+	+	+
16. Розрахунки процесу охолодження й затвердіння	+	+	+	+	+
17. Формування параметрів заливання	+	+	-	+	+
18. Економія пам'яті при зберіганні даних	+	-	-	-	-
19. Банк паспортів	+	-	-	-	+
20. Аналіз процесу кристалізації й усадочних дефектів	+	+	+	+	+
21. Моделювання заповнення стрижневих ящиків піском при піскоудувному процесі	-	+	-	-	-

3.4.2. Аналіз процесу лиття в системі LVMFlow. Система LVMFlow використовується для комп'ютерного моделювання процесів, які відбуваються в ливарній формі та оптимізації технологічного процесу виготовлення виливка. Ядром системи комп'ютерного моделювання теплових і гідродинамічних процесів лиття LVMFlow є рівняння тепломасопереносу. LVMFlow заснована на методі контрольованого об'єму (МКО) і дозволяє: простежити заповнення форми металом, розрахувати температурні поля виливка й форми, здійснити розрахунок поля рідкої фази, розрахувати поле швидкостей, розрахувати конвективні потоки, розрахувати поле тисків, оцінити можливі дефекти у виливку, розрахувати напруги й деформацію виливка, оцінити роботу фільтрів, урахувати багаторазове використання форми, розробити технологію ЛПТ, розрахувати розміри підживлювачів і ливникової системи, врахувати поведінку газу в порожнині форми при заповненні, прогнозувати захват повітря в процесі заливання, підібрати розміри екзотермічних оболонок для підживлювачів.

Аналіз технологічного процесу виготовлення виливків у системі комп'ютерного моделювання ливарних процесів LVMFlow складається з наступних операцій і етапів:

- Конвертація геометрії виливка у формат LVMFlow.
- Створення розрахункової кінцево-об'ємної сітки.
- Завдання властивостей матеріалів.
- Завдання граничних умов.
- Проведення розрахунків температурних полів.
- Контроль зміни розрахункових параметрів.
- Розрахунки напруг і деформацій у виливку.

Комп'ютерне моделювання дозволяє простежити всі процеси, які відбуваються в металі при заповненні форми, затвердінні й виникненні усадочних дефектів.

До складу LVMFlow входить кілька модулів, які виконують різні функції (табл. 3.2), [23, 27].

					ДП – 131.21.03.03.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблиця 3.2 – Модулі програми LVMFlow

Назва модуля	Виконувані функції
Системні установки	Установка параметрів за замовчуванням, використовуваних усіма модулями пакета (мова інтерфейсу користувача, система одиниць вимірювання, директорія файлів бази даних і т.п.)
3 D-Імпорт	Конвертація геометрії виливка у формат LVMFlow, огляд геометрії, зміна орієнтації виливка, підготовки ливарної конфігурації, завдання кольорів тілам виливка.
База даних	База теплофізичних даних сплавів і матеріалів форм. Містить теплофізичні дані матеріалів і сплавів, які використовуються в моделюванні (теплоємність, теплопровідність, щільність, коефіцієнти теплопереносу і т.д.) у вигляді температурних залежностей, а також бінарні діаграми стану сплавів.
Початкові установки	Завдання початкових і граничних умов моделювання й технологічних параметрів процесу лиття. Завдання паспорта для зберігання проміжних і кінцевих результатів моделювання.
Кристалізація	Моделювання процесу затвердіння виливка у формі.
Заливка	Моделювання процесу заповнення порожнини форми виливка розплавом без врахування теплопередачі.
Повне завдання	Моделювання процесів заповнення розплавом порожнини форми й затвердіння виливка.
Банк паспортів	Огляд результатів моделювання процесів заповнення форми й затвердіння металу, при виконанні розрахунків.
Тест	Калібрування теплофізичних даних, які містяться в базі даних матеріалів, до сплавів і матеріалам користувача.

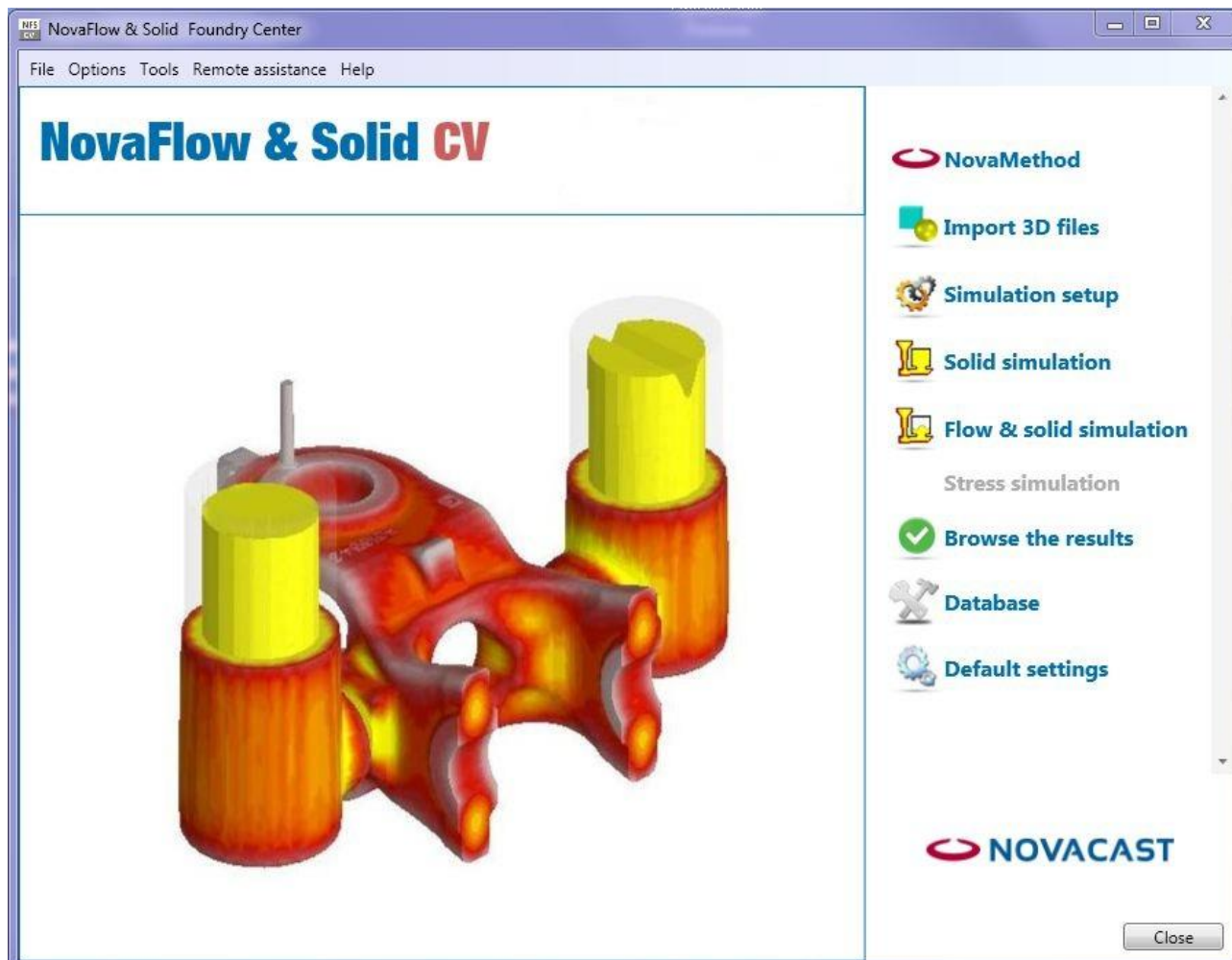


Рисунок. 3.10 – Робоче вікно програми Novaflow&Solid

3D-імпорт. Для зв'язку із системами геометричного моделювання в пакеті LVMFlow існує конвертор (модуль «3D-Імпорт») для переносу файлів формату STL у внутрішній формат LVMFlow. Конвертор також виконує наступні функції:

1. Зміна орієнтації виливка в просторі. У процесі налагодження технології необхідно міняти орієнтацію виливка відносно сили тяжіння. Для повороту виливка передбачено два варіанти:

- числове завдання кутів Ейлера;
- обертання виливка за допомогою пристрою "миша" з візуальним контролем по його орієнтації.

					ДП – 131.21.03.03.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2. Масштабування геометричних образів виливка. «3D імпорт» дозволяє змінювати масштаб геометричного образа виливка за допомогою вибору системи одиниць виміру (мм, см, дюйми)

3. Складання конструкції з геометричних образів, збережених у різних файлах. Наприклад, маючи в окремих файлах геометрію виливків, ливниково-живильних систем, підживлювачів, можна реалізувати різні компонування елементів і створювати різні конструкції.

4. Завдання кольорів тілам виливка. Кольори вводяться для подальшого (у модулі «Початкові умови») призначення матеріалів тілам виливка.

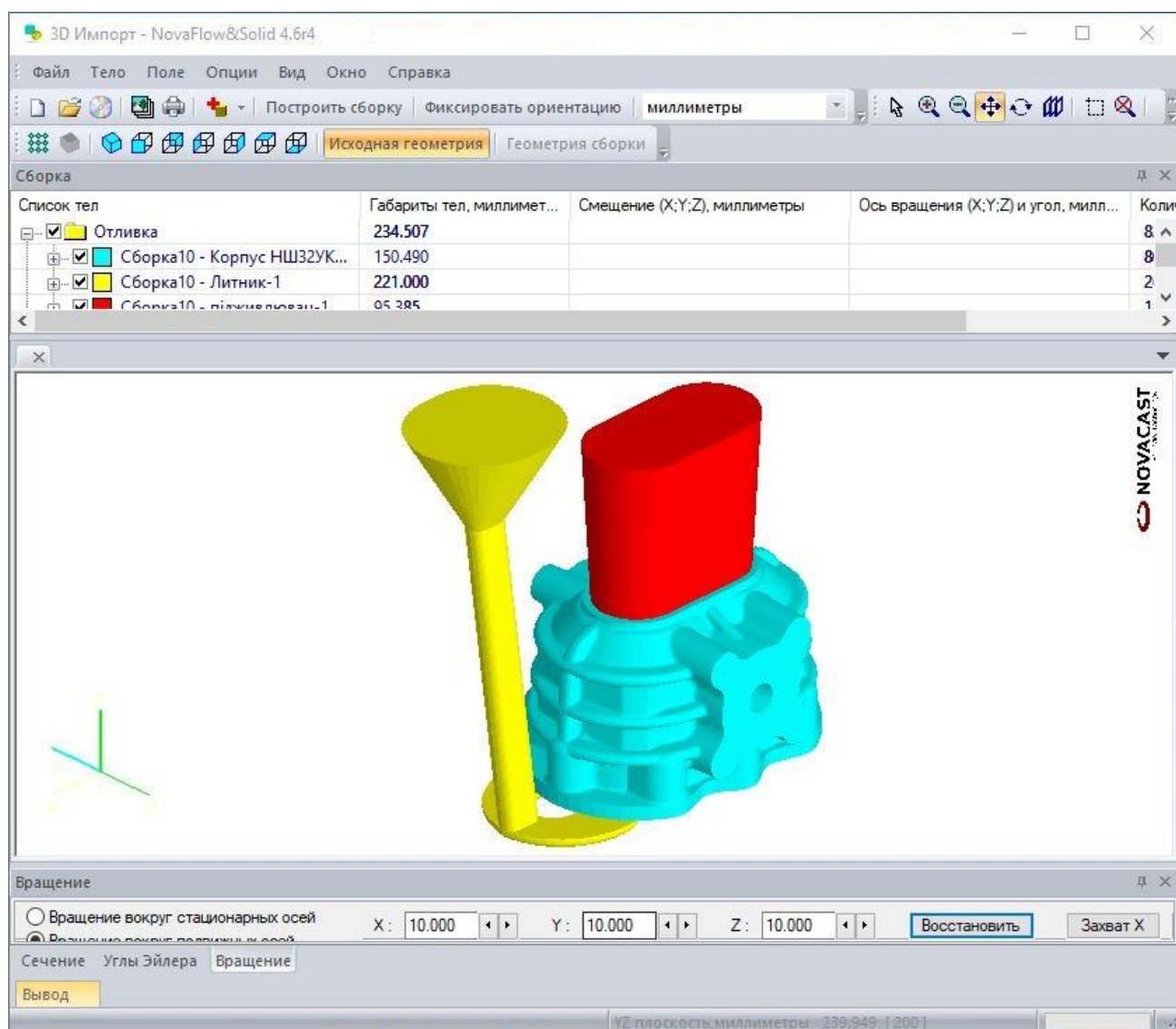


Рисунок 3.11 – Геометрия виливка в модулі 3D Імпорт

База даних. Виробничі сплави в переважній більшості є багатокомпонентними системами. Для моделювання кристалізації сплаву необхідна його фазова діаграма. На жаль, повних багатокомпонентних діаграм стану не існує. Досить вивченими є фазові діаграми двокомпонентних систем. У зв'язку із цим у модулі «База даних» проводиться наближений розрахунки положення фазових рівноваг багатокомпонентного сплаву методом деформації двокомпонентної діаграми стану. Із цією метою дані по сплавах у базі даних розбиті на класи: вуглецеві сталі, леговані сталі, чавуни, бронза, силуміни тощо.

Клас характеризується бінарною (базовою) рівноважною діаграмою стану, параметрами, які визначають деформацію діаграми при додаванні до подвійної системи інших елементів, і кінетичними коефіцієнтами фазових перетворень. Для конкретного сплаву, який належить до певного класу, уведені: хімічний склад, теплоти фазових переходів і поріг плинності. Хімічний склад сплаву, теплоти фазових переходів і характеристики класу дозволяють визначати інтервал і кінетику кристалізації даного сплаву.

Поріг протікання - це експериментальний параметр, який визначає мінімальне значення частки рідкої фази, при якій можливий плин рідини у двофазній зоні.

Крім класів ливарних сплавів у базі даних існує клас матеріалів форм, куди занесені формувальні, вогнетривкі й ізоляційні матеріали, які найбільш часто використовуються у виробництві.

Моделювання процесів протікає в широкому температурному інтервалі, на якому значення теплофізичних властивостей матеріалів можуть змінюватись у кілька разів. Тому, як для матеріалів форм, так і для сплавів уведені температурні залежності теплопровідності, теплоємності, щільності.

Якщо база даних не містить потрібних користувачеві сплавів і матеріалів форм, вона може бути поповнена самим користувачем. Уведення й корегування даних здійснюється в простому діалозі й супроводжується графічним відображенням значень, які вводяться. Корегуються тільки дані по

сплавах і матеріалах форм, параметри класів користувачем не корегуються. Така корекція, а також уведення нових класів сплавів проводяться розроблювачем на замовлення користувача.

У нашому випадку застосовується сплав А360 з бази даних програми. Даний тип сплаву відноситься до американського стандарту ливарних сплавів ANSI і є аналогом алюмінієвого сплаву АК9М2, його можна застосовувати для моделювання, тому що він має повні дані по теплофізичних параметрах сплаву й механічним властивостям залежно від зміни температури.

Властивості матеріалу вилівка А360, та копію зі сталі AISI 304, показані на рис. 3.12.

Материалы формы	T, °C
A360	750.000
A360	750.000
A360	750.000
AISI 304	200.000
Air - In mold	20.000

Класс материала: Aluminium based
 Тип материала: Сплав
 Материал: A360

Температура ликвидуса, °C: 597.95
 Температура солидуса, °C: 555.48
 Начальная температура, °C: 750.00
 Порог текучести, %: 70.00
 Порог протекания, %: 30.00
 Порог Нияма, %: 3.00

Материалы формы	T, °C
A360	750.000
A360	750.000
A360	750.000
AISI 304	200.000
Air - In mold	20.000

Класс материала: Stainless Steel
 Тип материала: Сплав
 Материал: AISI 304

Температура ликвидуса, °C: 1454.76
 Температура солидуса, °C: 1408.15
 Начальная температура, °C: 200.00
 Порог текучести, %: 90.00
 Порог протекания, %: 70.00
 Порог Нияма, %: 3.00

Рисунок 3.12 – Задання матеріалів та початкових температур вилівка, ЛЖС та форми в програмі моделювання

Початкові умови

У модулі «Початкові умови» необхідно, насамперед, створити в розрахунковій області сітку, на якій будуть вирішуватися рівняння тепломасопереносу. В LVMFlow елементарним елементом сітки є куб. Тому для автоматичної генерації сітки достатньо ввести один параметр - або розмір елемента (крок сітки), або загальну кількість вузлів сітки. Чим менше крок сітки, тем сітка щільніше й тем точніше буде розрахунок (рис. 3.13).

The figure displays four screenshots of the 'Parameters of the mesh model' (Параметры сеточной модели) dialog box, arranged in a 2x2 grid. Each window has a title bar with a close button (X) and a tab bar with four tabs: 'Число ячеек' (Number of cells), 'Толщина формы' (Form thickness), 'Размер бокса' (Box size), and 'Граничные условия' (Boundary conditions).

- Top-left window:** The 'Размер бокса' tab is active. It shows a vertical slider for 'Размер ячейки, мм' (Cell size, mm) set to 7.000. Below it are radio buttons for 'число ячеек по X' (47), 'число ячеек по Y' (61), and 'число ячеек по Z' (37). Summary statistics at the bottom show: 'Общее количество ячеек' (Total number of cells) = 106 079, 'Узлов отливки' (Pouring nodes) = 13.00, and 'Требуемый объем памяти, Mb' (Required memory) = 258.8. Buttons at the bottom are 'Да' (Yes), 'Отмена' (Cancel), 'Применить' (Apply), and 'Паспорт' (Passport).
- Top-right window:** The 'Граничные условия' tab is active. It prompts to 'Используйте галочку для вывода отливки на грань' (Use the checkbox for output of the pouring on the face). It lists six faces (Lower/Upper X, Y, Z) with their coordinates (all 25.000) and a dropdown for boundary conditions (Фиксированная грань or Свободная грань). A 'По умолчанию' (Default) button is at the bottom. Buttons at the bottom are 'Да', 'Отмена', 'Применить', and 'Паспорт'.
- Bottom-left window:** The 'Граничные условия' tab is active. It has two radio buttons: 'Отсечь часть отливки выше текущего сечения' (selected) and 'Отсечь часть отливки ниже текущего сечения'. A checkbox 'Установить текущее сечение как пл. симметрии' (Set current section as plane of symmetry) is also present. Below are two tables for 'Размер расчетной области' (Calculation domain size) and 'Положение отливки' (Pouring position) with coordinates in mm. Buttons at the bottom are 'Да', 'Отмена', 'Применить', and 'Паспорт'.
- Bottom-right window:** The 'Граничные условия' tab is active. It prompts to 'Задайте температуру окружающей среды, если она отлична от начальной температуры формы' (Specify the temperature of the environment if it differs from the initial temperature of the form). It lists six faces (Lower/Upper YZ, XZ, XY planes) with a dropdown for 'Нормальные' (Normal) or 'Излучение' (Radiation) and a temperature input field. Buttons at the bottom are 'Да', 'Отмена', 'Применить', and 'Паспорт'.

Рисунок 3.13 – Завдання розмірів розрахункових елементів сітки

Задаємо на границях розрахункової області умови теплообміну (граничні умови). Завдання граничних умов здійснюється вибором одного з наступних чотирьох варіантів:

- на границі розрахункової області підтримується задана температура;
- границя розрахункової області є площиною симетрії;
- за межами границі розрахункової області розташовується нескінченна форма;
- границя розрахункової області є границею «форма-повітря».

Потім задаються початкові температури форми і металу, що заливається. Створену в системі геометричного моделювання конструкцію можна доповнити побудовою оболонки навколо будь-якої частини виливка. Для цього досить указати частину виливка та задати товщину оболонки. Оболонка стає таким же елементом технологічного оснащення, як і ті деталі, які побудовані в системі геометричного моделювання. У випадку неоднорідного технологічного оснащення для кожного матеріалу можна задати свою власну початкову температуру.

Далі необхідно задати параметри заливання. В LVMFlow закладена можливість моделювання трьох видів заливання: гравітаційне лиття, лиття під тиском і заливання з ковша. Завдання місця підведення металу (ливникової точка) проводиться на границі розрахункової області в точці, яка належить виливку або ливниково-живильній системі (рис. 3.14). Для гравітаційного лиття задається напір - висота стовпа рідини над перерізом, у якому встановлена ливникова точка, і коефіцієнт, який характеризує зменшення потоку розплаву, який викликається тертям рідини об стінки заливального пристрою.

Для лиття під тиском задається або швидкість вхідного потоку, або масова витрата розплаву. При завданні одного з параметрів, другий автоматично розраховується. Зміна швидкості вхідного потоку в часі можна задати спочатку формуванням таблиці "час-швидкість" або організацією системи сенсорів. Встановлені у виливку сенсори працюють у такий спосіб:

					ДП – 131.21.03.03.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

коли фронт розплаву проходить через сенсор, відбувається зміна швидкості вхідного потоку. Для заливання з ковша задаються параметри ковша і по них розраховується потік розплаву, який витікає з ковша в початковий момент часу та переріз струменя розплаву.

№	X, мм	Y, мм	Z, мм	Направ...	Площадь, мм ²	D, мм
G1	276.739	207.842	230.554	-Z	153.938	14.000

Используйте (Shift+ЛК мышки) на сетке для ввода координат

Координаты точки

X, мм: 276.739
Y, мм: 207.842
Z, мм: 230.554

YZ плоскость
XZ плоскость
☒ XY плоскость

Добавить
Изменить
Удалить

Направление движения расплава: ☐ + ☒ -

Размер задаваемой области

☐ Сечение
☒ Круг Диаметр, мм: 14.000

Да
Отмена

Рисунок 3.14 – Завдання ливникових і вентиляційних точок

Після цього вводяться параметри додаткових технологічних припущень. На границі «метал-форма» можна ввести параметри, які характеризують протипригарне покриття (рис 3.15), а також параметри, які враховують утворення повітряних зазорів між металом і формою в процесі затвердіння виливка.

Потім встановлюються датчики. Для більш детального аналізу користувач може встановити датчики в будь-якому місці розрахункової області (у виливку або оснащенні). Покази датчиків виводять у вигляді графіків залежності виведеної функції (температури, швидкості зміни

температури, частки рідкої фази, швидкості розплаву, вхідного потоку розплаву тощо) [27].

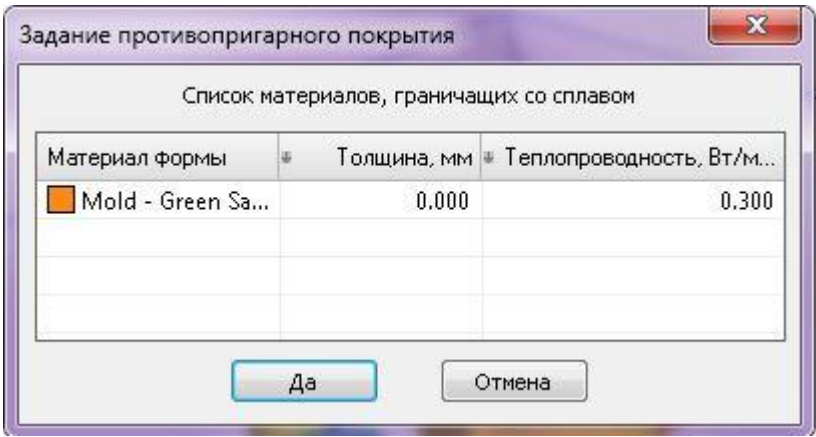


Рисунок 3.15 – Завдання антипригарних покриттів

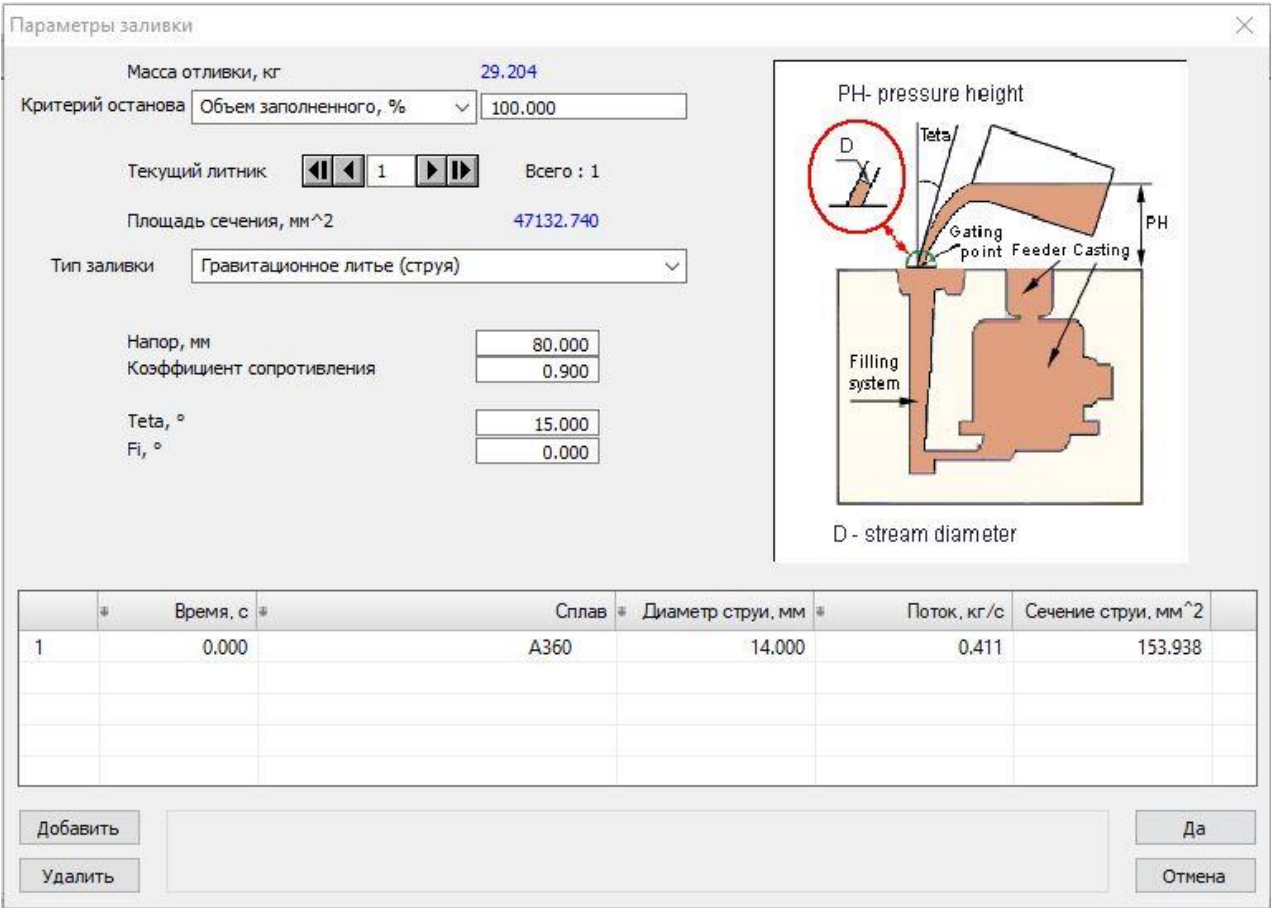


Рисунок 3.16 – Завдання параметрів заливання форми

3.4.3.Моделювання заливки і кристалізації. В LVMFlow є три розрахункові модулі: «Кристалізація», «Моделювання течії розплаву», «Повне завдання».

У модулі «Кристалізація» форма спочатку вважається миттєво заповненою розплавом і моделюється процес затвердіння сплаву. В основі моделі лежить нерівноважна теорія кристалізації багатокомпонентного сплаву.

У модулі «Моделювання течії розплаву» моделюється заповнення форми розплавом, яке розглядається як течія ідеальної рідини без урахування процесів теплопередачі. Течія описується рівняннями Нав'є-Стокса, де в'язкість ураховується у вигляді виправлення. Для вивчення руху в розплаві сторонніх (жужільних) часточок у пакеті передбачена можливість моделювання руху кулястих часточок заданого радіусу й щільності.

Одночасне моделювання процесів заповнення форми розплавом і його затвердіння здійснюється в модулі «Повне завдання».

У кожному окремому модулі процеси тепломасопереносу описуються замкненою динамічною системою рівнянь, заснованих на законах збереження енергії, імпульсу, маси, рівнянь стану багатокомпонентних сплавів, які зважуються на прямокутній сітці методом контрольних об'ємів (МКО) з автоматичним вибором кроку інтеграції за часом.

Динаміка процесу несе велику кількість інформації, тому відображенню результатів моделювання в пакеті приділяється велика увага. Результати моделювання такі як температура, частка рідкої фази, швидкість течії розплаву, тиск у розплаві, частка усадочних дефектів виводять на кожному кроці. Вивід образу вилівка (також, як і полів функцій, які характеризують її стан) проводиться у вигляді ізометричного зображення (3-D) і в довільному плоскому розрізі (2D), у кольоровій гамі, яка відповідає встановленій шкалі. Функції обігу й масштабування доповнюють можливості перегляду. Для одержання більш детальної інформації можна розрахувати

чисельне значення поля (температури, частка рідкої фази, швидкості, частки дефектів) у довільній точці розрахункової області.

В основі моделі кристалізації сплавів пакета LVMFlow лежить квазірівноважна теорія. Це макроскопічно-феноменологічна теорія. На відміну від чистих металів сплави кристалізуються в температурному інтервалі від температури ліквідус до температури солідус. У цій двофазній зоні присутні як рідка так і тверда фаза. При цьому тверда фаза, яка утворюється, перебуває в рівновазі з рідкою фазою. Низькі значення коефіцієнтів дифузії елементів порівняно з коефіцієнтом температуропровідності сплавів і слабкість конвективного змішування дозволяють знехтувати процесами дифузії як у твердій так і в рідкій фазах. Головне припущення теорії двофазної зони – двофазну зону можна описати за допомогою макроскопічних функцій, аналогічно температурним полям $T(r, t)$ і полям швидкості $V(r, t)$ [27].

3.4.4. Моделювання заповнення ливарної форми й утворення усадочних дефектів. По механізму утворення виділяють два типи усадочних дефектів: 1) раковини (макропористість) і 2) мікропористість.

Макропористість утворюється при недостатності живлення вище дзеркала розплаву, коли відсутній необхідний його об'єм для компенсації усадки. Для прогнозування макропористості моделюється виникнення й рух дзеркала розплаву. Переміщення дзеркала обумовлене об'ємною усадкою, а його виникнення відбувається через формування при затвердінні ізольованих один від одного об'ємів розплаву.

Мікропористість утворюється при недостатності тиску нижче дзеркала в області теоретично достатнього живлення. Падіння тиску в глибині зони з формально гарними умовами живлення відбувається по наступних причинах: більша об'ємна усадка, утруднений рух рідкого металу у твердо-рідкій зоні, ізоляція від зовнішнього тиску при формуванні твердої фази на границях дії

тиску. Для прогнозування мікропористості вирішується диференціальне рівняння фільтраційного заповнення.

Для виконання етапу попереднього моделювання в програмі Solidworks було створено кілька варіантів виливків, щоб на стадії моделювання перевірити, який з варіантів (розміщення виливків у формі, технологічних факторів) є найбільш підходящим.

Дослідження №1. Затвердіння виливка з живильними елементами відповідно до виробничої технології (рис 3.17).

Концентрація усадочних раковин у даному варіанті повинна бути зосереджена в підживлювачі.

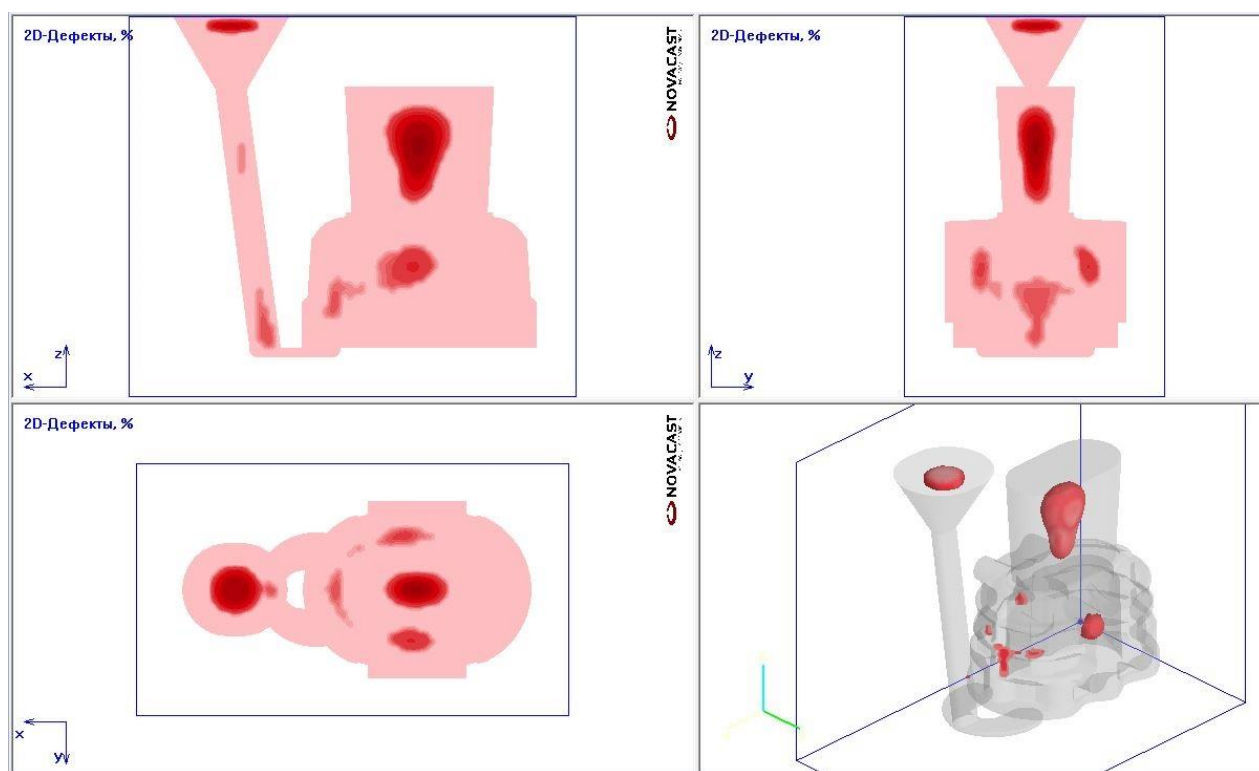


Рисунок 3.17 – Результат дослідження №1 (затвердіння виливка з живильними елементами відповідно до виробничої технології)

По даному зображенню можна провести аналіз дефектів у виливку. Є шкала із процентним вмістом усадочних раковин, а також види виливка збоку, зверху, попереду й в ізометрії. Усі види мають рентгенівську прозорість і всі дефекти проєктуються на даний вид.

Аналіз даного дослідження з рис. 3.17 показує, що деякі дефекти пішли в живильні елементи (підживлювач), але в центральній частині спостерігається концентрація дефектів усадкового характеру. Також у даному варіанті матеріалоємність складає 2,91 кг. Отже, було вирішено провести нове дослідження з іншими технологічними параметрами процесу, а саме: виливок розташовуємо в формі повернутим на 180° таким чином, щоб товщина його стінок поступово збільшувалася знизу вгору. Таке розташування повинно забезпечувати принцип направленого затвердіння. Для компенсації усадки використовуємо кільцеподібний підживлювач прямої дії, який розташовуємо над виливком. Для підведення розплаву у форму застосовуємо щілино видний живильник товщиною 3 мм. Стояк і ливникову чашу використовуємо старої конструкції.

Дослідження №2. Моделювання з забезпеченням принципу направленого затвердіння (рис 3.18).

Концентрація усадочних раковин у даному варіанті повинна бути зосереджена в підживлювачі.

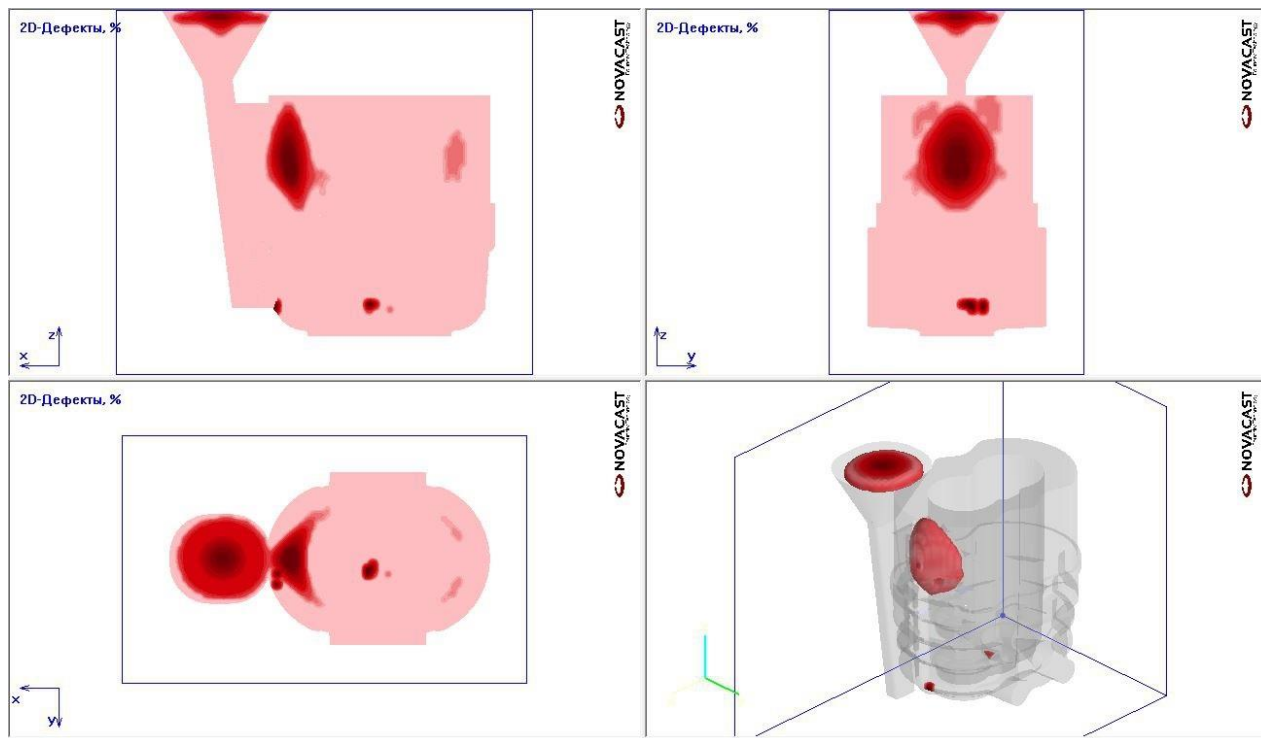


Рисунок 3.18 – Результат дослідження №2 (затвердіння виливка з живильними елементами відповідно до запропонованої технології)

Аналіз даного дослідження з рис. 3.18 показує, що дефекти усадкового характеру зосереджені в підживлювачі. В нижній частині все ще спостерігаються незначні дефекти, але їх розмір невеликий і при правильному прогріванні кокіля їх можна усунути повністю. Проте, в підживлювачі усадкові раковини розташовуються в безпосередній близькості до виливка. Тому необхідно вжити заходів по утепленню підживлювача та передбачити можливість доливання металу безпосередньо в підживлювач під час кристалізації металу. Також у даному варіанті матеріалоємність ливниково-живильної системи дещо вище у порівнянні з заводською технологією, що негативно впливає на економічність процесу. Так, металоємність згідно з заводською технологією складає 2,91 кг, а за пропонованою – 3,123 кг. Перевитрата металу складає 0,213 кг, або 6,8 %.

Таким чином рекомендується перевірити у виробництві результати дослідів №2 а також продовжити дослідження в напрямку забезпечення принципу направленого затвердіння на основі комп'ютерного моделювання процесів заливки і кристалізації металу в формі. Рекомендується також продовжити роботи в напрямку зменшення металоємності форми за рахунок утеплення підживлювача, додаткового доливання металу під час кристалізації, зменшення елементів ливниково-живильної системи.

ВИСНОВКИ

В науковій частині дипломного проекту на основі аналізу сучасних методів оптимізації ливникових систем та проведених досліджень процесів заливки, кристалізації і охолодження виливка «Корпус НШ32УК» за допомогою пакету комп'ютерних програм параметричного моделювання виконано удосконалення ливарної технології із забезпеченням принципу направленого затвердіння на основі комп'ютерного моделювання процесів заливки і кристалізації металу в формі.

					ДП – 131.21.03.03.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Використання пакета програм комп'ютерного проектування виливків, ливниково-живильних систем, модельного оснащення та систем комп'ютерного моделювання процесів заливки, кристалізації і охолодження в ливарному виробництві дозволяє:

- знизити роль виробничого експерименту, який скорочує витрати на відпрацювання технології лиття;
- виготовляти виливки високої якості, дуже складної конфігурації, які практично не вимагають додаткової обробки;
- використовувати більшу номенклатуру сплавів;
- підвищувати професійний рівень інженера-ливарника.

Отримані результати дозволили розробити рекомендації щодо оптимального розташування виливка в формі, що забезпечує отримання якісних виливків без дефектів усадкового характеру. Проте, запропонована технологія показала перевитрату металу на 6,8 %, що пов'язано з більшою масою кільцевого підживлювача. Також при комп'ютерному моделюванні не було враховано можливість утеплення підживлювача та додаткового доливання в підживлювач металу під час кристалізації. Крім того, отримані результати досліджень потребують обов'язкової експериментальної перевірки у виробничих умовах.

					ДП – 131.21.03.03.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	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.

$$W_e = 250 \cdot 4600 \cdot 1,05 = 1207500 \text{ кВт·рік}$$

					ДП-131.31.03.04.00.00.ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЕНЕРГЕТИЧНА ЧАСТИНА		
Розроб.		Іщенко Ю.О..					
Перевір.		Конончук С.В.					
Реценз.							
Н. Контр.							
Затверд.		Кропівний В.М.			ЦНТУ, ОЛ – 20МЗ		
					Літ.	Арк.	Акрушіє

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;

$$W_T = 420 \cdot 4600 \cdot 1,05 = 2028600 \text{ кВт·рік}$$

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.

$$W_o = 0,001 \cdot 18 \cdot 4104 \cdot 3972 = 293420 \text{ кВт·рік}$$

Загальні витрати електроенергії:

$$W = 1207500 + 2028600 + 293420 = 3529520 \text{ кВт·рік}$$

					ДП-131.31.03.04.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2. Річна потреба у воді

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

Витрата води на технічні потреби розраховується за формулою:

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

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

$$P_T = 35 \cdot 4600 = 161000 \text{ м}^3$$

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.

$$P_{\Pi\Gamma} = \frac{45 \cdot 70 \cdot 520}{1000} = 1638 \text{ м}^3$$

Річну потребу в воді визначаємо:

$$P_T = 161000 + 1638 = 162638 \text{ м}^3$$

					ДП-131.31.03.04.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.3. Річна потреба в стисненому повітрі

Розрахунок ведемо на 1 т придатного литва за формулою:

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

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

$$Q_{\text{ст}} = 750 \cdot 4600 = 3450000 \text{ м}^3$$

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

$$Q_{\text{ст}} = 250 \cdot 4600 = 1150000 \text{ м}^3$$

					ДП-131.31.03.04.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

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

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

5.1. Капітальні вкладення

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

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

де K_{uc} – капіталовкладення в устаткування;

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

K_y – капіталовкладення в устаткування та споруди;

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

$K_{инв}$ – капіталовкладення в інвентар;

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

$$K = 124158384 + 41532480 + 5399222 + 4138613 + 1182461 + 455455 = 176866615 \text{ грн.}$$

Капіталовкладення в устаткування визначаються за формулою:

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

					ДП-131.21.03.05.00.00 ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Іщенко Ю.О.			ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	Літ.	Арк.	Акрушіє	
Перевір.		Сисоліна Н. П.							
Реценз.									
Н. Контр.		Конончук С.В.				ЦНТУ, 01-20МЗ			
Затверд.		Кропівний В.М.							

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

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

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

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

$$K_{ус} = 59123040 + 5912304 + 41386128 + 17736912 = 124158384 \text{ грн.}$$

Капіталовкладення у технологічне устаткування визначаємо за формулою:

$$K_{ут} = \sum_{i=1}^n Ц \cdot (1 + \alpha_T + \alpha_c + \alpha_M) \cdot z \quad (5.3)$$

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

α_T – коефіцієнт транспортно-заготівельних витрат, наближено приймаємо $\alpha_T = 0,05$;

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

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

z – кількість типорозмірів обладнання.

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

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

Решту розрахунків проводимо аналогічно і заносимо до табл. 5.1.

					ДП-131.21.03.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.1

Відомість капітальних вкладень в технологічне устаткування

Найменування устаткування	Модел ь	Кіль-кість	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
Кокільний верстат	82A4 03	15	700000	0,05	0,08	0,1	861000	12915000
Карусельна кокільна машина	4918	5	2100000	0,05	0,08	0,1	2853000	14265000
Автоматизований комплекс лиття під тиском	IP 550 SC	5	4500000	0,05	0,08	0,15	5760000	28800000
Стрічкопильний верстат	JET HVBS-812 R	7	50000	0,05	0,08	0,15	64000	448000
Обдирно-шліфувальний верстат	3M634	6	28000	0,05	0,08	0,15	35840	215040
Всього:	—	—	—	—	—	—	—	59123040

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

$$K_{ye} = 59123040 \cdot 0,1 = 5912304 \text{ грн.}$$

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

					ДП-131.21.03.05.00.00 ПЗ			Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

$$K_{\text{пту}} = 59123040 \cdot 0,7 = 41386128 \text{ грн.}$$

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

$$K_{\text{км}} = 59123040 \cdot 0,3 = 17736912 \text{ грн.}$$

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 м³ будівель, приймається 800 грн/м³.

Отже капіталовкладення в будівлі становлять:

$$K_{\text{буд осн.}} = 4104 \cdot 12,65 \cdot 800 = 41532480 \text{ грн.}$$

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

$$K_{\text{буд обл.}} = 41532480 \cdot 0,13 = 5399222 \text{ грн.}$$

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

$$K_{\text{буд}} = 41532480 + 5399222 = 46931702 \text{ грн.}$$

					ДП-131.21.03.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$K_{\text{осн}} = 59123040 \cdot 0,07 = 4138613 \text{ грн.}$$

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

$$K_{\text{інв}} = 59123040 \cdot 0,02 = 1182461 \text{ грн.}$$

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 (7);

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

i – кількість різних професій фахівців;

O_i – посадовий оклад за місяць; $O_i = 8450$ грн (технолог), $O_i = 8450$ грн (конструктор);

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

$$K_{\text{пр}} = (7 \cdot (3 \cdot 8450 + 4 \cdot 8450)) \cdot 1,1 = 455455 \text{ грн.}$$

Результати розрахунків капітальних вкладень ливарного цеха зведено в таблицю 5.2.

					ДП-131.21.03.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.2

Капітальні вкладення ливарного цеху

№	Групи основних фондів	Розмір капітальних вкладень, грн.	Відсоток капітальних вкладень, %
1	Технологічне устаткування	59123040	33,43
2	Енергетичне устаткування	5912304	3,34
3	Підйомно-транспортне устаткування	41386128	23,40
4	Будівлі та споруди	46931702	26,54
5	Ливарна оснастка	4138613	2,34
6	Засоби автоматизації та механізації	17736912	10,03
7	Виробничий та господарський інвентар	1182461	0,67
8	Капіталовкладення в проектування ливарного цеха	455455	0,26
Всього:		176866615	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 4600 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-131.21.03.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R_{\text{спв}}^{\text{заг}} = \frac{4600 \cdot 30}{1748 \cdot 1} = 79 \text{ чол.}$$

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 1 чоловіка та двозмінному режимі роботи складатиме:

$$R_{\text{сп}} = \frac{4 \cdot 1}{0,9} \cdot 2 = 9 \text{ чол.}$$

Приймаємо 9 плавильників.

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

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

					ДП-131.21.03.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Кількість основних робітників карусельних кокільних машинах при кількості робітників в бригаді 1 чоловіка та двозмінному режимі роботи складатиме:

$$R_{\text{сп}} = \frac{5 \cdot 1}{0,9} \cdot 2 = 11 \text{ чол.}$$

Приймаємо 11 операторів карусельних кокільних машин.

Кількість основних робітників кокільних верстатах по кількості робочих місць при обслуговуванні одним робітником чотирьох верстатів та двозмінному режимі роботи складатиме:

$$R_{\text{сп}} = \frac{15 \cdot 1}{4 \cdot 0,9} \cdot 2 = 9 \text{ чол.}$$

Приймаємо 9 операторів кокільних верстатів.

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

Різальники на стрічкових верстатах:

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

Приймаємо 15 робітників.

Наждачники на обдирно-шліфувальних верстатах – 7 верстатів:

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

Приймаємо 13 наждачників на обдирно-шліфувальних верстатах.

Склад виробничих робітників зводимо у табл. 5.3

					ДП-131.21.03.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.3

Склад виробничих робітників ливарного цеху

Відділення	Професія	Кількість робітників	Розряд робітників
Плавильне	Плавильники	9	5
Всього по плавильному відділенню		9	-
Дільниця лиття у кокіль	Оператор карусельних машин	11	5
	Оператор кокільного верстату	9	5
Всього по дільниці лиття у кокіль		20	-
Дільниця лиття під тиском	Оператор комплексу	12	5
	Обрубщик	10	3
Всього по дільниці лиття під тиском		22	-
Відділення відрізання ливників	Стрічкопильний верстат	15	3
Всього по відділенню відрізки ливників		15	-
Відділення зачистки ливників	Обдирно-шліфувальний верстат	13	3
Всього по відділенню зачистки ливників		13	-
Всього по ливарному цеху		79	-

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.

					ДП-131.21.03.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сумарна кількість допоміжних робітників визначається з співвідношення, формула 5.9:

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

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

$$R_{\text{доп}} = 79 \cdot 0,65 = 52 \text{ чол.}$$

Чисельність допоміжних працівників по міжремонтному обслуговуванню визначається за формулою 5.10:

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

де m_o – норма обслуговування одним робітником;

R_o – обсяг робіт механічної та електричної частини устаткування РО.

Таким чином:

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

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

$$R_o = \frac{46}{100} \cdot 190 = 87,4$$

$$R_o = \frac{46}{100} \cdot 140 = 64,4$$

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

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

$$- R_{\text{сн1}} = \frac{87,4}{750 \cdot 0,9} \cdot 2 = 0,26 \text{ чол}; \quad - R_{\text{сн2}} = \frac{87,4}{150 \cdot 0,9} \cdot 2 = 1,29 \text{ чол};$$

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

$$R_{\text{сн3}} = \frac{87,4}{500 \cdot 0,9} \cdot 2 = 0,39 \text{ чол}; \quad - R_{\text{сн3}} = \frac{64,4}{650 \cdot 0,9} \cdot 2 = 0,22 \text{ чол}$$

					ДП-131.21.03.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Таблиця 5.4.

Штатний розклад чисельності допоміжних робітників

№ групи	Професія	Кількість чоловік	Середній розряд роботи	Методика розрахунку та джерело інформації
1.	Чергові слюсарі Верстатники Мастильники Чергові електрики Наладчики устаткування	2 2 2 2 8	4 4 2 4 4	Приймаємо згідно технологічної потреби на 2 зміни $52 \cdot 0,14 = 8$
2.	Слюсарі по ремонту устаткування Верстатники по ремонту устаткування Електрозварювальники Ківшовими (ремонт ковшів) Пічники (ремонт печей всіх видів)	4 3 1 1 2	4 4 4 4 4	7% від $R_{\text{доп}}$ 5% від $R_{\text{доп}}$ 1 робітник 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.	1 2	4 2	1 робітник на 5-6 тис.т.лито 4% від $R_{\text{доп}}$
5.	Контролери БТК Комірники	5 2	4 2	6% від виробничих робітників 4% від $R_{\text{доп}}$
6.	Прибиральники виробничих приміщень	2	2	Приймаємо 1 прибиральник на зміну на 2500-3000м ² площі цеху
7	Підсобні робітники на очисній ділянці	2	2	4% від $R_{\text{доп}}$
Всього $\Sigma R_{\text{мах доп}}$		52		

					ДП-131.21.03.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Чисельність керівників і спеціалістів приймається у відсотках від чисельності робітників:

$$R = 17\% \cdot (79 + 52) = 23 \text{ чол}$$

Таблиця 5.5.

Штатний розклад керівників і спеціалістів цеху

№	Посада	Кількість	Посадовий оклад, грн/міс	Сума, грн
1	Начальник цеху	1	20200	20200
2	Заст. начальника цеху	1	17500	17500
3	Головний металург	1	16200	16200
4	Головний технолог	1	15250	15250
5	Головний енергетик	1	14375	14375
6	Головний механік	1	15250	15250
7	Спеціаліст металург	1	8450	8450
8	Спеціаліст технолог	4	8450	33800
9	Спеціаліст конструктор	4	8450	33800
10	Спеціаліст енергетик	1	8450	8450
11	Спеціаліст механік	1	8450	8450
12	Начальник ПРБ	1	13800	13800
13	Економіст	2	7550	15100
14	Майстер зміни	2	14000	28000
15	Старший майстер	1	14375	14375
	Всього	27		263000

Загальний склад працюючих в цеху заносимо до зведеної таблиці 5.6.

					ДП-131.21.03.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.6

Загальний склад працюючих ливарного цеху

Категорія працюючих	Всього чоловік	Відсоток від загальної кількості працюючих
Виробничі працівники	79	51,30
Допоміжні робітники	52	33,77
Керівники і спеціалісти	23	14,94
Всього	154	100 %

5.3. Розрахунок фонду заробітної плати працівників

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

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

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

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

де Z – номенклатура професій виробничих (допоміжних) робітників ;

$I_{\text{год}}^c$ – годинна тарифна ставка робітника відповідного розряду від 2-го до 4-го, що має слідує значення , грн/год : 1-й – 38; 2-й – 46; 3-й – 52; 4-й – 59; 5-й – 64; 6-й – 70 грн.

$R_{\text{сп}i}$ – 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-131.21.03.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

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

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

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

$$I_{\text{год. вир.}}^{\text{с}} = \frac{52 \cdot 38 \cdot 1 + 64 \cdot 41 \cdot 1}{79} = 58,23 \text{ грн.}$$

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

$$I_{\text{год. доп.}}^{\text{с}} = \frac{46 \cdot 21 \cdot 1 + 52 \cdot 31 \cdot 1}{52} = 49,48 \text{ грн.}$$

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

$$I_{\text{год. плав.}}^{\text{с}} = \frac{64 \cdot 9 \cdot 1}{9} = 64 \text{ грн.}$$

Основний фонд заробітної плати виробничих працівників ливарного цеху становить:

					ДП-131.21.03.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Phi_{\text{о. вир.}}^{\text{с}} = 58,23 \cdot 79 \cdot 1748 \cdot (1 + 0,3 + 0,08 + 0,1) = 11900823 \text{ грн.}$$

Основний фонд заробітної плати допоміжних працівників ливарного цеху становить:

$$\Phi_{\text{о. доп.}}^{\text{с}} = 49,58 \cdot 52 \cdot 1748 \cdot (1 + 0,3 + 0,08 + 0,1) = 6669803 \text{ грн.}$$

Основний фонд заробітної плати працівників плавильної ділянки ливарного цеху становить:

$$\Phi_{\text{о. пл.}}^{\text{с}} = 64 \cdot 9 \cdot 1748 \cdot (1 + 0,3 + 0,08 + 0,1) = 1490135 \text{ грн.}$$

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:

$$З_{\text{міс. вир.}}^{\text{с}} = \frac{11900823}{79 \cdot 11,2} = 13450,3 \text{ грн}$$

Середньомісячна заробітна плата одного допоміжного робітника ливарного цеху становить:

$$З_{\text{міс. доп.}}^{\text{с}} = \frac{6669803}{52 \cdot 11,2} = 11452,3 \text{ грн.}$$

Середньомісячна заробітна плата робітника плавильної ділянки ливарного цеху становить:

					ДП-131.21.03.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$З_{\text{міс, пл}}^c = \frac{1490135}{9 \cdot 11,2} = 14783,1 \text{ грн.}$$

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	11900823	58,23	13450,3
2	Допоміжні робітники	6669803	49,58	11452,3
3	Керівники і спеціалісти	263000	—	—
Всього:		18833626	—	—

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

$$\sum P_o = (1,0 \dots 3,5) \cdot \sum \Phi_o^c = 3,5 \cdot 18833626 = 65917691 \quad (5.15)$$

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

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.

$$T_{\text{річ}} = 4600 \cdot 30 = 138000 \text{ нормо-год.}$$

$$t_y = \frac{65917691}{138000} = 477,66 \text{ грн/нормо-год.}$$

					ДП-131.21.03.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

5.4. Калькуляція собівартості 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-131.21.03.05.00.00 ПЗ	Арк.
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 – 6562664 кг;

$$Z_{o,\text{пл}} = \frac{1490135}{6562,664} = 227,06 \text{ грн./т}$$

$$Z_{o,\text{без пл}} = \frac{11900823 - 1490135}{6562,664} = 1586,35 \text{ грн./т}$$

Додаткова заробітна плата виробничих робітників плавильної ділянки:

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

$$Z_{d,\text{пл}} = 227,06 \cdot (0,08 + 0,1) = 40,87 \text{ грн}$$

$$Z_{d,\text{без пл}} = 1586,35 \cdot (0,08 + 0,1) = 285,5 \text{ грн}$$

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-131.21.03.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$З_{\text{відр.пл}} = \frac{22}{100} \cdot (227,06 + 40,87) = 58,94 \text{ грн}$$

$$З_{\text{відр.безпл}} = \frac{22}{100} \cdot (1586,35 + 285,5) = 411,81 \text{ грн}$$

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 дільниці на 1т рідкого металу (придатного литва), $t_{\text{пл}} = 0,2 \cdot t_{\text{н}} = 0,2 \cdot 30 = 6,0$

$$P_0 = 477,66 \cdot \frac{6}{1000} \cdot 1000 = 2865,96 \text{ грн}$$

$$P_0 = 477,66 \cdot \frac{(30-6)}{1000} \cdot 1000 = 11463,84 \text{ грн}$$

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

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

$$K_{\text{ц,р.м.}} = \frac{67,8}{100} \cdot (227,06 + 2865,96) = 2097,07 \text{ грн}$$

$$K_{\text{ц,пр.л}} = \frac{67,8}{100} \cdot (1586,35 + 11463,84) = 8848,03 \text{ грн}$$

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-131.21.03.05.00.00 ПЗ	Арк.
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	Паливо технологічне електроенергія	1000	1,69	1690
5	Основна заробітна плата робітників плавильної дільниці, грн	на 1т	—	227,06
6	Додаткова заробітна плата робітників плавильної дільниці, грн	на 1т	—	40,87
7	Відрахування в соціальні фонди, грн	на 1т	—	58,94
8	Витрати на утримання за експлуатацію устаткування, грн	на 1т	—	2865,96
9	Загальноцехові витрати, грн	на 1т	—	2097,07
10	Цехова собівартість 1 т рідкого металу	на 1т	—	94978,3

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

					ДП-131.21.03.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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	94,98	142754,86
2	Відходи: Брак	54	94,98	5128,92
	Зливи та сплески	76	61	4636,00
	Ливники	373	72,00	26856,00
3	Придатні відливки, кг	1000	—	106133,94
4	Основна заробітна плата виробничих робітників, грн	на 1т	—	1586,35
5	Додаткова заробітна плата виробничих робітників, грн	на 1т	—	285,5
6	Відрахування в соціальні фонди, грн	на 1т	—	411,81
7	Витрати на утримання за експлуатацію устаткування, грн	на 1т	—	11463,84
8	Загальноцехові витрати	на 1т	—	8848,03
9	Цехова собівартість 1 т придатного литва	на 1т	—	128729,47

					ДП-131.21.03.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Техніко-економічні показники цеху заносимо в таблицю 5.10.

Таблиця 5.10

Техніко-економічні показники ливарного цеху.

№ п/п	Найменування показників	Одиниця виміру	Величина показників
1	Річний випуск литва	т	4600
2	Кількість працюючих в цеху:		
	- виробничих робітників	чол	79
	- допоміжних робітників	чол	52
	- керівників і спеціалістів	чол	23
3	Фонд заробітної плати:		
	- виробничих робітників	грн	11900823
	- допоміжних робітників	грн	6669803
	- керівників і спеціалістів	грн	263000
4	Собівартість 1т рідкого металу	грн	94978,3
5	Собівартість 1т придатного литва	грн	128729,47
6	Капіталовкладення всього,	грн	176866615
	в тому числі і технологічного устаткування	грн	59123040
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	13450,3
10	Трудовісткість 1т придатного литва	н-год/т	30
11	Зйом з 1м ² загальної площі	т/м ²	1,12
12	Фондовіддача	грн/грн	3,36

					ДП-131.21.03.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Фондовіддача розраховується за формулою:

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

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

Вартість річної виробничої продукції цеху з врахуванням позавиробничих витрат:

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

Тоді:

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

$$f_0 = \frac{128729,47 \cdot 4600}{(176866615 - 455455)} = 3,36 \text{ грн/грн}$$

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

					ДП-131.21.03.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В дипломному проекті розроблено проект цеху алюмінієвого литва з річною продуктивністю 4600 тон придатних виливків із забезпеченням принципа направленого затвердіння на основі комп'ютерного моделювання процесів заливки і кристалізації металу в формі. В першому розділі пояснювальної записки виконано розрахунок фондів часу роботи обладнання та робітників, виробничої програми цеху, основних відділень цеху: плавильного, дільниці лиття в кокіль, дільниці лиття під високим тиском, дільниці відрізки та обрубки ливників, дільниці зачистки, допоміжних дільниць та складів цеху. В другому розділі приведено аналіз конструкції деталі, розроблені технічні умови на відливки, технологія виготовлення відливка, виконано розрахунок ливниково-живильної системи, описано технологію виготовлення форми, наведено характеристику матеріалів, параметри та способи технічного контролю якості відливків. В науковій частині дипломного проекту на основі аналізу сучасних методів оптимізації ливникових систем та проведених досліджень процесів заливки, кристалізації і охолодження виливка «Корпус НШ32УК» за допомогою пакету комп'ютерних програм параметричного моделювання виконано удосконалення ливарної технології із забезпеченням принципу направленого затвердіння на основі комп'ютерного моделювання процесів заливки і кристалізації металу в формі. Отримані результати дозволили розробити рекомендації щодо оптимального розташування виливка в формі. В четвертій частині проекту розраховано річні потреби ливарного цеху в електроенергії, воді та стисненому повітрі. В економічній частині проекту розраховано капіталовкладення, штатний розклад та кількість працюючих, кошторис витрат на утримання та експлуатацію устаткування, калькуляція собівартості відливків, основні техніко-економічні показники спроектованого цеху.

					ДП-131.21.03.00.00.00.ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ВИСНОВКИ		
Розроб.		Іщенко Ю.О.					
Перевір.		Конончук С.В.					
Реценз.							
Н. Контр.		Конончук С.В.					
Затверд.		Кропівний В.М.					
					Літ.		
					Арк.		
					Акрушів		
					ЦНТУ, гр. ОЛ-20МЗ		

ЛІТЕРАТУРА

1. Логвинов И.З. Проектирование литейных цехов. – Минск.: Высшая школа, 1975. – 320 с.
2. Методичні вказівки до практичних занять по дисципліні «Проектування ливарних цехів» для студентів спеціальності 8.090205 /В.І. Кудя, О.В. Скрипник – Кіровоград: КДТУ, 1999. – 27 с.
3. Титов И.Д., Степанов Ю.А. Технология литейного производства. – М: Машиностроение, 1966. – 271 с.
4. Гуляев А.П. Металловедение. – М. Машиностроение.: 1977. – 646 с.
5. Литье в кокиль / Бураков С.Л., Вейник А.И., Дубинин Н.П. [и др.]. – М.: Машиностроение, 1980. – 415 с.
6. Економічні розрахунки при проектуванні ливарних цехів. Методичні вказівки до курсової та дипломної роботи для студентів спеціальності 8.090205 / укл. Сисоліна Н.П., Лебедева Л.В. – Кіровоград: КДТУ, 1993. – 63 с.
7. Москальов І.Н. Ливарні сплави та їх плавка: Навчальний посібник. – К.: НМКВО, 1993. – 368 с.
8. Воздвиженский В.М., Грачев В.А., Спасский В.В. Литейные сплавы и технология их плавки в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1984. – 432 с.
9. Туманський Б.Ф. Проектування ливарних цехів. – К.: НМКВО 1992. – 188 с.
10. Сумцов В.П. Устаткування ливарних цехів. – К.: ІСДО, 1993. – 552 с.
11. Проектирование машиностроительных цехов и заводов: Справочник (под ред. Е.С. Ямпольского) – М.: Машиностроение, 1984. – 414 с.
12. Сазонов В. Я. Справочник по литейному оборудованию. – М.: Машиностроение, 1985. – 320 с.
11. Основы проектирования литейных цехов и заводов / под ред. Б.В. Кнорре. –

					ДП-131.21.03.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

М.: Машиностроение, 1985. – 320 с.

12. Методические указания к курсовому проектированию по дисциплине «Технология литейной формы» для специальностей 0502 / состав. Миронов В.С., Телин В.М., Кудя В.И. – Кировоград: КИСМ, 1995 – 75 с.
13. Методические указания к дипломному проектированию для студентов специальности 0502 /состав. Москалев И.Н., Владимиров Л.П., Миронов В.С. – Кировоград: КИСМ, 1995 – 75 с.
14. Шестопад В.М., Поляков Я.Т. Технология и оборудование литейного производства. – М.: ВИНТИ, 1979. – 271 с.
15. Могилев В.К., Лев О.И. Справочник литейщика. – М.: Машиностроение, 1988. – 271 с.
16. Емельянова А.П. Технология литейной формы. – М.: Машиностроение, 1986. – 224 с.
17. Алямовский А.А. и др. SolidWorks. Компьютерное моделирование в инженерной практике / Алямовский А.А., Собачкин А.А., Одинцов Е.В., Харитонович А.И., Пономарев Н.Б. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 800 с
17. Сабірзянов Т.Г., Кропівний В.М. Теплотехніка ливарних процесів. – Кіровоград: КНТУ, 2005. – 402 с.
18. Бондарев В.А., Процкий А.Е., Гринкевич Р.Н. Теплотехника. – Минск: Вишэйшая школа, 1976. – 380 с.
19. Аксенов. П.Н. Оборудование литейных цехов. – М.: Машиностроение, 1977. – 510 с.
20. Зейгер И. Б. Оборудование литейных цехов. – Минск: Вишэйшая школа, 1980. – 368 с.
21. К вопросу о компьютерном моделировании литейных процессов [Электронный ресурс] / К.В. Абрамов, Т.Г. Сабирзянов // Сборник научных работ КНТУ. Техника в сельскохозяйственном производстве, отраслевое машиностроение, автоматизация. – Кировоград: КНТУ, 2009. – №22. - С. 6.
21. Расчет машин литейного производства. /А.И. Горский, Р.Л. Геллер, Л.Ф.

					ДП-131.21.03.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

- Лиокумович. – М.: Машиностроение, 1966. – 404 с.
22. Киркач Н.Ф., Баласян Р.А. Расчет и проектирование деталей машин. Учебно пособие для технических вузов: 2^е издание переработанное и дополненное. – Харьков: Вища школа, Ч.1 и 2., 1987. – 26.
 23. LVMFlow. Тексты справки. – ЗАО НПО МКМ. – 2012.
 24. Дубинин Н.П. Беликов О.А и др. Кокильное литье – Справочное пособие. М.: Машиностроение, 1967. – 456с.
 25. Расчет эконоимической зффективности новой техники в машиностроении. [Справочник] /под. ред.. К.М. Великанова. – М.: Машиностроение, 1989. – 400 с.
 26. Белов А.Ф., Добаткин В.И., Квасов Ф.И. и др. Алюминиевые сплавы. Металловедение алюминия и его сплавов. Справочник. – М.: Металлургия. 1971. – 352 с.
 27. Баландин Г.Ф. Теория формирования отливки – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1998. – 360 с.
 28. Вейник А.И. Расчет отливки. – М.: Машиностроение, 1967. – 404 с.
 29. Вейник А.И. Теория затвердевания отливки. – М.: Машгиз, 1960. – 436с.
 30. Гуляев Б.Б. Теория литейных процессов. – Л.: Машиностроение, 1976. – 216с.
 31. Дубицкий Г.М. Литниковые системы. – М.: Машгиз, 1962. – 156 с.
 32. Безопасность производственных процессов: справочник / С.В. Белов, [и др.]; под общ. ред. С.В. Белова. –М.:Машиностроение, 1985. – 448 с.
 33. Белов А.Ф., Добаткин В.И., Квасов Ф.И. и др. Алюминиевые сплавы. Промышленные деформируемые, спеченные и литейные алюминиевые сплавы. Справочник. – М.: Металлургия, 1972. – 552 с.

					ДП-131.21.03.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					ÄĬ-131.21.03.00.00.00 ĬÇ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

[illegible]

Íàðà ìðèìáí.		Ôîðìàò	Çîíà	Îîç	Îáîçíà÷áíèà	Íàèìáíîàáíèà	Êîè	Îðèìá-÷áíèà
Íîðàà ¹						Äîéóìáíòàöÿ çàääèüíà		
						çíîáo ðîçðíàèáíà		
		ÀÒ			ÄÏ-131.21.03.02.04.00.ÊÑ	Êîê³èü äèÿ âèèèâèà		
						éîðîóñ ÍØ32ÓÊ-3-00-02		
						Ñèèàääèüíà êðãñèáííÿ	1	
						Ñèèàääèüí³ îàèíèö³		
		ÀÒ	1		ÄÏ-131.21.03.02.02.00.	Ë³àà îîèîâèáà êîê³èÿ	1	
		ÀÒ	2		ÄÏ-131.21.03.02.03.00.	Îðààà îîèîâèáà êîê³èÿ	1	
			3			Ñòàðæáíü öáíòðàèüíèé	1	
			4			Ëèáíèèîà ÷àøà	1	
			5			Îèèòà êð³èèáíü áîèîà	2	
			6			Øîèèüèà êð³èèáíü	2	
			7			Ãàèèà êð³èèáíü	2	
			8			Øàéàà êð³èèáíü	2	
			9			Ñòàðæáíü áîèîâèè	2	
			10			Êîèîíà íàíðààèÿð÷à	2	
			11			Îèèòà íèèíÿ	1	
			12			Îèèòà êð³èèáíü íèèíÿ	2	
			13			Îèèòà êîèèÿ íèèíÿ	1	
			14			Øòèð öáíòðóð÷èé	2	
			15			Óèñàòîð áàðèèèèíîî îîèîâèíÿ	2	
			16			Øòèð³ öáíòðóð÷³ îèèò	12	
			17			Ë³àà îîèîâèáà ÷àø³	1	
			18			Îðààà îîèîâèáà ÷àø³	1	
			19			Îðîðààèà	6	
Êíà ¹ îîèè						ÄÏ-131.21.03.02.04.00		
		Ëçì. Êèòò	¹ äîéóì.	Îîáí.	Ãàòà			
		Ðàçðàá	²Üáíèî Ò.Î.					
		Îðîà	Êîîîí÷è ÑÃ					
		Î.èîðð	Êîîîí÷è ÑÃ			Ôîðìà á çáîð³		
		Òàà	Êðîîáíèé Ã.Î.					
					Ëèèèîàè			Ôîðìàò A4
								Ôîðìàò A4

[illegible]