

Криворізький національний університет

(повне найменування інститут, факультет)

Кафедра металургії чорних металів і ливарного виробництва

(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до роботи бакалавра

бакалавр

(ступінь вищої освіти)

на тему: Розробка проекту сталеливарного цеху потужністю 12000 тон
виливків на рік з розвісом лиття від 10 до 50 кг з дільницею точного литва
кольорових металів

Виконав студент 3 курсу, групи МТ-22ск

напряму підготовки (спеціальності)

136 - Металургія

(шифр і назва)

Кравцов О.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Криворізький національний університет
Гірничо-металургійний факультет
Кафедра металургії чорних металів і ливарного виробництва

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до випускної атестаційної роботи бакалавра
зі спеціальності 136 – Металургія

на тему: Розробка проекту сталеливарного цеху потужністю 12000 тон виливків
на рік з розвісом лиття від 10 до 50 кг з дільницею точного литва кольорових
металів

Виконав: студент групи МТ-22ск

Керівник випускної роботи

Н.контроль

Завідувач кафедри

Кравцов О.В.

Губін Г.В.

Губін Г.В.

Савельєв С.Г.

Кривий Ріг

2025р.

КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет: гірничо-металургійний

Кафедра: металургії чорних металів і ливарного виробництва

Освітньо-кваліфікаційний рівень: бакалавр

Спеціальність: 136 Металургія

Затверджую
Зав. кафедрою
_____ Савельєв С.Г.
« ____ » _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на випускню атестаційну роботу бакалавра

1. Тема роботи: Розробка проекту сталеливарного цеху потужністю 12000 тон виливків на рік з розвісом лиття від 10 до 50 кг з дільницею точного литва кольорових металів.

2. керівник роботи: д.т.н., проф. Губін Г.В..

затверджено наказом по КНУ від « ____ » _____ 2025 р. № 204с

2. Строк подання роботи студентом « ____ » _____ 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи:

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1.

2.

3.

5. Перелік графічного матеріалу:

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Номер етапу	Назва етапів виконання бакалаврської роботи	Термін виконання етапів
1		
2		
3		
4		
5		

Дата видачі завдання «____» _____ 2025 р.

Здобувач вищої освіти

(підпис)

Кравцов О.В.

Керівник випускної
кваліфікаційної роботи

(підпис)

Губін Г.В.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка на кваліфікаційну роботу бакалавра: «Розробка проекту сталеливарного цеху потужністю 12000 тон виливків на рік з розвісом лиття від 10 до 50 кг з дільницею точного литва кольорових металів»: с., 24 рисунка, 30 таблиць, 21 літературних джерел.

В цій роботі описується проектування сталеливарного цеху та технологічний процес.

1 У загальній частині описується плавильне відділення, формувальне - заливальне відділення, сумішоприготувальне відділення а також відділення фінішних операцій.

2 У технологічній частині пояснюється технологічність конструкції литої деталі і вибір способу виготовлення виливок та процеси виготовлення виливок.

3 У спеціальній частині пояснюються якість сплаву та технологія виробництва виливок з кольорових металів.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ВІДДІЛЕННЯ, РОЗРОБКА, АНАЛІЗ, ЗАЛИВКА, КОЛЬОРОВІ МЕТАЛИ

ЗМІСТ

Вступ	5
1. Основна частина	6
1.1. Техніко-економічне обґрунтування проекту	6
1.2. Характеристика проектного цеху	7
1.3. Обґрунтування і вибір режиму роботи цеху	7
1.4. Фонди часу роботи встаткування і робітників	8
1.5. Обґрунтування і розрахунок виробничої програми проектованого цеху	9
1.6. Загальні рішення по проектуванню цеху	12
1.7. Плавильне відділення	12
1.7.1. Програма відділення (баланс металу та шихти)	12
1.7.2. Характеристика сплавів	15
1.7.3. Обґрунтування і вибір плавильних агрегатів	16
1.7.4. Розрахунок кількості плавильних агрегатів	19
1.7.5. Розрахунок шихти й потреби в шихтових і вогнетривких матеріалах	20
1.7.6. Технологія плавки й видачі металу	25
1.8. Формувально - заливальне відділення	28
1.8.1. Програма відділення	28
1.8.2. Організація технологічних потоків	29
1.8.3. Розрахунок потрібної кількості технологічного устаткування	35
1.9. Стрижневе відділення	37
1.9.1. Програма стрижневого відділення	37
1.9.2. Розробка схеми технологічного процесу виготовлення стрижнів	38
1.9.3. Розрахунок потрібної кількості технологічного і підйомно-транспортного устаткування	42

1.10. Сумішоприготувальне відділення	43
1.10.1. Програма сумішоприготувального відділення	43
1.10.2. Розробка схеми технологічного процесу	46
1.10.3. Розрахунок потрібної кількості технологічного і підйомно-транспортного устаткування	48
1.11. Відділення фінішних операцій	48
1.11.1. Розробка програми і схеми технологічного процесу	50
1.11.2. Розрахунок кількості устаткування	52
1.12. Розрахунок площі цеху	53
2. Технологічна частина	56
2.1. Аналіз замовлення	56
2.2 Аналіз технологічності конструкції литої деталі і вибір способу виготовлення виливок	57
2.3 Визначення положення виливки у формі при заливці	58
2.4 Визначення ділянок поверхні виливки, що виконуються стрижнями	59
2.5 Вибір матеріалу для виготовлення модельного комплекту	60
2.6 Конструкції і розміри модельного комплекту	61
2.7 Забарвлення і маркування модельного комплекту	61
2.8 Визначення розмірів і конструкції опок	62
2.9 Проектування і розрахунок системи ливника	62
2.10 Вибір способу заливки форми	66
2.11 Визначення температури розплаву при заливці у форму	66
2.12 Тривалість охолодження відливання у формі	66
2.13 Визначення маси вантажу (виштовхуючої сили)	66
3. Спеціальна частина	68
3.1 Якість сплаву і різні технічні рішення, що впливають на якість виливки	68
3.2 Технологія виробництва виливок з кольорових металів (бронз) і її вплив на якість виливок	68

3.3 Технологія виробництва виливок з кольорових металів (бронз) і її вплив на якість виливок	69
3.4 Проектування технологічного процесу	89
4. Організаційна частина	90
4.1 Організація і планування роботи ливарного цеху	90
4.2 Розрахунок штату тих, що працюють	91
4.3 Розрахунок штату керівників, фахівців і службовців	93
Висновки	95
Список використаних джерел	96

ВСТУП

Значення ливарного виробництва в народному господарстві надзвичайно велике: майже всі прилади або машини мають литі деталі. Лиття є одним із старих способів, яким ще на старовині користувалися для виробництва металургійних виробів: спочатку з міді і бронзи, потім з чавуну, а пізніше - зі сталі і інших тугоплавких сплавів.

Перевага ливарного виробництва - можливість виготовлення складних деталей практично необмежених розмірів; виливки можна виготовляти з будь-якого матеріалу: металу, пластмаса, гірських порід, шлаку.

Мета спеціалізації ливарного виробництва є оптимальна концентрація однорідних виливок, що створює умови для високоефективного застосування нової техніки, продуктивних технологічних процесів і агрегатів, засобів комплексної механізації і автоматизації. Все це дає можливість досягти найбільшої продуктивності праці при високій якості і найменшій собівартості виливок.

Основними процесами ливарного виробництва є плавка, виготовлення форм, заливка металу і охолодження, вибивка, очищення, обрубкування виливок, термічна обробка і контроль якості виливок. Залежно від металів і сплавів, а також виливки з кольорових металів і сплавів.

Основним способом виготовлення виливок є лиття в піщаним форми, а також бурхливо розвиваються способи лиття: у кокіль, під тиском, по виплавляємим моделях, відцентрове, в оболонкові форми, що дозволяють отримати виливки підвищеної точності з чистою поверхнею

1. ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Техніко-економічне обґрунтування проекту (ТЕО)

Найважливішим первісним документом будь-якого проекту є техніко-економічне обґрунтування. Без техніко-економічного обґрунтування не починається фінансування не тільки будівництва, але й конструкторсько-технологічних розробок. При розробці ТЕО даного проекту був виконаний ретельний якісний і кількісний аналіз наступних питань: потреба в продукції, що планується випускати в проектованому цеху; обґрунтування району й площадки для будівництва; наявність енергетичних ресурсів (електроенергії, палива й ін.), води, сировини, транспортних магістралей; наявність виробничих робочих і досвідчених інженерно-технічних працівників, можливості їхньої підготовки й підвищення кваліфікації.

При дослідженні потреб продукції ливарних цехів в нашому регіоні виявлена недостатність продукції сталюого та кольорового лиття, розвісом виливок до 50 кг. Тому необхідно збудувати цех сталюого лиття з кольоровою дільницею, потужність виробництва 11400 т/рік сталюого лиття і 600 т/рік – кольорового, щоб задовольнити потреби замовників. Для плавки сталюого лиття використовуємо сталь марок 35Л и 45Л. Для кольорового дрібного лиття застосуємо бронзу марок БрО5Ц5С5 и БрА10Ж3. Наш регіон добре забезпечений робітниками і інженерно-технічних працівниками, а також має можливість їхньої підготовки й підвищення кваліфікації, так як є кілька спеціалізованих навчальних закладів.

Обираючи майданчик для будівництва ливарного цеху враховані виробничі, транспортні і санітарно-гігієнічні чинники. Згідно СН 245 – 71, СН і П 89 – 80, СН і П 2.01.02 – 85, СН і П - П□- 4 – 79, СН і П 2.04.05 - 86 проектований ливарний цех доцільно розташувати в районі ВАТ „Арселор Міталл Кривий Ріг”, де є всі необхідні комунікації і транспортна магістраль, що сприяє вільному транспортуванню матеріалів.

Також необхідно відмітити, що місце розташування даного цеху забезпечує дотримання санітарних норм по граничній концентрації шкідливих

викидів в атмосферу так як він розташований по відношенню до житлового масиву з підвітряної сторони до вітрів переважаючого напрямку (по середній розі вітрів - це північно-західний напрям).

1.2 Характеристика проектного цеху

Проектований цех по класифікаційних ознаках, що існують на сьогоднішній день, відноситься:

- по роду сплаву – цех сталевих литих;
- по масі – дрібною до 50 кг;
- за об'ємом виробництва – середньою потужністю випуском 12 тис. тонн виливків в рік;
- по серійності – серійного виробництва;
- по галузевому призначенню – проектного ливарного цеху входить до складу цехів продукція яких призначена, в першу чергу, для ремонтів технологічного устаткування цехів комбінату, а також для постачання інших заводів даних галузей по кооперації.

1.3 Обґрунтування і вибір режиму роботи цеху

Режим роботи ливарного цеху - це розподіл у часі й на площах цеху всіх робіт, які виконуються при виготовленні виливків. Режим роботи цеху встановлюється на підставі аналізу номенклатури й характеру виробництва виливків. Оптимальний для відповідних умов режим роботи залежить від наступних факторів: масштабу виробництва; розважування лиття й максимальної ваги виливків; роду сплаву й типу плавильних печей; прийнятої схеми технологічного процесу.

Виходячи із цих факторів, прийнятий паралельний двозмінний режим роботи [3].

Двозмінний режим роботи найбільш прийнятний для цехів даного профілю і рекомендований всім металургійним підприємствам і машинобудівній галузі.

Як показує аналіз по роботі цеху-аналога, вибраний режим роботи цеху забезпечує механізацію робочих місць, відділень і ділянок, потокова виробництва, і можливість планових, поточних ремонтів технологічного і допоміжного устаткування, технічних оглядів, планову організацію і постачання матеріально-технічного постачання, і безперебійну роботу устаткування як технологічного, так і допоміжного.

Відповідаючи прийнятому режиму роботи цеху, розраховуємо фонди часу роботи встаткування й виробничих робітників.

1.4 Фонди часу роботи встаткування і робітників

Фонди часу необхідні для розрахунку кількості встаткування, робочих місць, площ цеху, різних категорій робочого персоналу. Фонди часу визначаються з урахуванням режиму роботи цеху, існуючих законодавчих документів про робочі, вихідні й святкові дні, про тривалість робочого дня й тривалості відпусток. Розрізняють календарний (Φ_k), номінальний (Φ_n) і дійсний (Φ_d) фонди часу.

$$\Phi_k = 365 \times 24 = 8760 \text{ (годин)}$$

Φ_n - це час у годинах, у плинні якого може виконуватися робота із прийнятого режиму без обліку неминучих втрат, тобто за винятком з календарного фонду вихідних і святкових днів.

Φ_d - визначається як різниця між номінальним фондом і неминучими (плановими) втратами часу. Φ_d розраховують, виходячи з нормованих або планових втрат, можна приймати за довідковими даними [4].

Для робітників із тривалістю відпустки 24, 36 або 42 дня з урахуванням восьми святкових днів і планових втрат часу по поважних причинах (навчальні відпустки, хвороби й ін.) Φ_d відповідно приймається 4140 г/рік.

Річний фонд часу роботи устаткування представлений в табл.1.1.

Таблиця 1.1 - Дійсний (розрахунковий) річний фонд часу роботи встаткування (робочий тиждень 41 г, 8 святкових днів на рік)

Устаткування	При двох змінах	
	Втрати від номінального фонду часу, %	Дійсний річний фонд часу, г
Ливарне встаткування цехів масового виробництва	5	3975
Автоматизовані формувальні й стрижневі лінії	12	3645
Печі сушильні	4	3975
Дугові електропечі	6	3890
Печі плавильні	4	3510
Печі термічні	6	3890

1.5 Обґрунтування і розрахунок виробничої програми проектного цеху

На підставі аналізу виробничої програми цеха-аналога, що діє, виявлено, що не задоволений попит на сталі лиття не тільки для потреб комбінату, але і для підприємств, криворізького регіону.

В даний час в цеху-аналогу основну питому вагу в загальному виробництві складають кільця, коронки, колеса, патрубки, тобто дрібне лиття.

Із збільшенням виробництва на «Арселор Міталл Кривий Ріг» виріс попит на запасні деталі змінного технологічного устаткування.

Співвідношення вагових груп відповідно до потреби, в перспективі збільшується пропорційно об'єму виробництва. За рахунок впровадження автоматизації і механізації в проектованому цеху, а також новій технології організаційно-технічних заходів, знижується кількість браку, в продукції, що випускається. Втрати від браку в цеху-аналогу складають 4,5%, тоді як в аналогічних цехах з повною автоматизацією і механізацією брак складає від 1,5 до 2 %.

У проектованому цеху передбачена ділянка ремонту і профілактичних оглядів оснащення. Ручна праця повністю виключається при формуванні і збірці, за рахунок автоматизації виробництва.

При організації роботи ВТК (відділ технічного контролю), по технічних переділах, упор робиться на сучасні прилади і пристосування, які спрощують приймання готової продукції. У основу програм технологічних відділень закладена загальна кількість відливів по кожному технологічному потоку і ваги, з урахуванням браку, даних по цеху-аналогу всі вагові категорії (потоки) обслуговують формувальні і стрижньові лінії, розраховані на випуск відливів певної маси і габаритних розмірів.

Програма виробництва приведена в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 - Подетальна річна програма виробництва виливок

Група виливок по масі, кг	Найменування виливка	Маса виливка кг	Марка сплаву	Задана програма виробництва виливок			Втрати браку, %	Річне виробництво виливок з врахуванням браку	
				%	т	шт.		т	шт.
До 10	Кільце Втулка Заготівка	1,1	БрО5Ц5С5	1,5	180	163 636	2,5	184,5	167 727
		2,3	БрО5Ц5С5	1,5	180	78 261		184,5	80 218
		3	БрА10Ж3	2	240	80 000		246	82 000
11 – 20	Фланець Патрубок Коронка	9	35Л	10	1200	133 333	1,8	1 222	135 733
		12	35Л	15	1800	150 000		1 832	152 700
		16	35Л	25	3000	187 500		3054	190 875
21 - 50	Рама Колесо Футеровка	22	35Л	10	1200	54 545	1,7	1 220	55 472
		34	45Л	15	1800	52 941		1 831	53 841
		46	45Л	20	2400	52 174		2 441	53 061
Усього				100	12 000	952 390		12215	971 627

1.6 Загальні рішення по проектуванню цеху

Проектований ливарний цех з вибраною номенклатурою є серійним, тому вибираємо умовну програму виробництва виливок, розділивши лиття по вагових групах, тобто технологічним потокам, в процентному співвідношенні від загальної кількості придатних відливок в цеху, марки сплавів кожної литої деталі. При проектуванні сталеливарного цеху, як плавильні агрегати для виплавки сталі марок 35Л і 45Л, використовуємо електричні дугові сталеплавильні печі, вибраний метод плавки є найбільш прийнятним для сталей, при цьому збільшивши продуктивність до 20%.

У формувальньо-заливальному і стрижньовому відділеннях приймаємо до установки автоматизовані лінії, вітчизняного і імпортного зразка, що забезпечує хорошу ремонтну базу і безперервне виготовлення форм і стрижнів.

У сумішоприготувальному відділенні приймаємо до установки сучасне сумішоприготувальне устаткування. Відділення фінішних операцій передбачає вибивку на відцентрових машинах, очистку на барабанах дробеметних, а також присутні абразивно відрізні станки. Умовна програма передбачає три технологічні потоки:

I – технологічний потік відливок масою до 10кг;

II – технологічний потік відливок масою від 11 кг до 20кг

III – технологічний потік відливок масою від 21 кг до 50 кг

У проекті складена точна виробнича програма.

1.7 Плавильне відділення

1.7.1 Програма відділення (баланс металу та шихти)

Проектування плавильного відділення починається з складання балансу металу, вибору плавильного агрегату, визначення необхідної кількості встаткування.

При складанні відомості балансу металу й шихти керуємося даними цеху-аналога, прийняті дані зводимо в таблицю 1.3.

Таблиця 1.3 - Відомість балансу металу й шихти

Статті балансу	Всього		Зокрема по марках сплаву							
			Сплав 35Л		Сплав 45Л		Сплав БрО5Ц5С5		Сплав БрА10Ж3	
	т/рік	%	т/рік	%	т/рік	%	т/рік	%	т/рік	%
Придатне лиття	12000	75	6000	75	4560	75	840	75	600	75
Повернення	2985	18,66	1492	18,65	1134	18,65	209	18,66	160	18,75
Брак	215	1,34	108	1,35	82	1,35	15	1,34	10	1,25
Разом рідкого металу	15200	95	7600	95	5776	95	1064	95	760	95
Угар	800	5	400	5	304	5	56	5	40	5
Металозавалка	16000	100	8000	100	6080	100	1120	100	800	100

1.7.2 Характеристика сплавів

При виборі ливарного сплаву чітко формулюються вимоги до матеріалу виливків, згруповують ці вимоги по їхній значимості з урахуванням призначення й умов служби деталей. Виходячи з вимог визначається основа сплаву, далі уточнюють марку сплаву, властивості якого найбільш близькі до вимог, причому враховують технологічність цього сплаву.

У проєктованому цеху виготовляють виливки зі сталі марки 35Л і 45Л, у тому числі деталь-представник. Сталь марки 35Л і 45 Л використовують для коронки, шестерень, шайб, коліс і інших деталей, що працюють при вібраційному і ударному навантаженні. Сталь марки 35Л характеризується такими властивостями – корозійна стійкість низька, рідкотекучість задовільна, не схильна до утворення холодних і гарячих тріщин, хорошо зварюється.

Сплав марки БрО5Ц5С5 – має невелике відносне подовження, ударну в'язкість і щільність, високу корозійну стійкість і антифрикційну властивість, а також властива висока міцність і рідкотекучість.

Для сплаву марки БрА10Ж3 характерна підвищення жароміцність. Значний вплив на сплав дає алюміній, він знижує рідкотекучість, щільність і механічні властивості.

Характеристика сплавів приводжу у таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Технічні вимоги до сплавів

Марка сплаву	По госту	Масова доля елементів, %								$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ , %	Ударна в'язкість, кДж/м ²
		C	Mn	Si	Sn	Zn	Pb	Al	Fe				
35Л	977-75	0,36	0,6	0,27	-	-	-	-	-	280	500	-	350
45Л	977-75	0,46	0,6	0,27	-	-	-	-	-	550	300	-	300
БрО5Ц5С5	614-73	-	-	-	5,0	5,0	5,0	-	0,4	-	147	6	-
БрА10Ж3	17328-78Е	-	-	-	-	1,3	0,3	9,5	3,0	-	392	10	-

1.7.3 Обґрунтування і вибір плавильних агрегатів

З огляду на хімічний склад сплавів, їх властивості, доцільно застосовувати дугові печі.

Для зручності експлуатацій печі оснащують механізмом нахилу дугової печі для зливу металу і скачування шлаку, механізмом повороту зведення з електродами або викачування ванн печі для завантаження печі зверху, механізмом обертання ванни печі для прискорення процесу розплавлення шихти, механізмом регулювання положення електродів, що забезпечує переміщення кожного електрода вгору і вниз при включенні і відключенні печі і в період її роботи.

Повного циклу плавки дугової печі ДСП-6 складає 2,3 години, продуктивність 2,7 т/годину. Угар та загальні втрати складають 5-7%.

При проектуванні фасоносталеливарного цеху, в якості плавильного агрегату для виплавки сталі марок 35Л і 45Л, використовуємо дугову електропеч з основною футеровкою.

У печах з основною футеровкою плавка ведеться з застосуванням основного шлаку, що містить високий відсоток окису кальцію. Такий шлак дозволяє видалити з рідкої сталі велику частину шкідливих домішок, що містяться в ній - сірки і фосфору, що з'єднуються з окисом кальцію в міцні з'єднання.

У ливарному виробництві плавка сталі в електродугових печах має найбільш широке поширення. Наявність постійної дуги в робочому просторі і позитивного тиску дають можливість мати в печі при будь-якому процесі відбудовну атмосферу, що дозволяє виплавляти сталь з мінімальним вмістом фосфору і сірки.

Характеристики плавильного агрегату для виплавки сталі та способу плавки ливарних сталей наведені у таблицях 1.5 та 1.6.

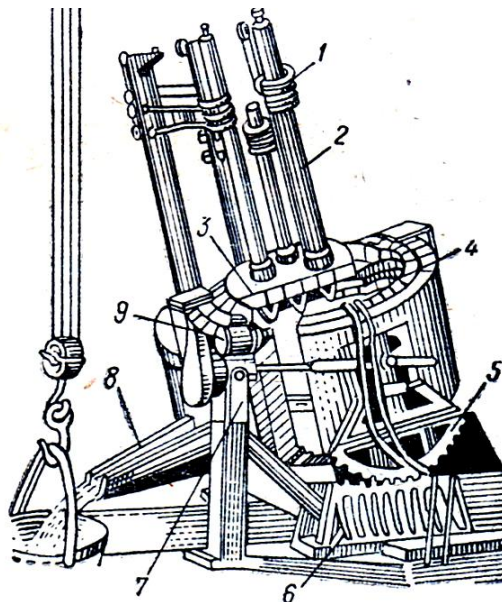


Рис. 1.1 – Дугова сталеплавильна піч

1 – електротримач; 2 – електроди; 3 – з’ємний звід; 4 – вікно; 5 – зубчатий сектор; 6 – рейка; 7 – механізм нахилу; 8 – жолоб; 9 – сталевий кожух

Таблиця 1.5 – Характеристика плавильного агрегату для виплавки сталі

Плавильний агрегат	Джерело високої температури	Характер окислювачів	Область застосування
Дугова електропіч з основною футеровкою	Електрична дуга	Атмосферне повітря, залізна руда, кисень	Вуглецеві, низько-, середньо-, високо-леговані сталі для виливків відповідального й особливо відповідального призначення

Таблиця 1.6 – Характеристика способу плавки ливарних сталей

Спосіб	Переваги	Недоліки
Основний електродуговий процес	Використання рядової шихти, малий угар легуючих елементів, можливість видалення сірки і фосфору, висока якість сталі	Низька стійкість футеровки при роботі з перервами; знижена продуктивність і підвищена вартість сталі в порівнянні з кислим процесом

До переваг плавки в дугових печах відносять можливість досягнення високих температур (у зоні електричної дуги 3000°C) і забезпечення відновної атмосфери в плавильному просторі, що обумовлює високий

перегрів розплаву і низький угар елементів; одержання сталі з низьким вмістом шкідливих домішок; кращі санітарно-гігієнічні умови плавки; можливість механізації й автоматичного регулювання процесу плавки.

Таблиця 1.7 – Технічна характеристика дугової електричної печі

Місткість печі, т	Позначення	Потужність трансформатора, кВ·А	Витрата електроенергії, кВт·г/т		Діаметр електрода	Продуктивність, т/г
			фактична	теоретична		
6	ДСП-6	4000	500	750	300	2,7
1	ДМБ-1	400	250	290	100	0,7

Для отримання сплавів кольорових металів використовуємо піч ДМБ-1 (рис. 1.2), ємність печі 1т, тривалість плавки 60 хвилин.

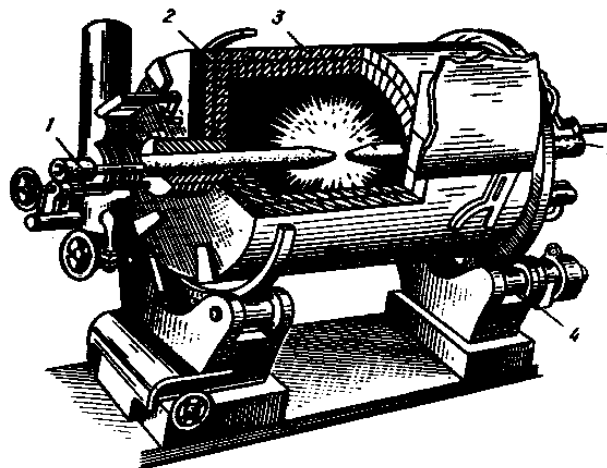


Рис 1.2 – Дугова електропіч типу ДМБ для плавки мідних сплавів:
1 – графітові електроди; 2 – футеровка; 3 – кожух печі; 4 – механізм повороту печі

В дугових печах ДМБ найбільша кількість тепла передається тій ділянці металу та футерівки, який найбільш близько розташований до вольтової дуги. Це викликає високий місцевий перегрів металу, а отже, підвищений його угар, газонасиченість та знос футерівки.

1.7.4 Розрахунок кількості плавильних агрегатів

Число плавильних індукційно-вакуумних печей періодичної дії визначають по формулі:

$$П = \frac{M \times K_n \times Ц}{E \times \Phi_{\partial}},$$

де $П$ - число плавильних печей для виплавки даної групи сплавів або для забезпечення металом даного технологічного потоку;

M - річна кількість шихти технологічного потоку;

$Ц$ - тривалість циклу однієї плавки, включаючи час на завантаження печі й на випуск рідкого металу, годин;

Φ_{∂} - дійсний річний фонд часу роботи печі, годин;

E - місткість печі, т;

Розрахунок для прийнятого потоку сталюого лиття:

$$П_{ст} = \frac{14080 \times 1,3 \times 2,8}{6 \times 3890} = 2,2$$

Визначаємо коефіцієнт завантаження печі:

$$K_3 = \frac{2,2}{3} = 0,73$$

Розрахунок для прийнятого потоку кольорового лиття:

$$П_{\kappa} = \frac{1920 \times 1,3 \times 1,0}{1 \times 3510} = 0,7$$

Визначаємо коефіцієнт завантаження печі:

$$K_3 = \frac{0,7}{1} = 0,7$$

У результаті розрахунків до установки прийнято 3 печі ДСП-6 для сталюого лиття і 1 піч ДМБ-1 для кольорового лиття.

1.7.5 Розрахунок шихти й потреби в шихтових і вогнетривких матеріалах

При розрахуванні шихти користуємося наступними вихідними даними:

- 1) необхідним хімічним складом сплаву;
- 2) хімічним складом шихтових матеріалів;
- 3) вигаром елементів.

Розрахунок шихти ведемо на основні елементи й перевіряємо на припустиму величину шкідливих домішок.

Шихта повинна складатися з заготівель для переплаву марки 35Л, 45Л і ливарних повернень власного виробництва. Свіжі шихтові матеріали, що надійшли зі складу, повинні мати сертифікат заводу-постачальника й відповідати ТУ на даний сплав. Ливарні повернення власного виробництва ріжуться на зручні для завалки шматки й завантажуються в контейнера. На контейнері фарбою наносять маркування сплаву.

Шихтові матеріали з відхиленнями по хімічному складу ізолюються. Дозвіл на запуск їх у роботу приймає головний металург виробництва.

У якості шихтових матеріалів у процесах плавки сталі використовують: чавун передільний коксовий; сталевий брутх; феросплави для розкислення і легування.

Крім компонентів шихти, що поставляються ззовні, використовують сталеві відходи виробництва і власне повернення.

Частка різних компонентів у складі шихти обумовлюється в основному характером металургійного процесу плавки сталі з урахуванням балансу металу на даному підприємстві.

При виборі шихтових матеріалів варто керуватися деякими положеннями:

- при виплавці вуглецевих сталей у шихті повинне бути мінімальна кількість домішок легуючих елементів;
- у всіх випадках повинна застосовуватися шихта відомого походження хімічного складу;
- кислий процес плавки вимагає застосування шихти з мінімальним змістом сірки і фосфору;
- металева шихта повинна містити мінімальну кількість іржі і не повинна мати домішок неметалічних матеріалів (піску, пригорілої формувальної суміші і т.д.);
- феросплави, що використовуються для розкислення і легування повинні бути сухими з паспортом заводу-постачальника.

Великий вплив на хід плавильних процесів мають властивості флюсів. Звичайно в якості флюсів застосовують вапняк, вапно, плавиковий шпат, боксит, шамотний бій і ін. Найбільш розповсюдженим флюсом є вапняк чи одержуване після його випалу вапно.

Звичайно придатним для використання вважається вапняк, що містить не більш 2% домішок. Найбільш шкідливими домішками вапняку є кремнезем і сірка.

Хімічний склад металургійного вапняку наступний: 52-55% CaO ; до 3,5% MgO ; до 1,0% SiO_2 ; до 0,4% Fe_2O_3 ; до 0,25% Al_2O_3 ; до 0,03% P и до 0,15% S . Втрати при його прожарюванні складають 42-45%.

При застосуванні вапна останнє повинно бути свіжим і не містити вологи, яку воно інтенсивно поглинає з повітря навіть при нетривалому зберіганні в звичайних умовах.

Плавиковий шпат, що використовуються в основному для регулювання складу і в'язкості шлаку, так само як і вапняк, повинні містити мінімальну кількість домішок.

В умовах електродугової плавки сталі в якості окислювача наряду з чистим киснем використовують залізорудні окатиші.

Таблиця 1.8 – Розрахунок річної потреби в металевій шихті для виплавки сталі 35Л і 45Л

Найменування компонентів	Марка	Норма витрат кг на 1т металозавалки		Річна потреба, т	
		35Л	45Л	35Л	45Л
Лом сталевий	2А, 4А	787,5	787,5	6300	4788
Повернення		186,5	186,5	1492	1134
Чавун передільний	Мз	2,6	2,6	208	158
Феромарганець	ФМн78	4,13	4,13	33,04	25
Ферросиліцій	ФС75	1,47	1,47	11,76	9
Разом		1005,6	1005,6	8044,8	6114

Таблиця 1.9 – Потреба у вогнетривких матеріалах і флюсах на 1 т рідкого металу

Найменування	ДСТ, ТУ	Потреба, кг/т	Річна потреба, т	
			35Л	45Л
Плави́ковий шпат	29220-91	9,07	69	52,4
Залізорудні окатиші	ТУ 14-9-151-81	25	190	145
Флюсовий вапняк марки С-1		25	190	145
Вогнетривкі матеріали:				
Цегла магнезитова		18	136,8	104
Цегла хромомагнезитова		18,7	142	108
Глина вогнетривка	ДСТ 3226-93	10	76	58
Шамот молотий		4	30,4	23
Порошок магнезитовий		20	152	115
Вогнетривкі дінасові вироби марки ЕД1 або ЕД, зокрема:	ДСТУ 2343-94	10,14	77,1	58,6
Цегла пряма		2,56	19,5	14,8
Клин торцевий		3,12	23,7	18
Клин перехідний		2,48	18,8	14
Клин пірамідальний		1,98	15	11,4

Продовження табл.1.9

Найменування	ДСТ, ТУ	Потреба, кг/т	Річна потреба, т	
			35Л	45Л
Стопорний припас, в т.ч.	5500-75			
Стопорна трубка марки ШСП № 2		2,68	20,4	15,5
Пробка марки ШСП-37 №10 Сталерозливний стакан		0,3	2,3	1,7
ШСП-34 №15-35		0,11	0,8	0,64
Сталерозливний стакан ШСП-34 №15-40		0,004	0,03	0,02
Гніздова цегла ШСП-32 №38		0,02	0,2	0,12
Електроди графітові діаметром 300 мм	2-034-231-88	8,3	63,1	47,9

Розрахунок шихти для виробництва сплаву BrO5Ц5C5 . Для виплавки бронзи середнього хімічного складу із змістом %: Sn - 5; Zn - 5; Pb - 5; Cu - решта.

Нехай шихта складається з 60% свіжих металів і 40% повернення того ж сплаву. Прийmemo, що угар олова і міді складає по 1%, цинку і свинцю по 2%.

Збільшимо кількість шихтових матеріалів на величину втрат від чаду:

олова на $5 \times 1/100 = 0,05$ кг;

свинцю на $5 \times 2/100 = 0,1$ кг;

мідь на $85 \times 1/100 = 0,85$ кг

В якості флюсових матеріалів використовуємо плавиковий шпат $50\% \text{CaF}_2$

Початкові і розрахункові дані зводимо в таблицю 1.10

Таблиця 1.10 – Початкові і розрахункові дані

	Sn	Zn	Pb	Cu	Всього
Середній хімічний склад сплаву, %	5	5	5	85	100
Маса компоненту на 100 кг шихти, кг	5	5	5	85	100
Угар, %	1	2	2	1	-

Продовження табл.1.10

Угар, кг	0,05	0,1	0,1	0,85	1,1
Розрахункова маса шихти, кг	5,05	5,1	5,1	85,85	101,1
Вміст в цеховому поверненні, кг	2	2	2	34	40
Вміст в свіжих металах, кг	3,05	3,1	3,1	51,85	61

Розрахований склад (т) шихти для виплавки 1120 т бронзи:

Sn	$0,00305 \times 1120 / 0,1 = 34,16$ т
Zn	$0,0031 \times 1120 / 0,1 = 34,72$ т
Pb	$0,0031 \times 1120 / 0,1 = 34,72$ т
Cu	$0,05185 \times 1120 / 0,1 = 580,72$ т
Повернення BrO5Ц5C5	$0,04 \times 1120 / 0,1 = 448,00$ т
Всього	1 132,32 т

Розрахунок шихти для виробництва сплаву БрА10ЖЗ. Для виплавки бронзи середнього хімічного складу із змістом %: Al - 10; Fe - 3; Cu - решта.

Нехай шихта складається з 70% свіжих металів і 30% повернення того ж сплаву. Прийmemo, що угар заліза і міді складає по 1%, алюмінія – 2%.

Початкові і розрахункові дані зводимо в таблицю 1.11

Таблиця 1.11 – Початкові і розрахункові дані

	Al	Fe	Cu	Всього
Середній хімічний склад сплаву, %	10	3	87	100
Маса компоненту на 100 кг шихти, кг	10	3	87	100
Угар, %	2	1	1	-
Угар, кг	0,2	0,03	0,87	1,1
Розрахункова маса шихти, кг	10,2	3,03	87,87	101,1
Вміст в цеховому поверненні, кг	4	2	22	30
Вміст в свіжих металах, кг	6,2	1,03	65,87	71,1

Розрахований склад (т) шихти для виплавки 800 т бронзи:

Al	$0,0062 \times 800 / 0,1 = 49,6$ т
Fe	$0,00103 \times 800 / 0,1 = 8,24$ т
Cu	$0,08787 \times 800 / 0,1 = 702,96$ т
Повернення BrA10ЖЗ	<u>$0,03 \times 800 / 0,1 = 240$</u> т
Всього	1 000,8 т

1.7.6 Технологія плавки й видачі металу

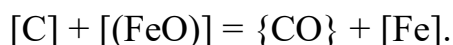
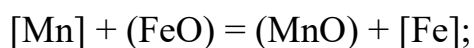
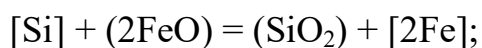
Технологічний процес плавки стали складається з наступних етапів:

- підготовки плавильної печі і шихтових матеріалів;
- завантаження шихти, нагрівання і розплавлювання шихти, у процесі якого вже починається окислювання компонентів шихти (сталевого брухту, чавуну й ін.), що містилися в печній атмосфері киснем, вуглекислим газом і парами води;
- утворення над поверхнею розплаву шлаку, у результаті взаємодії якого з металом продовжується процес окислювання заліза, кремнію, марганцю і деяких інших елементів; видалення окисного і наведення відбудовного шлаку з високим змістом CaO, що сприяє видаленню такої шкідливої домішки, як сірка;
- доведення сталі по хімічному складу з урахуванням результатів експрес-аналізу її проб;
- остаточного розкислення розплаву марганцем чи кремнієм (у виді феросплавів).

Плавка шихти в проектованому цеху виконується в електричній дуговій плавильній печі ДСП – 6 з основною футеровкою.

Основний процес дозволяє видаляти з металу сірку і фосфор, і робити дифузійне розкислення під так названим білим шлаком, тобто добре розкисленим, який не містить окислів заліза.

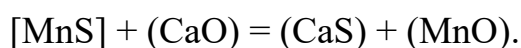
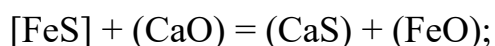
Плавку сталі в проектованому цеху ведуть з окислюванням домішок. Шихту складають таким чином, що після розплавлювання вміст вуглецю був на 0,2-0,3% вище верхньої межі для даної марки стали. У завалку дають 2,5% вапна і 2,5% залізрудних окатишів, які відразу ж після розплавлення утворюють дефосфоруєчий шлак, так як реакції вимагають наявності FeO у шлаку і протікають при порівняно низьких температурах. Вміст фосфору в шлаку значно збільшується: уже після розплавлення він складає в перерахуванні на P_2O_5 1,5%. Цей шлак видаляють і в піч знову додають вапно та окатиші. Починається окислювання по реакціях:



Пухирці спінюють шлак, який бажано безупинно видаляти через поріг робочого вікна. У початковий період окислювання продовжується дефосфорація, тому шлак окисного періоду знову скачують.

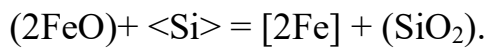
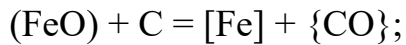
Для інтенсифікації окислювання іноді роблять продувку рідкого металу киснем під тиском близько 1 МПа.

Відновний період включає десульфуріацію, доведення температури і складу сталі до заданих значень і розкислення. Для десульфуріації в піч знову вводять вапно, і протікають реакції:



Шлакоутворююча суміш, крім вапна, містить плавиковий шпат і пісок (чи бій шамоту). Після розплавлення шлаку його розкисляють меленим феросиліцієм.

У складі шлаку значно знижується вміст окислів заліза, тому що вони відновлюються вуглецем і кремнієм:



Рівновага реакції $[\text{FeO}] = (\text{FeO})$ порушується, закис заліза переходить з металу в шлак, розкислення якого періодично повторюється. Під час відновного періоду сталь доводять до заданого хімічного складу. Тривалість відновного періоду 30-60 хв. По його закінченні сталь випускають з печі і розкислюють алюмінієм. Випуск металу можна здійснювати разом зі шлаком. При цьому за рахунок перемішування металу і шлаку протікає додаткова десульфуріяція.

Технологія плавки мідних сплавів

Плавка мідних сплавів в проектованому цеху виконується в електричній дуговій плавильній печі ДМБ-1. Плавка більшості мідних сплавів на повітрі супроводжується окисленням елементів шихти та розчиненням водню. Окислення сплавів, які містять алюміній відбувається з утворенням щільної оксидної плівки на поверхні розплаву, яка оказує вплив на механічні властивості виливок. Мідні сплави під час твердіння схильні до утворення газових раковин, особливо це характерно для сплавів з широким температурним проміжком кристалізації, а також для олов'яних бронз.

Для захисту від окислення плавку мідних сплавів ведуть під шаром флюсу. В якості флюсу використовуємо плавиковий шпат.

Шихту необхідно завантажувати до печі, нагріту до 600-700°C. Спочатку завантажують мідь частково або повністю. Розплав перегрівають до 1200°C и розкислюють фосфористою міддю. Після змішування сплаву зчищають шлаки, в декілька прийомів завантажують відходи та чушку переплаву зі стружки, підігрівають до 100-150°C.

При температурі розплаву 1160-1200°C вводять цинк, олово та свинець.

1.8 Формувально - заливальне відділення

1.8.1 Програма відділення

Програму формувально-заливального відділення розробляють на основі даних програми виробництва виливок в цеху. При цьому річну кількість відливань приймають з урахуванням покриття браку ливарного і механічних цехів.

Кількість виливок у формі і їх середню металоємність для відповідної групи по масі можна прийняти відповідно по масі.

Розрахункові дані зводять в табл. 1.12

Таблиця 1.12 – Звідні дані розрахунку програми формувально-заливального відділення

Найменування виливань (група відливок по масі), кг	Річний випуск виливок, шт.	Маса однієї відливки, кг	Кількість виливок у формі, шт.	Річна кількість форм, шт.	Брак форм		Всього форм на річну програму
					%	шт.	
До 10	Кільце	1,1	3	55909	4	2236	58145
	Втулка	2,3	2	40109		1604	41713
	Заготівка	3	1	82000		3280	85280
Разом по I потоку				178018		7120	185138
11-20	Фланець	9	16	8483	4	339	8822
	Патрубок	12	12	12725		509	13234
	Коронка	16	10	11929		477	12406
Разом по II потоку				33137		1325	34462
21-50	Рама	22	2	27736	4	1109	28845
	Колесо	34	1	53841		2154	55995
	Футеровка	46	1	53061		2122	55183
Разом по III потоку				134638		5385	140023
Всього				345793		13830	359623

1.8.2 Організація технологічних потоків

Враховуючи номенклатуру лиття доцільно об'єднати всю номенклатуру в три технологічні потоки.

Для виготовлення виливок I потоку використовується відцентрова машина модель 522-2, призначена для виготовлення втулок, маслот та інших аналогічних їм деталей.

При використанні цієї машини для виливки деталей в накатні форми:

- висверлюють у виливниці велика кількість отворів для виходу газів;
- передбачають спеціальне устаткування для подання у виливницю формовочної суміші и для попереднього профілювання та накатки.

Технічна характеристика відцентрової машини наведена в таблиці 1.13

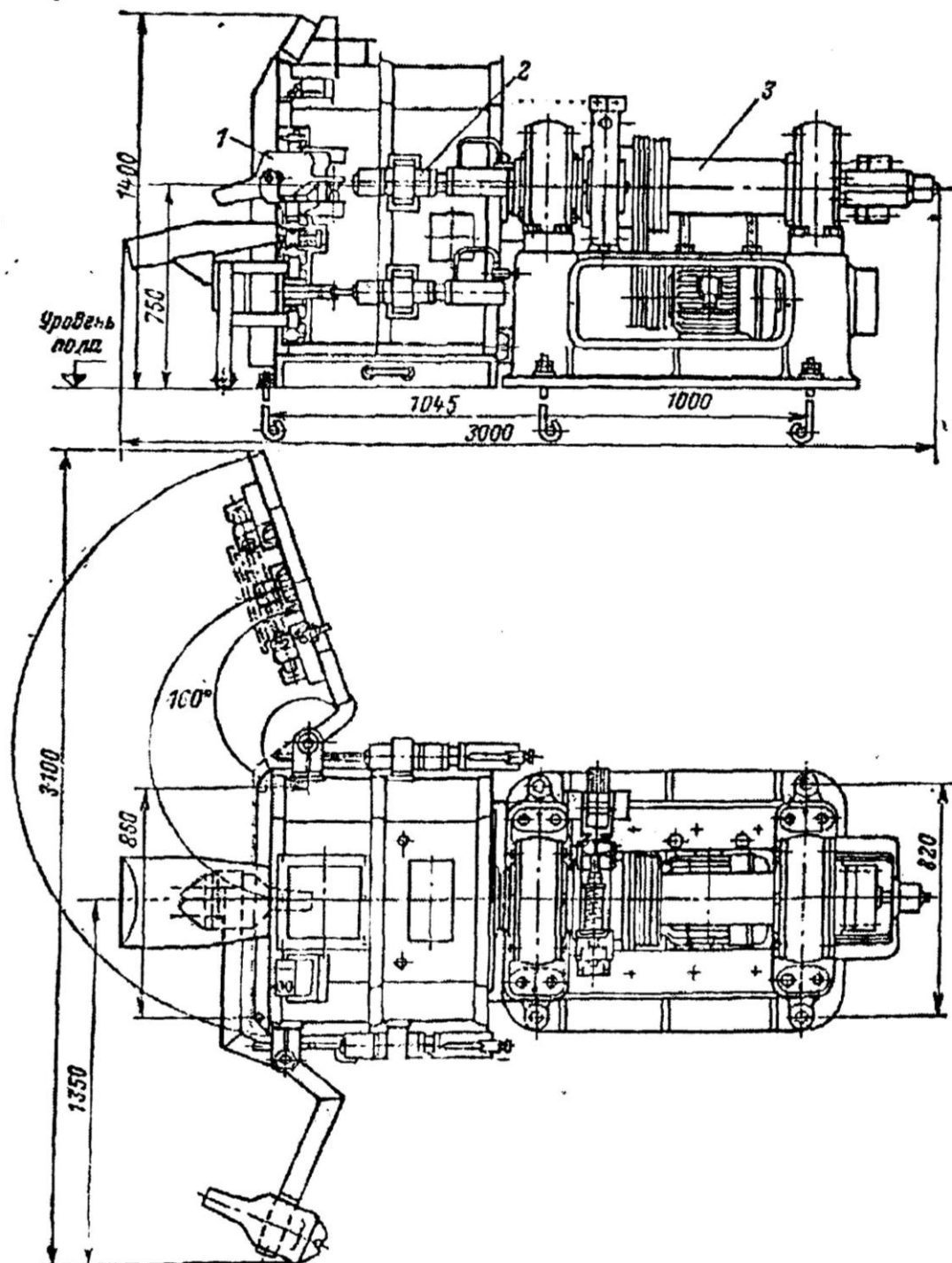


Рис. 1.3 – Відцентрова машина модель 552:

1 – жолоб; 2 – виливниця; 3 – ротор.

Таблиця 1.13 – Технічна характеристика відцентрової машини

Параметри	Модель 552-2
Заготовка:	
Зовнішній діаметр, мм	75-100
Довжина найбільша, мм	320
Маса, кг	80
Продуктивність шт / годину	14
Встановлена потужність	
Електродвигуна, кВт	6,0
Габаритні розміри, мм	2500×1895×1400

Для виготовлення виливок II потоку використовується автоматизованої лінії моделі «Споматик»

Автоматична формувальна лінія “Споматик”, використовувана при виготовленні блоків циліндрів автомобільних двигунів. Ущільнення форм на лінії проводиться безударним струшуванням з одночасним пресуванням многоплужерною головкою. Формувальні автомати прохідні, однопозиційні. З двох автоматів один - для нижніх півформ і другий - для верхніх. У кожного автомата є човниковий механізм для заміни моделей, що діє автоматично. Для укладання і зняття вантажів є спеціальний пристрій. Заливка механізована при безперервному русі конвеєра.

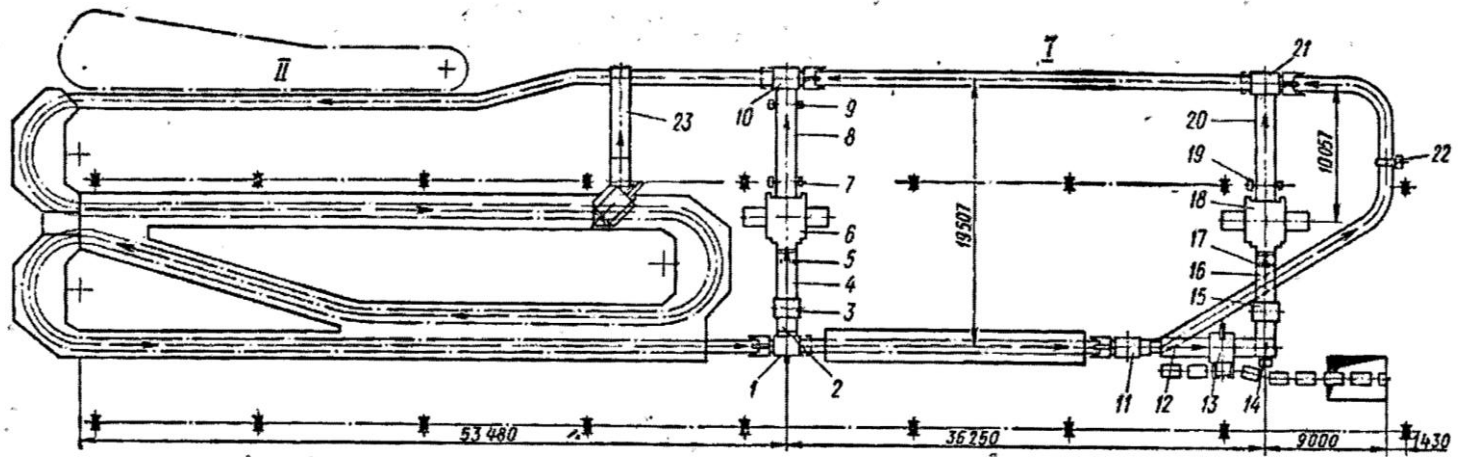


Рис. 1.2 – Автоматична формувальна лінія „Споматик”

I - зона установки стрижнем; *II* - зона заливки; 1 - механізм для знімання верхньої опоки; 2,4,12,16,20 - приводні рольганги, 3 - установка для вибивки верхньої опоки продавливанием; 5 - пристосування для очищення опок від землі; 6 - формувальний автомат для верхніх півформ; 7 - кантувальник; 8 - контроль форми; 9 - кантувальник; 10 - механізм накриття форм; 11 - механізм для знімання нижньої опоки; 13 - виїмка відливання; 14 - кантувальник; 16 - установка для вибивки нижньої опоки; 17 - пристосування для очищення опоки; 18 - формувальний автомат для нижніх півформ; 19 - кантувальник; 21 - механізм для установки нижньої півформи на ливарний конвеєр; 22 - пристосування для очищення візків конвеєра від землі; 23 - пристрій для перекладання вантажів.

Автоматична лінія модель ІЛ225М призначена для виготовлення виливок II потоку, зі сталі в сирих одноразових П-Г формах. Виготовлення форм здійснюється методом чистого пресування на пневморичажних прохідних формувальних автоматах. Всі операції, окрім простановки стрижнів і заливки форм, виконуються автоматично.

Технологічний цикл :

- роздільне формування нижніх і верхніх півформ;
- кантування нижніх півформ на 180°;

- зрізає надлишків суміші з їх контрладу;
- простановка в порожнині нижніх півформ стрижнів уручну;
- двократне кантування верхніх півформ;
- збірка форм;
- укладання форм на подопочні плити;
- притиск зібраних півформ;
- заливка;
- охолодження;
- зняття форм з подопочних плит;
- витискування грудки;
- вибивка;
- распаровка комплекту порожніх опок і їх очищення.

Технічна характеристика автоматичної лінії наведена в таблиці 1.14

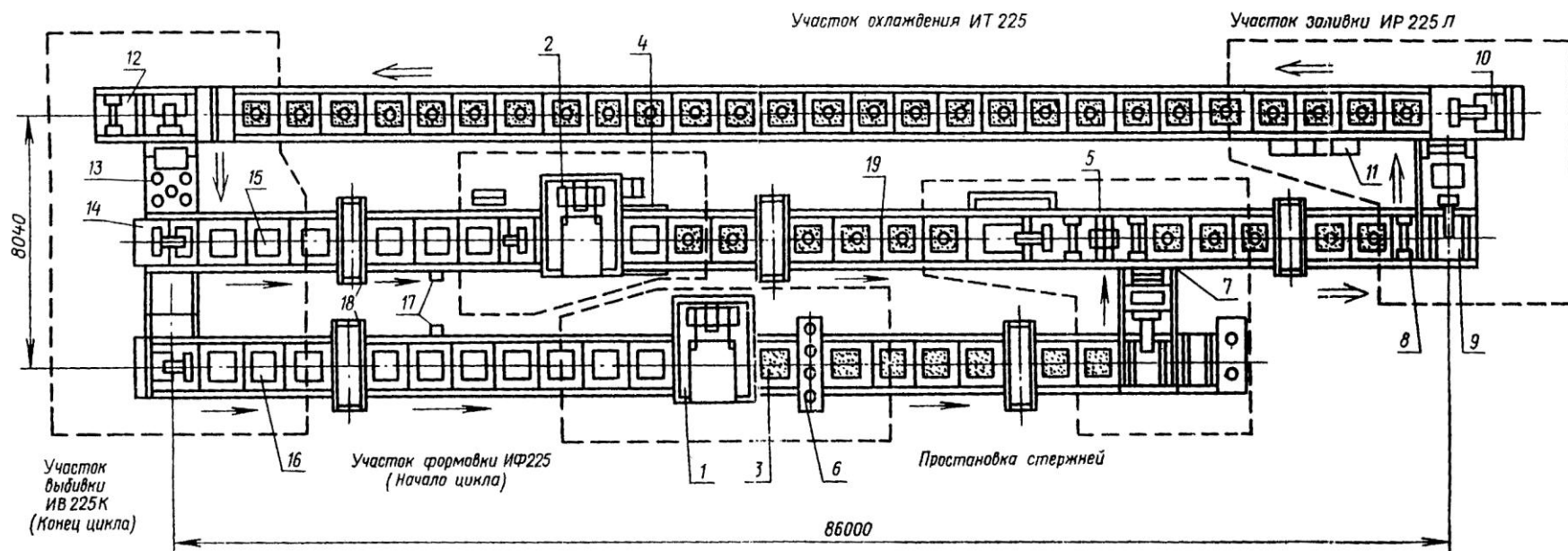


Рис. 1.3 – Автоматична лінія модель ІЛ225М:

1 – формувальний автомат виготовлення нижніх півформ; 2 – формувальний автомат виготовлення верхніх пів форм; 3 – кантувальник нижніх півформ; 4,5 – кантувальник верхніх півформ; 6 – механізм зрізання надлишків суміші; 7 – складальник форм; 8 – відсікач; 9 – уніфікований штовхач; 10 – механізм підйому підпочних плит; 11 – механізм притиску форм при заливці; 12 – механізм відпуску підпочних щитків; 13 – установка витискування; 14 – распаровщик; 15 – механізм підйому; 16 – кантувальник нижніх опок; 17 – механізм очищення опок; 18 – перехідний місток; 19 – секція рольганг

Таблиця 1.14 – Технічна характеристика комплексно автоматичних ліній

Найменування параметра	<i>ІЛ225М</i>	<i>Споматик</i>
Розмір опок, мм: у світлу	<i>900 × 600</i>	<i>800 × 700</i>
висота	<i>200</i>	<i>260</i>
Металоемність форми, кг.	<i>60 – 100</i>	—
Середня маса виливок, що виготовляються, кг	<i>10 – 50</i>	<i>10 – 50</i>
Формувальна суміш	<i>Єдина підвищеної текучості П-Г</i>	<i>Єдина підвищеної текучості П-Г</i>
Спосіб ущільнення суміші	<i>Пресування під високим питомим тиском жорсткою колодкою</i>	<i>Бездарне встряхування з одночасним пресування многоплунжерною головкою</i>
Кількість модельних комплектів на лінію (верх + низ)	<i>140</i>	—
Метод скреплення форм при заливке	<i>Накладення вантажів або притисків в спецпристрої</i>	—
Время охлаждения форм, хв.	<i>30 – 90</i>	—
Метод вибивки	<i>Витискування грудки з послідовною вибівкой на вібраційних ґратах</i>	<i>Верх та низ вибивають продавлюванням</i>
Встановлена потужність, кВт	<i>152</i>	—
Габарит, мм	<i>90435 × 10000 × 6855</i>	<i>98000 × 19500</i>
Маса, т	<i>254</i>	—

1.8.3 Розрахунок потрібної кількості технологічного устаткування

Кількість потокових ліній визначаємо по формулі:

$$P_{\text{л}} = \frac{N \cdot K_{\text{н}}}{n \cdot \Phi_{\text{д}}}$$

Коефіцієнт завантаження визначаємо по формулі:

$$K_3 = \frac{P_{\text{л}}}{P_{\text{у}}},$$

де $P_{\text{л}}$ и $P_{\text{у}}$ - кількість ліній з розрахунку й прийнята до установки, шт;
 N - річна кількість форм, шт;
 n - продуктивність ліній, форм/год;
 $\Phi_{\text{д}}$ - дійсний річний фонд часу, год;
 $K_{\text{н}}$ - коефіцієнт нерівномірності роботи формувальної лінії, що приймаємо 1,1.

Кількість відцентрових машин для проектного цеху по I потоку:

$$P_{\text{машин}} = \frac{185138 \cdot 1,1}{20 \cdot 3975} = 2,3;$$

$$K_{\text{машин}} = \frac{2,3}{3} = 0,77$$

Приймаємо до встановлення три відцентрові машини модель 522-2.

Кількість поточкових ліній для проектного цеху по II потоку :

$$P_{\text{л1}} = \frac{34462 \cdot 1,2}{14 \cdot 3645} = 0,81;$$

$$K_{\text{л1}} = \frac{0,81}{1} = 0,81$$

Приймаємо до встановлення автоматичну формовочну лінію Споматик.

Кількість поточкових ліній для проектного цеху по III потоку :

$$P_{\text{л2}} = \frac{140023 \cdot 1,2}{60 \cdot 3645} = 0,77;$$

$$K_{\text{л2}} = \frac{0,77}{1} = 0,77$$

Приймаємо до встановлення автоматичну формовочну лінію ІЛ225М.

У таблиці 1.15 представлена відомість розрахунку технологічного устаткування формувально-заливного відділення.

Таблиця 1.15 – Відомість розрахунку технологічного устаткування формувально-заливного відділення

№ техно- логічно- го потіку	Річна кількість форм, шт.	Тип, модель, обладна- ння	Продуктив- ність, форм/год	Кількість устаткування, од.		Коефі- цієнт загрузки
				по розра- хунку	прий- нято	
I потік До 10	185138	522-2	—	2,3	3	0,77
II потік 11-20	34462	Споматик	140	0,81	1	0,81
III потік 21-50	140023	ІЛ225М	240	0,77	1	0,77

1.9 Стрижневе відділення

1.9.1 Програма стрижневого відділення

Розробляючи програму стрижневого відділення, кількість стрижнів відповідних обсягів і мас визначаємо за усередненими даними потреби стрижнів на 1 тонну придатних виливок.

Враховуємо, що для сталевих виливок витрати сумішей збільшуються. Розрахункові дані зведені в таблиці 1.16.

Табл. 1.16 – Розрахункові дані кількості стрижнів і витрат матеріалів на програму цеху

№ г Р уп	Група стрижнів по масі, кг (по об'єму, дм³)	Кількість стрижнів для груп виливок по масі (шт/ дм³)				Всього по гру-пам стрижнів з ура- хуванням браку шт/м³
		до 20 кг		21-50 кг		
		норма на 1 тн	на 6108 тн	норма на 1 тн	на 5492 тн	
1	<u>0,5</u>	<u>46,0</u>	<u>280968</u>	<u>16,5</u>	<u>90618</u>	<u>408745</u>
	0,3	14,0	85512	5,0	27460	124,27
2	<u>1,75</u>	<u>21,0</u>	<u>128268</u>	<u>5,9</u>	<u>32403</u>	<u>176738</u>
	1,05	21,1	128879	6,1	33501	178,62
3	<u>4,25</u>	<u>14,4</u>	<u>87955</u>	<u>13,531</u>	<u>74142</u>	<u>178307</u>
	2,5	37	225996		170252	435,87
4		<u>1,8</u>	<u>10994</u>	<u>5,2</u>	<u>28558</u>	<u>43508</u>
		10,5	64134	25	137300	221,58
5		<u>0,5</u>	<u>3,54</u>	<u>2,5</u>	<u>13730</u>	<u>18462</u>
		4,8	29318	19,4	106545	149,45
6		<u>0,5</u>	<u>3054</u>	<u>1,3</u>	<u>7139,6</u>	<u>11213</u>
		7,5	45810	16,5	90618	150,07
7		<u>0,4</u>	<u>2443,2</u>	<u>2,8</u>	<u>15378</u>	<u>19603</u>
		8,8	53750	54	296568	385,35
8				<u>0,6</u>	<u>3295,2</u>	<u>3625</u>
				18,0	98856	108,74
9				<u>0,4</u>	<u>2196,8</u>	<u>2415,6</u>
				17,3	95011,6	104,51

1.9.2 Розробка схеми технологічного процесу виготовлення стрижнів

На підставі програми відділення групуємо стрижні в два виробничі потоки – стрижні.

Для виготовлення стрижнів першого потоку – до 40 кг використовуємо комплексну лінію модель ЛП046.

Лінія призначена для комплексного виготовлення стрижнів з ущільненням вібрацією із ХТС на основі синтетичних смол.

Технологічний цикл:

- підготовка і комплектація стрижневих ящиків;

- подача стрижневих ящиків на вібростіл;
- виготовлення ХТС, заливання її в ящики й ущільнення;
- подача стрижневих ящиків на позицію поворотно - витяжної машини;
- поворот стрижневого ящика, витяжка стрижня й укладання його на сушильну плиту.

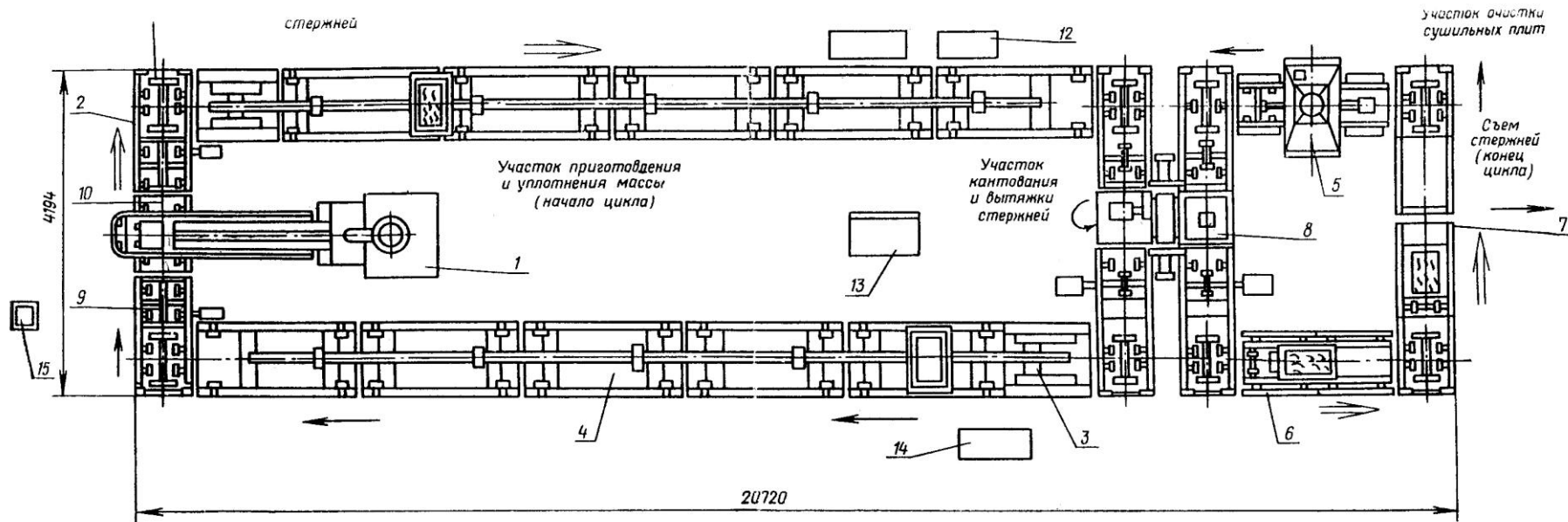


Рис. 1.4 – Стрижнева лінія модель ЛП046

1 – змішувач; 2,3,6,7,9 – рольганг проміжний; 4 – штанговий конвеєр; 5 – камера очищення сушильних плит; 8 – поворотно-витяжна машина; 10 – вібростіл; 11 – стіл передатний; 12 – електроустаткування; 13 – гідростанція; 14 – пневмошкаф; 15 – пульт управління

Лінія ЛПО32 призначені для комплексного виготовлення стрижнів масою до 100кг. з ущільненням вібрацією з ХТС на основі синтетичних смол.

Технологічний цикл виготовлення стрижнів ідентичний попередній лінії.

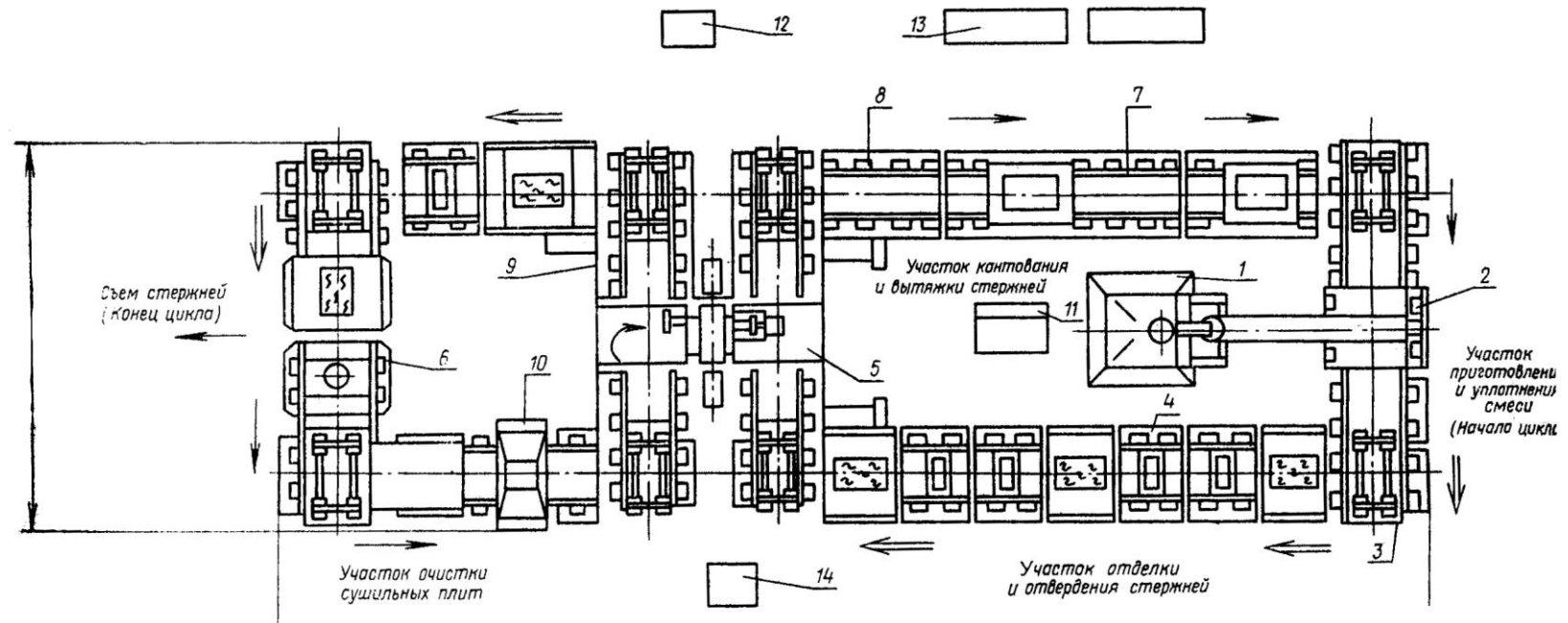


Рис 1.5 – Модель ЛПО32

1 – змішувач; 2 – вібростіл; 3 – стіл передавальний; 4 – рольганг проміжний малий; 5 – поворотно-витяжна машина; 6 – рольганг з підйомно-поворотним столом; 7, 8 – рольганг проміжний; 9 – рольганг досилателя; 10 – камера очищення сушильних плит; 11 – гідростанція; 12 – пневмошкаф; 13 – електроустаткування; 14 – пульт управління

Технічна характеристика стрижневих ліній представлена в табл.1.17.

Таблиця 1.17 – Технічна характеристика стрижневих ліній

	ЛП046	ЛП032
Найбільша маса стрижнів, кг.	16	100
Габарит стрижневого ящика, мм	630х500х300-445	1000×800×380-555
Продуктивність (циклова), зйомів/г.	90	30
Продуктивність (фактична), зйомів/г.	30	8
Кількість робітників, що обслуговують лінію в одну зміну	2	2
Установлена потужність, кВт	40	55,8
Габарит лінії, мм	20720х4200х3230	19200×5300×3300
Маса комплекту, т	27,8	67

1.9.3 Розрахунок потрібної кількості технологічного і підйомно-транспортного устаткування

Необхідну кількість устаткування і його завантаження визначаємо по формулах:

$$P_c = \frac{A \cdot K_n}{\Phi_\partial \cdot n},$$

де A - річна кількість знімів по даному потоку, шт.;

K_n - коефіцієнт нерівномірності споживання стрижнів приймаємо 1,2;

Φ_∂ - дійсний річний фонд часу роботи устаткування, г;

n - розрахункова продуктивність устаткування, знімів / г.

$$P_{cl} = \frac{198763 \cdot 1,2}{3645 \cdot 30} = 2,2;$$

$$K = 2,2 / 2 = 0,73$$

Приймаємо до встановлення 2 комплексні лінії виготовлення стрижнів із холоднотвердних сумішей ЛП046

$$P_{c2} = \frac{18646 \cdot 1,2}{3645 \cdot 8} = 0,77 ;$$

$$K = 0,77 / 1 = 0,77$$

Приймаємо до встановлення 1 комплексну лінію виготовлення стрижнів із холоднотвердних сумішей ЛП032

У таблиці 1.18 представлена відомість розрахунку технологічного встаткування стрижневого відділення

Таблиця 1.18 – Відомість розрахунку технологічного устаткування стрижневого відділення

Розвіс стрижнів, кг	№ групи стрижнів	Кількість стрижнів у ящику	Кількість з'ємів	Тип стрижневої лінії
до 16 кг	1	16	25547	ЛП046
	2	8	22092	
	3	2	89154	
	4	1	433508	
	5	1	18426	
16 – 100	6	4	2803	ЛП032
	7	2	9802	
	8	1	3625	
	9	1	2416	

1.10 Сумішоприготувальне відділення

1.10.1 Програма сумішоприготувального відділення

Розробка програми сумішоприготувального відділення передбачає розрахунок витрати відповідних видів формувальних і стрижневих сумішей, а також їх компонентів по кожному технологічному потоку і по цеху в цілому.

Початковими даними для розрахунку служать виробнича програма цеху по випуску відливань, програми формувального і стрижньового відділень.

Розрахункові дані по витраті формувальних сумішей для проектового цеху зведені в таблицю 1.19.

Розрахункові дані по витраті формувальних сумішей для виготовлення стрижнів для проектового цеху зведені в таблицю 1.20.

Для кожного виду сумішей визначаємо рецептуру і на підставі їх потреби розраховуємо кількість необхідних компонентів на річну програму випуску відливань після чого розрахункові дані зводимо в таблицю 1.21.

Таблиця 1.19 – Розрахункова відомість витрати формувальної суміші

Група виливок по масі, кг	Річний випуск лиття, т	Витрати суміші, т	
		на 1 т виливок	на річний випуск
До 20	6000	9,5	57000
21 – 50	5400	10,5	56700
Разом:			113700
Разом з врахуванням браку виливок і форм та просипі $K=1,16$			131892

Таблиця 1.20 – Річні витрати стрижневої суміші

Розвіс стрижнів, кг	Вид суміші	Витрати суміші	
		т	м ³
до 16	ХТС	1498,2	1109,8
16-100	ХТС	1011,2	749
Разом з врахуванням просипу $K=1,14$		2861	

Таблиця 1.21 – Рецептатура сумішей і річна потреба формувальних матеріалів

Назва суміші	Річна витрата суміші	Склад та витрата компонентів сумішей															
		Оборотна суміш		Пісок		Бентонітова суспензія		Крохмалит		БФ – 1		БСК		БСКМ		СФ – 3042	
		%	т	%	т	%	т	%	т	%	т	%	т	%	т	%	т
Формувальна: єдина ПГС	131892	92	121341	5,95	7848	2	2637	0,05	66	–	–	–	–	–	–	–	–
Стрижньова ХТС	2861	20	572	73,6	2106	–	–	–	–	2	57	0,9	26	1,5	4	2	57
Всього	–	–	121913	–	9954	–	2637	–	66	–	57	–	26	–	43	–	57
Всього з урахуванням необхідності для ремонту печей і ковшів	–	–	121913	–	11049	–	2637	–	66	–	57	–	26	–	43	–	57

1.10.2 Розробка схеми технологічного процесу

Для сушки піску використовуємо сито барабанне полігональне, яке представляє собою конічний барабан з сітчастою бічною поверхнею, що обертається біля горизонтальної або злегка похилої осі. Всередину барабана з одного кінця безперервно завантажують матеріал, який при обертанні барабана просівається.

Розміри осередку сита і продуктивність можуть бути змінені відповідно до замовлення. Сито барабанне полігональне модель 174М4 має продуктивність 4 м³ за годиною

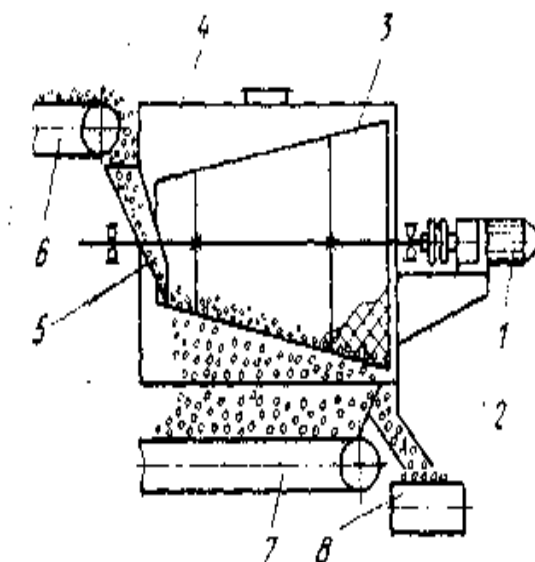


Рис.1.7 – Барабанне полігональне сито.

1 - привід; 2 - рама; 3 - барабан; 4 - кожух витяжний; 5 - воронка завантажувальна; 6 - конвеєр подачі суміші; 7 - конвеєр відведення просіяної суміші; 8 - конвеєр відведення відходів.

Для приготування формувальної ПГС використовуємо змішувач чашковий періодичної дії модель 15104. Зважаючи на періодичність дії бігуни отримують живлення з проміжного бункера. При індивідуальному використанні змішувачі завантажують за допомогою скипового підйомника.

Технічні дані змішувача чашкового періодичної дії модель 15104 вказані в таблиці 1.22.

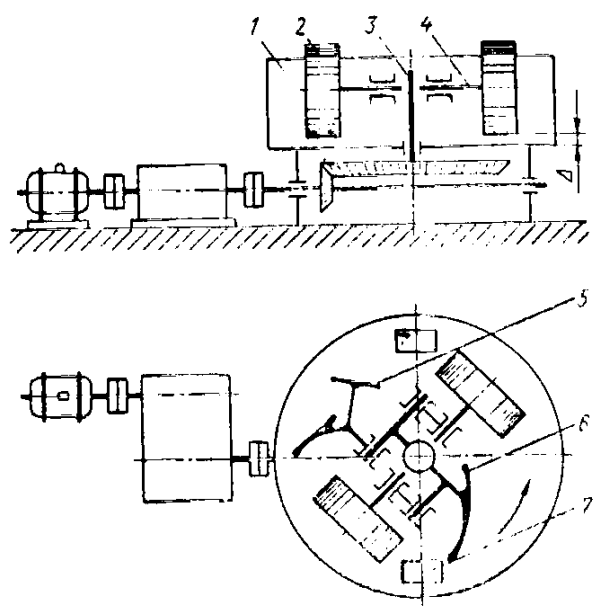


Рис. 1.8— Змішувачі чашковий періодичної дії

1 - чаша нерухома; 2 - катки; 3 - центральний вертикальний вал;
4 - вісь; 5 і 6 - плужки.

Таблиця 1.22 – Технічна характеристика змішувача

Назва	Змішувачі чашковий періодичної дії
Модель	15104
Об'єм замеса	1,00
Продуктивність, м ³ за годину	4,8 – 30
Внутрішні розміри чаші, м	<u>2016</u> 1066
Частота обертання вертикального валу, об/хв	38,6
Об'єм відсмоктуваного повітря, м ³ за годину	6000
Потужність, кВт	45
Габаритні розміри, мм	3720×3650×5250

1.10.3 Розрахунок потрібної кількості технологічного і підйомно-транспортного устаткування

Розрахунок кількості технологічного устаткування проводимо по формулі:

$$N = \frac{Q \cdot K_n}{\Phi_d \cdot P},$$

де N - кількість одиниць устаткування;

Q - річна потреба суміші даного вигляду або компоненту, т;

Φ_d - дійсний річний фонд часу, г;

P - продуктивність устаткування, т/г;

K_n - коефіцієнт нерівномірності споживання суміші.

Приймаємо до встановлення 1 установку для приготування стрижневої суміші.

1.11 Відділення фінішних операцій

Відділення фінішних операцій - специфічна ділянка ливарного цеху. Тут виконують різноманітні операції, що значно відрізняються як по суті, так і по складності виконання. Технологічні розробки процесів охолодження

виливок, тармообробки і контролю якості вимагають глибоких знань і виробничого досвіду. Багато і простих операцій, виконання яких досягається визначеними енергомеханічними впливами. Однак усі вони сполучені з

великими витратами фізичної праці, особливо в умовах дрібносерійного і одиничного виробництва. Тому ефективність проектних рішень однозначно оцінюється вибором відповідного устаткування.

Розрахункова відомість технологічного устаткування сумішоприготувального відділення приведена в табл. 1.23.

Таблиця 1.23 – Розрахункова відомість технологічного обладнання сумішоприготувального відділення

Технологічна операція	Річна витрата суміші, т		Назва обладнання	Модель	Годинна продуктивність	Кількість обладнання		Коеф. завантаження
	т	м ³				Розрахункове	Прийняте	
Сушка піску	11049	7366	Сушило барабанне	ПБ1-4	4 м ³ /год	0,66	1	0,66
Просіювання піску	11049	7366	Сито полігональне	174М4	4 м ³ /год	0,66	1	0,66
Приготування формувальної ПГС	131892	105514	Змішувач чашковий періодичної дії	15104	20 м ³ /год	1,6	2	0,79
Приготування стрижневої ХТС	2861	2119		Передбачено на стрижневих лініях				
Регенерація суміші	135323	108258	Система механічної регенерації		80т/год	0,85	1	0,85

1.11.1 Розробка програми і схеми технологічного процесу

Враховуючи масовість виробництва розглянемо обладнання необхідне для фінішних операцій в нашому цеху.

Дробеметний очисний барабан конвеєрний періодичної дії модель 42213М.

Конвеєр має два напрями руху - робоче, при якому відливання кантуються в робочому просторі, і зворотне, призначене для вивантаження відливів. Над робочому просторі встановлюють один або два дробеметних апаратів. Відливання в дробеметний стрічковий барабан зазвичай завантажують скиповим підйомником.

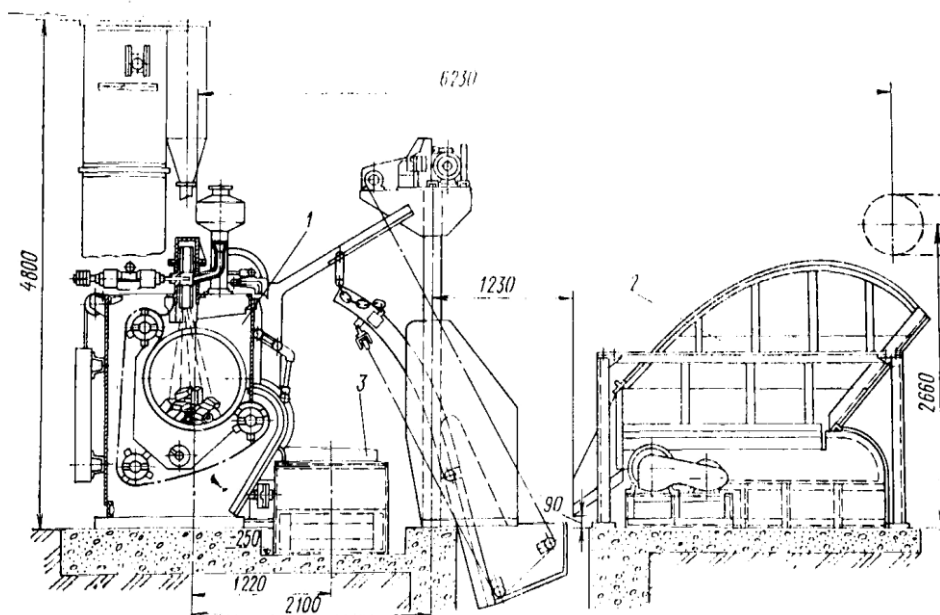


Рис. 1.9 – Дробеметний очисний барабан періодичної дії, вбудований в безперервний потік очищення:

1 - барабан; 2 - бункер - накопичувач; 3 - конвеєр вивантаження.

Печі з викотним подом для термообробки виливок працює на природному газі. Під печі виконаний у вигляді візка, що висувається з печі за

допомогою приводу. Камера закривається дверима. Гази після теплообміну з виливками відсипаються з камери через витяжні отвори в борів.

Технічна характеристика печі з викотним подом

1. Продуктивність печи, кг/годину.....4000
 2. Розміри піддону, м.....2,5×4,9
 3. Температура нагріву металу.....1220
 4. Паливо.....Природний газ
- газ
5. Номінальна витрата газу, м³ за годину.....180
 6. Номінальна витрата повітря, м³ за годину.....2300

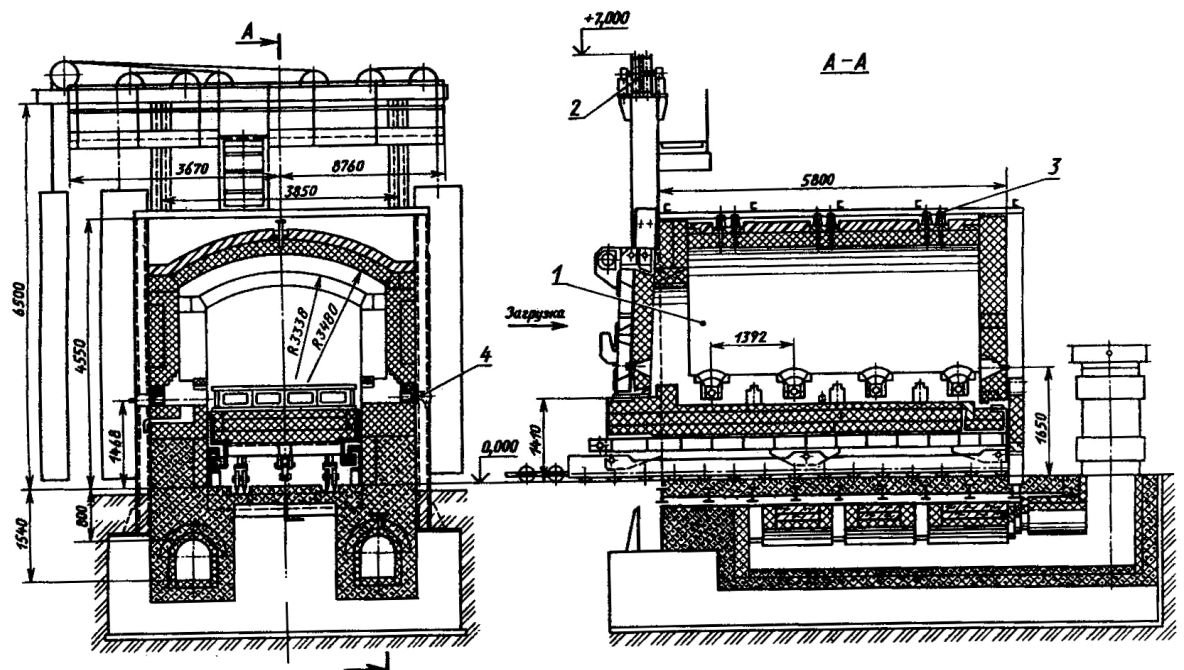


Рис. 1.10 – Піч з викотним подом

- 1 – камера; 2 – механізм підйому двері; 3 – прилади теплового контролю;
4 – газовий пальник; двері

1.11.2 Розрахунок кількості устаткування

Розрахунок кількості устаткування проводиться по формулі:

$$P_o = \frac{A \cdot K}{\Phi_o \cdot \Pi},$$

де P_o - кількість одиниць устаткування, шт;

A - кількість відливків, що піддаються обробці на даному устаткуванні;

D_o - коефіцієнт нерівномірності роботи устаткування;

Φ_o - дійсний річний фонд часу роботи устаткування, ч;

Π - продуктивність устаткування т / ч.

Результати розрахунків по всіх видах устаткування зведені в таблиці 1.24.

Таблиця 1.24 – Завантаження відділення фінішних операцій і розрахункова відомість устаткування

Назва операції	Кількість відливок		Обладнання				Коеф. завантаження
	тн	шт	Назва і модель	По година продуктивність	Розрахунок	Прийнято	
Вибивка відливок:							
І п.	615	329945	На відцентровій машині модель 552-2				
ІІ п.	6108	479308	На автоматичній формованій лінії Споматик				
ІІІ п.	5492	162374	На автоматичній формованій лінії ІЛ225М				
Очищення і вибивка відливок			Барабан дробе-метний очисний	2,5 т/год	0,7	2	0,7
ІІ п.	6108	479308	42213М				
ІІІ п.	5492	162374					
Відрізання літнікової системи і прибілей			Абразивно відрізні станки модель			4	
ІІ п.	6000	470833	82Л60				
ІІІ п.	5400	159660					

Продовження таблиці 1.24

Виправлення дефектів відливок	619	26989	Ділянка виправлення дефектів з багатопостовим зварним автоматом				
Термообробка виливок із сталі	11400	630493	Піч з викочуваним піддоном	4т/год	0,86	1	0,86

1.12 Розрахунок площі цеху

У загальну площу цеху включено:

- ділянки технологічного устаткування;
- ділянки допоміжного і супутнього устаткування;
- складські приміщення.

При розрахунку площ відділень і ділянок цеху враховуємо наступні дані:

- габаритні розміри устаткування;
- планування робочих місць;
- розміщення вантажопідйомних засобів;
- норми проходів і проїздів.

До загальної розрахункової площі додаємо ділянки, що не обслуговуються вантажопідйомними засобами: по 1 м уздовж кожного ряду колон і по 3 м від торців прольоту.

Найбільшу площу займають склади шихтових і формувальних матеріалів, розміщені в одному прольоті. Площу для зберігання шихтових і формувальних матеріалів визначаємо по формулі:

$$S = \frac{M \cdot t}{D_p \cdot \rho \cdot H},$$

де М - річна потреба в даному матеріалі, т;

t - тривалість зберігання на складі, дні;

D_p - число робочих днів в році;

з - об'ємна маса матеріалу, т / м³;

H - допустима висота зберігання, м

Розрахункові данні зведені в таблицю 1.25. В результаті розрахунків площа шихтового відділення складає 451 м².

Таблиця 1.25 – Зведенні данні шихтових матеріалів

Матеріал	Річна потреба, т	Об'єм маса, т/м ³	Запас на складі		Місце зберігання	Висота зберігання	Площа для зберігання, м ³
			діб	т			
Лом сталевий	11088	1,6	20	607,6	засіка	3	130,6
Повернення	2626	2,1	5	36	площадка	1,5	15
Чавун передільний	366	3,5	20	20	бадя	3	5,9
Феромарганець	58	1,7	15	2,4	засіка	2	4,7
Ферросиліцій	21	1,7	15	0,9	засіка	2	4,3
Плавиловий шпат	121,4	1,5	15	5	бункер	2	5,7
Залізорудні окатиші	335	1,5	15	138	бункер	2	8,6
Флюсовий вапняк марки С-1	335	1,5	15	138	бункер	2	8
Цегла магнезитова	240,8	1,8	20	13,2	площадка	2	7,7
Матеріал	Річна потреба, т	Об'єм маса, т/м ³	Запас на складі		Місце зберігання	Висота зберігання	Площа для зберігання, м ³
			діб	т			
Цегла хромомагнезитова	250	1,8	20	13,7	площадка	2	7,8
Глина вогнетривка	134	1,8	20	7,3	площадка	1,5	6,7
Шамот молотий	53,4	1,5	20	3	бункер	2	5
Порошок магнезитовий	267	1,6	20	14,6	бункер	2	8,6
Вогнетривкі матеріали	312,6	1,6	20	17,1	площадка	1,5	11
Електроди графітові	95	0,7	20	5,2	площадка	0,5	18,7
Пісок	11049	1,6	30	908	засіка	10	60,7
Бентонітова суспензія	2927	1,7	30	240	площадка	1,5	98

Продовження таблиці 1.25

Крохмалит	73,3	Зберігаються на ділянці виготовлення суміші					
БФ-1	63,3						
БСК	29						
БСКМ	48						
СФ-3042	63,3						
Для шихти мідного лиття	2133	-	15	142	площадка	1,5	44
Всього							451

Загальна площа цеху складає – 9 108 м² (ширина – 66, довжина – 138).

2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Аналіз замовлення

При аналізі замовлення беремо до уваги призначення відливання, розмір серії, групу складності відповідно до прејскуранта 25 - 01 - 91 і таке інше.

Визначаємо групу складності відливання “Каронка” масою 16 кг, що виготовляється із сталі 35Л-I:

Таблиця 2.1 Класифікаційних ознак груп складності

Ознаки	Група складності					
1. Конфігурація литих поверхонь відливання						
2. Маса						
3. Максимальний габаритний розмір, мм						
4. Товщина основних стінок виливки, мм						
5. Характеристика виступів, ребер, поглиблень, литих отворів, порожнин (висота, глибина – h - мм; кількість – N – шт.)						
6. Кількість стрижнів на одну виливку, шт						
7. Характер механічної обробки литої деталі і наявність вимог по шорсткості оброблених поверхонь по ГОСТ 2789 - 73						
8. Відповідальність призначення						
9. Особливі технічні вимоги						

Таким чином, виливка “Каронка” відноситься до 2-ї групи складності.

Дана виливка загального призначення (що виготовляється із сталі марки 35Л - І), при цьому вона не розраховується на міцність.

Оскільки маса виливки 16 кг, то вона відноситься до І - й (дрібні) групі складності. При цьому річний випуск виливок одного найменування при серійному виробництві повинен складати 3000 - 35000 шт.

При аналізі замовлення враховуємо спосіб лиття - в піщані форми, завдяки якому можна отримувати виливку будь-якої конфігурації, маси і розмірів. Технічні можливості даного способу лиття:

- максимальна маса виливки - 250000 кг;
- максимальний розмір - 2000 кг;
- мінімальна товщина стінки - 3 мм;
- мінімальний діаметр отвору, що виконується стрижнем, - 8 мм;
- ливарний ухил - 0,5 - 3 градуси;
- максимальний радіус скруглення стінок, що сполучаються, - 5 мм;
- клас точності - 5 - 7;
- клас шорсткості - 1 - 4;
- припуск на обробку - 2 - 14 мм.

2.2 Аналіз технологічності конструкції литої деталі і вибір способу виготовлення відливання

Технологічна конструкція характеризується простою компоновкою, досконалістю форм.

Технологічна конструкція виробу або складових її елементів (деталей, вузлів, механізмів) забезпечує задані експлуатаційні властивості продукції і дозволяє при даній серійності виготовляти її з найменшими витратами. Враховуючи чинники технологічності - компактність, раціональна форма і необхідні розміри виливки; специфічні умови ливарного виробництва; закономірності кристалізації металу і охолодження виливки; економічність

процесу виготовлення - робимо висновок, що вилівка “Каронка” технологічна. У серійному виробництві вилівку виготовляємо литтям в піщані сирі форми, що сприяє значному скороченню циклу виготовлення виливок і зниженню її собівартості.

2.3 Визначення положення вилівки у формі при заливці

Враховуючи конструкцію вилівки “Каронка” розташовуємо її в нижній півформі. При визначенні положення вилівки у формі керуємося наступними правилами:

- ливникова система вибрана з урахуванням найкоротшого шляху проходження металу у форму;
- обране положення забезпечує надійне кріплення стрижнів і дає можливість перевірки розмірів порожнини форми при збірці;
- модель вільно витягується з форми;
- при формуванні передбачені заходи для досягнення мінімальної висоти форми;
- тонкі стінки вилівки розташовані в нижній півформі для попередження недоливів.

На металоємність форми впливають правильний вибір і раціональне розміщення елементів живлення вилівки. Важливим є визначення оптимального числа виливок у формі. Для підвищення металоємності форми розміщуємо в ній 10 виливок “Каронка”.

Вибір поверхні роз'єму форми підпорядкований вибору положення форми при заливці. При визначенні поверхні роз'єму форми керуємося наступними положеннями:

- формування проводиться в парних опоках, тому зроблені заходи, щоб загальна висота форми була мінімальною;
- модель вільно витягується з форми;
- форма і модель мають одну поверхню роз'єму, горизонтальну, зручну для виготовлення і збірки форми;

- всю виливку розташовуємо в одній нижній півформі, при цьому уникаємо перекосу.

Формування здійснюється по нероз'ємній моделі.

2.4 Визначення ділянок поверхні виливки, що виконуються стрижнями

При визначенні ділянок поверхні виливки, що виконуються стрижнями, керуємося наступними правилами:

- забезпечуємо мінімальні витрати на виготовлення стрижньових ящиків;
- забезпечуємо зручну установку стрижнів у форму і контроль всіх розмірів порожнин в ній;
- враховуємо конфігурацію і габаритні розміри відливання, що визначають витрату сумішей на виготовлення стрижнів;
- опорні поверхні стрижнів повинні бути достатніми, щоб виключити деформацію стрижня під дією сили тяжіння.

Точність фіксації стрижня у формі забезпечується конфігурацією і розмірами його знакових частин, які відповідають ГОСТу 3606-88 з урахуванням розмірів стрижня, способу формування і його положення у формі.

Виливка “Каронка” має внутрішню порожнину завглибшки 149 мм, виконувану вертикальним клиновидним стрижнем №1.

При вертикальному розташуванні стрижня він фіксується нижнім і верхнім знаками. Висота нижніх знаків стрижнів круглого перетину призначається залежно від його довжини і діаметру.

В даному випадку стрижень №1 кріпиться за допомогою спеціальних передбачених в його конструкції бортів заввишки 40 мм, завдовжки 140 мм і шириною 11 мм.

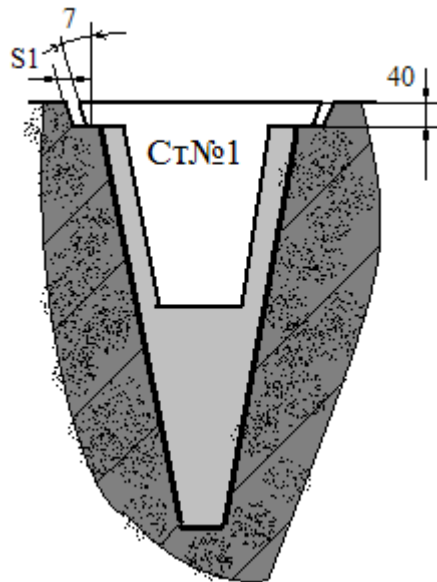


Рис 2.1 – Положення вертикального стрижня №1 у формі

$S1 = 1,0 \text{ мм}; \alpha = 70.$

Формувальний ухил α на борту призначені відповідно до ГОСТу 3606 - 88 залежно від висоти знаку і його розташування і формі (низ або верх щодо роз'єму).

Зазор між знаковими поверхнями форм і стрижня призначений відповідно до ГОСТу 3606-88 залежно від висоти знаку і типу модельного комплекту.

2.5 Вибір матеріалу для виготовлення модельного комплекту

Матеріалом, який застосовується для виготовлення модельної оснастки служить дерево, фанероване листовим залізом для більшої стійкості, яке витримує до 100 знімань при машинному формуванні.

Все більше застосування знаходять пластмасові моделі. Проте застосування пластмаси для виготовлення моделі недоцільно із-за дорогої вартості (потрібний виготовлення прес-форми).

Бронза, латунь і Pb - Sb - сплави застосовують для дрібних моделей, тому застосування їх в даному випадку неможливо.

Алюмінієві сплави доцільно застосовувати, якщо річний випуск складає 888 виливок.

Для виготовлення модельного оснащення можна було б застосувати чавун або сталь, проте враховуючи, що у формі буде розташовано 10 виливок, може бути вірогідним нездатність крана підняти форму в зборі з модельним комплектом.

Тому дерево є самим відповідним матеріалом для виготовлення модельного оснащення.

2.6 Конструкції і розміри модельного комплекту

Для визначення конструктивних розмірів модельного комплекту необхідно встановити припуски на механічну обробку, припуски на усадку і формувальні ухили.

Точність виливки 10 - 0 - 0 - 12 ГОСТ 26645 - 85. Враховуючи той факт, що поверхня відливання “Каронка” не піддається механічній обробці, тільки 2 отвори діаметром 32 мм виконуються свердленням, тому припуски на механічну обробку не встановлюємо.

Оскільки відливання має клиновидну форму і вільно витягується з форми, то формувальні ухили не призначаємо.

2.7 Забарвлення і маркування модельного комплекту

Модель виливки “Каронка” забарвлюємо в сірий колір, оскільки вона виготовляється із сталі.

Маркування виконуємо на бічних зовнішніх поверхнях стрижньових ящиків і на поверхні моделі, відповідній необроблюваній поверхні виливки.

Для моделі

КУ – 002

К1 – Я1

Для стрижневих ящиків

КУ – 002

К1 – Я1 – Ст.1

2.8 Визначення розмірів і конструкції опок

При виборі розмірів опок враховуємо, що використання надмірно великих опок спричиняє за собою збільшення витрат праці на ущільнення формувальної суміші, недоцільну витрату суміші, а використання маленьких опок може викликати брак виливок в наслідку продавлювання металом низу форми, відходу металу по роз'єму і тому подібне

Основні розміри опок для автоматичних ліній виготовлення піщаних форм регламентовані ГОСТом 12929 - 67.

Мінімально допустима товщина шару формувальної суміші:

- від низу моделі до низу опоки - 70 мм;
- від моделі до стінки опоки - 40 мм;
- між моделями - 50 мм;
- між моделлю і шлакоуловітелем - 30 мм.

Отримані дані дозволяють визначити мінімальні розміри опок, які остаточно уточнюємо по ГОСТ 2133 - 75.

Приймаємо розміри опок: $L = 940$ мм, $B = 420$ мм, для верхньої півформи $H = 80$ мм., для нижньої $H = 370$ мм.

2.9 Проектування і розрахунок системи ливника

Ливникова система — система каналів і пристроїв для підведення в певному режимі рідкого металу в порожнину ливарної форми, відділення неметалічних включення і забезпечення живлення відливання при твердінні.

Ливникова система включає:

- стояк;
- шлакоуловлювач;
- живильники;
- випора;
- ливникову чашу;

- ХОЛОДИЛЬНИКИ.

Ливникову систему розміщуємо по роз'єму ливарної форми.

Правильна конструкція ливникової системи забезпечує безперервну подачу розплаву у форму по найкоротшому шляху; спокійне і плавне її заповнення, уловлювання шлаку і інших неметалевих включення; створення направленої твердіння виливки; мінімальна витрата металу на ливникову систему; не викликає місцевих руйнувань форми в наслідку великої швидкості і неправильного потоку металу.

Вибираємо горизонтальну ливникову систему - живильники розташовані в горизонтальній площині роз'єму ливарної форми. Після вибору типу системи літника і місця підведення металу до виливки, розраховуємо площі поперечних перетинів і визначаємо розміри елементів ливникової системи.

Час заливки визначаємо по формулі:

$$\tau = \sqrt{1,24G}$$

де G - загальна маса виливки, ливників і прибутків, кг

$$\tau = \sqrt{1,24 \cdot 225,6} = 16,73$$

Площу перетину живильників F_{Π} визначають залежно від способу заливки металу у форму. При заливці із стопорного ковша F_{Π} визначуваний по формулі:

$$\sum F_i = G/k_y \tau L, \text{ см}^2$$

де G - маса металу у формі (з урахуванням ливникової системи), г;

k_y - питома швидкість заливки, залежить від об'ємного коефіцієнта k_v ,

L - поправочний коефіцієнт на рідкотекучість (для даної марки сталі L=1).

k_y при $k_v = 4$ рівний 0,7.

$$k_v = G / V_0,$$

$$k_v = 22,56 / 5,46 = 4,13.$$

k_y при $k_v = 4$ рівний 0,7.

$$\sum F_i = 225,6 / 20,279 = 11,12 \text{ см}^2.$$

$F_{\Pi} = 11,12 / 10 = 1,112 \text{ см}^2$ – оскільки у формі буде розміщено 10 живильників.

Площі поперечних перетинів шлакоуловлювач F_{Π} і стояка $F_{\text{ст}}$ визначаємо із співвідношення:

$$F_{\Pi} : F_{\Pi} : F_{\text{ст}} = 1,0 : 1,1 : 1,2$$

Таким чином $F_{\Pi} = 1,2 \text{ см}^2$, $F_{\text{ст}} = 1,4 \text{ см}^2$. Залежно від площі поперечного перетину визначаємо розміри шлакоуловлювача і живильника.

Розміри шлакоуловлювача (рис.2.2 а): приймаємо: $a = 14 \text{ мм}$, $b = 10 \text{ мм}$, $h = 14 \text{ мм}$.

Розміри живильників (рис.2.2 б): приймаємо $F_{\Pi} = 1,12 \text{ см}^2$; ; $a = 15 \text{ мм}$, $b = 12 \text{ мм}$, враховуючи положення стрижня у формі приймаємо висоту живильника 40 мм.

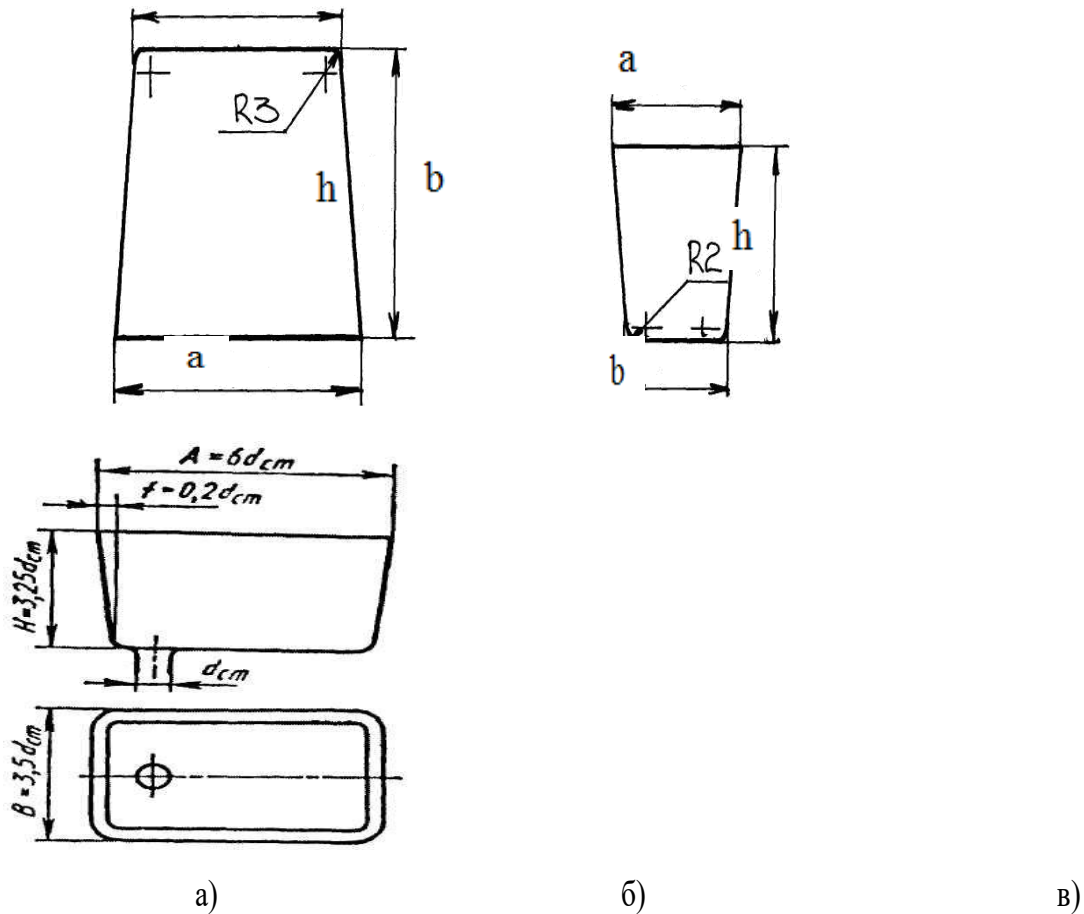


Рис. 2.2 – Елементів ливник - живлячої системи

а - шлакоуловлювач, б - живильник, в - ливникова чаша

Перетин випора в підставі приймаємо рівним 30 мм (у формі буде розташовано 4 випори).

Для забезпечення направленого, поступового твердіння передбачаємо установку холодильників збоку виливки по центральній осі у вигляді прутка завдовжки 120 мм і діаметром 10 мм.

Для заливки металу використовуємо чашу (рис 2.2 в) ливника, розміри якої вибираємо залежно від діаметру стояка і з урахуванням забезпечення нормальної заливки форми.

2.10 Вибір способу заливки форми

Для заливки сталі у форму застосовуємо стопорний ківш крана місткістю 1000 кг (ківш має один стопор).

2.11 Визначення температури розплаву при заливці у форму

Для забезпечення хорошої заповнюваності форми і отримання якісних виливок, витримуємо певну температуру розплаву, що заливається, яку вибираємо залежно від виду сплаву і характеру виливки.

Враховуючи вид сплаву - сталь 35 Л – І, а також характер виливки – дрібна, температура при випуску з печі складає 1550°C, а при заливці у форму - 1420°C.

2.12 Тривалість охолодження відливання у формі

Для забезпечення повного твердіння виливки “Каронка” у формі, виключення утворення деяких усадкових дефектів, отримання необхідної структури металу необхідно витримати чітко час охолодження виливки.

Тривалість витримки згідно з табличними даними приймаємо 1 година.

2.13 Визначення маси вантажу (виштовхуючої сили)

$$B = K \cdot [H \cdot (F_{отл} + F_{л.с}) \cdot \rho_m + V_{ст} \cdot (\rho_m + \rho_{ст}) - Q]$$

де - К - коефіцієнт, що враховує гідроудар при підході металу до верхньої півформи, К = 1,5;

Н - гідростатичний натиск, рівний висоті верхньої півформи (дм²);

F_{отл} – - площа перетину відливання в плані (дм²);

F_{л.с} - площа перетину системи літника (дм²);

V_{ст} – об'єм стрижня (дм³);

ρ_m – щільність металу (г/ дм³);

$\rho_{ст}$ - щільність стрижня (г/ дм³);

Q - вага верхньої півформи (кг).

Вага верхньої півформи, без урахування ваги самої опоки, є вантажем. Проте приймаємо масу вантажу за практичними даними в 5 разів металомісткості виливок, що знаходяться у формі, що перевищує - 1128 кг.

3. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Підвищення якості виливок з кольорових сплавів

На сьогоднішній день успіх на ринку мають тільки якісні виливки. Технічні рішення, що дозволяють це здійснити, є актуальними і затребуваними для вітчизняного виробника лиття, особливо в умовах виробництва виливок з вторинних сплавів.

На якість виливок впливають два дуже важливих чинника - це якість сплаву, з якого безпосередньо виготовляють відливання, а також технологія виробництва.

3.2 Якість сплаву і різні технічні рішення, що впливають на якість виливки

I. Найбільш просте і ефективне рішення поліпшення якості виливок з кольорових сплавів - металургійна обробка розплаву в плавильній печі та позапечна обробка (рафінування).

Суть рафінуючої обробки - руйнування в розплаві оксидних плівок в результаті хімічної взаємодії флюсу і оксидів. Зменшення змісту металу в шлаку досягається за рахунок зміни поверхневого натягнення на межі розділу «розплав - оксид».

Досвід використання флюсів вітчизняними підприємствами дав можливість стверджувати, що:

- флюси знижують вміст неметалевих і оксидних включень в литому матеріалі відливань;
- шлак, що утворюється після обробки розплаву, не прилипає до стінок тигля і футерування печі і містить низьку кількість металу;
- усувається газонасиченість розплаву і гарантується отримання щільних відливань;
- використання флюсів приводить до економії металу. Наприклад, економія при плавці латуні складає в середньому - 20 кг/т, мельхіору - 30 кг/т, алюмінієвих сплавів - 30 кг/т.

Для мідних сплавів застосовують калій-вмісткий порошковий флюс.

II. Очищення розплаву фільтрацією з використанням сучасних пенокерамічних об'ємних фільтрів є також вельми ефективним, але складнішим рішенням.

З погляду ефективності очищення рідкого розплаву найбільш перспективним є поєднання хімічної обробки за допомогою флюсів з фільтрацією розплаву безпосередньо в роздаточних печах.

III. Правильний вибір ливарного сплаву і якісна металургійна обробка розплаву мають вирішальне значення при виготовленні якісних виробів з кольорових металів і сплавів. При цьому істотну роль грають тиглі, в яких метал плавиться і проходить технологічну обробку.

Матеріал тиглів (карбідокремнієві, графітошамотні), їх довговічність, роблять істотний вплив на собівартість продукції.

IV. При литті кольорових сплавів в кокіль, вибір кокільних фарб для регулювання процесу формування відливів робить вирішальний вплив на якість поверхні відливання, газоусадкові дефекти.

Використовуючи кокільні фарби можна регулювати тепловідвід при твердінні, а також поліпшити заповнення форми рідким металом. Це досягається за рахунок різної теплопровідності фарб, а також різної дисперсності наповнювача.

3.3 Технологія виробництва виливок з кольорових металів (бронз) і її вплив на якість виливок

При виробництві виливок з бронз литтям в піщані форми, є недоліки:

- велика шероховатість поверхні;
- пористість виливок;
- великі припуски на механічну обробку.

Тому найбільш раціонально і з технологічної точки зору для отримання якісного лиття з бронз доцільно використовувати відцентрове лиття.

Принцип відцентрового лиття полягає в тому, що заповнення форми розплавом і формування відливання відбуваються при обертанні форми навколо горизонтальної, вертикальної або похилої осі, або при її обертанні по складній траєкторії. Цим досягається додаткова дія на розплав і відливання поля відцентрових сил, що твердіє. Процес реалізується на спеціальних відцентрових машинах і столах.

Частіше використовують два варіанти способу, в яких розплав заливається у форму з горизонтальною або вертикальною віссю обертання. У першому варіанті отримують виливки – тіла обертання малої і великої протяжності, в другому - тіла обертання малої протяжності і фасонні виливки.

Найбільш поширений спосіб лиття порожнистих циліндрових відливань в металеві форми з горизонтальною віссю обертання. За цим способом (рис. 3.1) вилівка 4 формується в полі відцентрових сил з вільною циліндровою поверхнею, а формоутворювальною поверхнею служить внутрішня поверхня виливниці. Розплав з ковша 3 заливають у форму, що обертається, 5 через заливальний жолоб 2. Розплав 1 розтікається по внутрішній поверхні форми, утворюючи під дією поля відцентрових сил порожнистий циліндр. Після твердіння металу і зупинки форми вилівку 4 витягують. Даний спосіб характеризується найбільш високим технологічним виходом придатного (ТВП% 100%), оскільки відсутня витрата металу на ливникову систему.

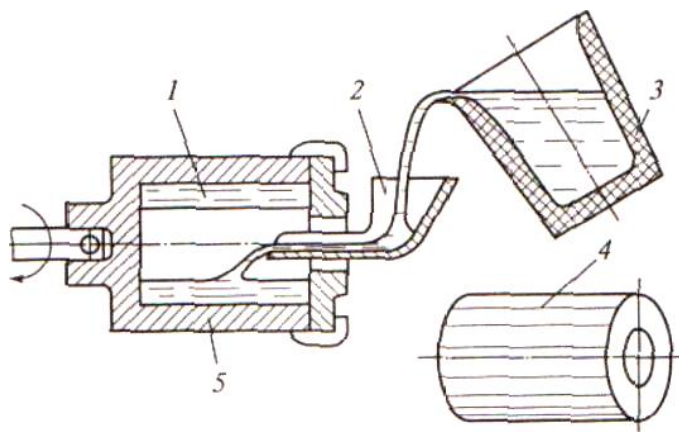


Рис. 3.1 – Схема отримання виливків при обертанні форми навколо горизонтальної осі:

1 - розплав; 2 - заливальний жолоб; 3 - ківш; 4 - вилівка; 5 – форма

При отриманні виливок з вільною параболічною поверхнею при обертанні форми навколо вертикальної осі (рис. 3.2) розплав з ковша 1 заливають у форму 2, закріплену на шпінделі 3, що приводиться в обертання електродвигуном 4. Розплав 5 під дією відцентрових і гравітаційних сил розподіляється по стінках форми 2 і твердне, після чого обертання форми припиняють і витягують з неї затверділу виливку 6.

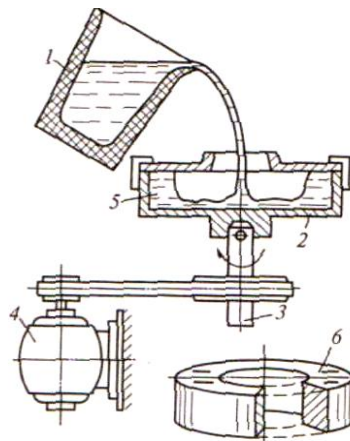


Рис. 3.2 – Схема отримання виливок при обертанні форми навколо вертикальній осі:

1- ковш; 2- форма; 3-шпіндель; 4- електродвигун; 5- розплав;
6- виливка

Вільна поверхня виливки при вертикальній вісі обертання співпадає з віссю обертання, внаслідок цього відливання виходять різностопами в осьовому напрямі, що вимушує призначати підвищені припуськи на обробку різанням високих відливань. Тому обертанням навколо вертикальної осі переважно виготовляють відливання невеликої протяжності в осьовому напрямі (кільця, вінці, короткі втулки).

На розплав діє також сила тяжіння, тому на шляху до нижньої точки траєкторії його частинки рухаються прискорено, а до верхньої - сповільнено,

таким чином виникає пульсація розплаву. Унаслідок нерозривності потоку шар розплаву в нижній частині форми повинен бути тонше, ніж у верхній.

Ексцентриситет, обумовлений пульсацією розплаву у формі, тим менше, чим більше кутова швидкість її обертання і чим більше в'язкість розплаву. У міру того як фронт твердіння просувається від стінок виливниці в глиб розплаву, ексцентриситет зменшується, досягаючи нуля до моменту твердіння вільної поверхні. Вільна поверхня виходить циліндровою, і готова відливка не має різностінності ні в радіальному, ні в осьовому напрямі.

Виливки з внутрішньою поверхнею складної конфігурації отримують з використанням стрижнів (рис. 3.3, *а*) у формах з вертикальною віссю обертання. Так відливають вінці зубчатих коліс. Розплав з ковша через заливальний отвір і стояк 1 поступає в центральну порожнину 2 форми, виконану стрижнями 3 і 4, а потім через щілинні живильники (під дією відцентрових сил) - в робочу порожнину форми. Технологічний вихід придатного тут менше, ніж в попередньому способі. Надлишок металу 5 (прибуток понад масу відливання) в центральній порожнині 2 форми живить виливку при твердінні.

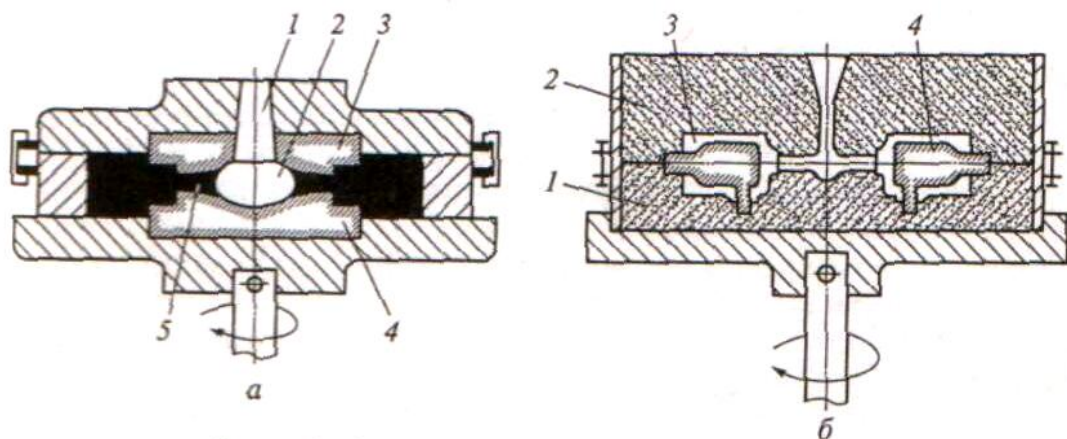


Рис. 3.3 – Схема отримання фасонних виливок:

- а - вінець шестерень: 1 - стояк; 2 - центральна порожнина форми;
3 і 4 - стрижні; 5 - прибуток; б - дрібні фасонні виливки: 1 - нижня півформа; 2 - верхня півформа; 3 - робоча порожнина форми; 4 - стрижень

Дрібні фасонні виливки виготовляють по варіанту, в якому застосовують, наприклад, піщану форму (рис. 3.3, б). Частини форми 1 і 2 встановлюють на відцентровий стіл і закріплюють на ньому. При необхідності використовують стрижні 4. Робочі порожнини 3 повинні розташовуватися симетрично щодо осі обертання для забезпечення балансування форми. Розплав заливають через центральний стояк, з якого по радіальних каналах він потрапляє в порожнину форми. Технологічний вихід придатного при такому способі лиття наближається до виходу придатного при литті в піщані форми. При відцентровому литті можна використовувати піщані, металеві, оболонкові і об'ємні керамічні, а також комбіновані форми.

Тепловий режим виливниць, застосування захисних покриттів. Виливниці для відцентрового лиття так само, як і кокілі, перед заливкою розплаву підігрівають, на їх робочу поверхню наносять шар вогнетривкого покриття, призначений для регулювання швидкості охолодження виливки і захисту виливниці від дії розплаву. При необхідності форми охолоджують повітрям або водою. Крім того, при відцентровому литті широко використовують сипкі матеріали для покриття поверхні форм. Покриття наносять на поверхню форми, що обертається, за допомогою жолоба або совка так, щоб воно рівномірно розподілилося по поверхні форми. У одиничному виробництві операцію нанесення покриття виконують уручну, а в серійному або масовому - за допомогою спеціальних механізмів або автоматичних пристроїв. На поверхні форми частинки покриття міцно утримуються під дією відцентрових сил.

Склад сипких покриттів залежить від їх призначення. Розрізняють покриття теплоізоляційні, призначені для регулювання швидкості охолодження виливки і захисту виливниці від розплаву (дрібний кварцовий пісок, пілоподібний кварц), і хімічно активні, такі, що взаємодіють з розплавом (феросиліцій, графіть, алюмінієвий порошок і так далі), змінюють властивості поверхневого шару виливки. Проте використання сипких покриттів неможливе для виливниць з фасонною поверхнею, а також при литті на машинах з

вертикальною віссю обертання. Тому до складу покриття вводять невелику кількість пов'язуючих, наприклад, пульверба-келіта Пк104.

Матеріали для металевих форм. Стінки виливниці в процесі роботи піддаються циклічній дії механічних і термічних навантажень. У таких умовах роботи виливниці в її стінці можуть виникати осередки втомного руйнування. Тому для виготовлення виливниць часто використовують жароміцні сталі, леговані хромом, молібденом, наприклад 25Х2НМ, 34ХМ. Проте це доцільно тільки в умовах великосерійного і масового виробництва відливок, оскільки сталеві виливниці дорогі. Тому в дрібносерійному виробництві, особливо відливок невеликих розмірів з чавуну, використовують виливниці з сірих чавунів СЧ20, СЧ25.

Футеровані форми. У виробництві виливок, у яких зовнішня поверхня має виточки, буртики, поясочки, застосовують футеровані форми, наприклад, для гільз двигунів внутрішнього згорання. В цьому випадку металеву форму футерують зсередини піщано-глинистою або піщано-смоляною сумішшю. Футерування наносять на поверхню форми формуванням по моделі або накаткою роликком.

Для нанесення футерування формуванням по моделі виливницю знімають з машини, знімають з неї передню і задню кришки, витягують відливку і очищають її поверхню від залишків суміші. Процес нанесення футерування по роз'ємній або нероз'ємній моделі аналогічний тому, який використовується, наприклад, для виготовлення сирих піщано-глинистих форм. Після витягання моделі на виливницю встановлюють кришки і готову до заливки форму кріплять на машині. Після заливки виливниці і охолодження відливки до температури вибівки процес повторюється. Такий технологічний процес використовується для виготовлення гільз з двома зовнішніми поясочками для крупних дизелів.

При нанесенні футерування накаткою роликком виливницю 1 (рис. 3.4, а) закривають кришками 2 і приводять в обертання на відцентровій машині. У виливницю, що обертається, насипають дозу формувальної суміші 3, яка притискається відцентровими силами до стінок виливниці і під їх дією декілька

ущільнюється. Шаблоном 5, встановленим на опорах 4, суміш розподіляють і профілюють по контуру зовнішньої поверхні виливки. Потім шаблон видаляють і на його місце встановлюють ролик 6 (рис. 3.4, б), закріплений в опорах 7. Ролик 6 з опорами 7 переміщують в радіальному напрямі і остаточно профілюють і ущільнюють форму. Після зупинки машини ролик витягують з форми, замінюють кришки 2 іншими, з отворами менших розмірів, закріплюють кришки на формі і далі форму заливають. Аналогічно футерують форми і на машинах шпинделів, закріплюючи накатний ролик консольно на спеціальній опорі. При використанні піщано-смоляних сумішей після їх нанесення футерування для полімеризації нагрівають електронагрівачем, що вводиться всередину форми.

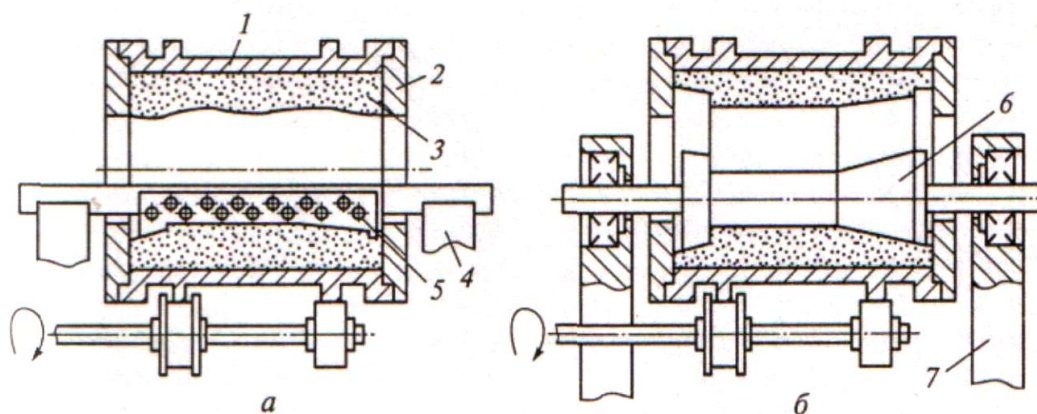


Рис. 3.4 – Футерування форм:

а - за допомогою шаблону; б - накаткою роликом; 1 - виливниця; 2 - кришка; 3 - формувальна суміш; 4 - опора шаблону; 5 - шаблон; 6 - ролик; 7 - опора ролика

Неметалеві форми. Піщані форми найчастіше застосовують для виготовлення фасонних виливок з бронзи і сталей. Як формувальні суміші застосовують піщано-глинисті і швидкотвердіючі суміші з пов'язуючим (6,5...7,5% рідкого скла). Наприклад, корпуси бурових шарошек, вінці черв'ячних коліс відливають у виливницях (рис. 3.5) з горизонтальною віссю

обертання, для чого в її порожнину встановлюють піщані стрижні відповідної конфігурації.

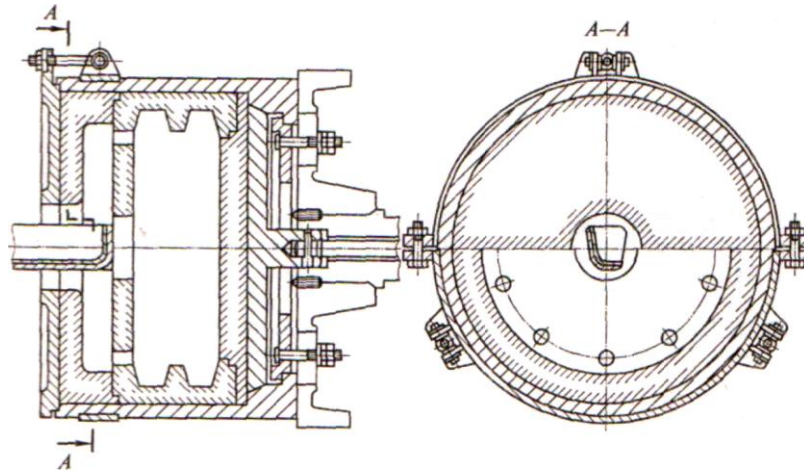


Рис. 3.5 – Форма для відцентрового відливання, зібрана із стрижнів

Об'ємні керамічні і оболонкові форми по моделях, що виплавляються, для відцентрової заливки використовують при литті жароміцних сплавів, титану і сплавів на його основі. Ці сплави легко окислюються на повітрі, до того ж вони володіють поганими ливарними властивостями (низькою рідкотекучістю, великою усадкою). Оболонкову форму 1 (рис. 3.6) виготовляють по моделях, що виплавляються, формують в контейнері 2 сипким або міцним опорним матеріалом 3, встановлюють на відцентровий стіл 4 і заливають розплавом. Заливку проводять зазвичай у вакуумній плавильно-заливальній установці.

Дозування розплаву. Точність маси і товщини стінок відливань з вільною поверхнею при відцентровому литті в істотному ступені залежать від точності дозування. При роботі з нерухомим заливальним пристроєм розплав дозують за об'ємом, масі, переливу надлишку металу і вимірюванням положення рівня вільної поверхні.

Дозування за об'ємом проводиться мірними ковшами, футерованими за шаблоном. Необхідний рівень розплаву в ковші визначається уступом у футеруванні. Цей спосіб не відрізняється точністю, оскільки футерування

ковша руйнується, на поверхні розплаву може знаходитися шлак і важко точно встановити рівень розплаву в ковші.

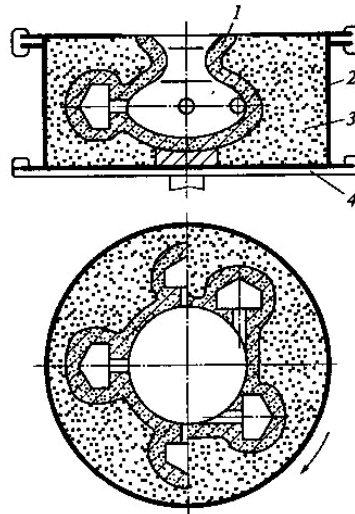


Рис 3.6 – Оболочковая керамична форма для відцентрової заливки:

1 - оболонкова форма; 2 - контейнер; 3- опорний матеріал; 4- відцентровий стіл

Дозування по масі здійснюють за допомогою вагів різної конструкції, до яких підвішений ківш. Хорошою точністю володіють крани тензовеси. У них маса розплаву реєструється преобразователями-тензоопору, наклеєними на пружний валик, що скручується або розтягується. Сигнал від перетворювача подається на реєструючий прилад, який фіксує зміну маси ковша, починаючи з моменту заповнення його розплавом. Погрішність зважування розплаву на тензобагах складає 0,1... 1 %.

Дозування по переливу надлишку розплаву здійснюється так, як це показано на рис. 3. 7, а, б. Між формою і кришкою 3 встановлюють шайбу 2, діаметр отвору якої рівний внутрішньому діаметру відливки. Надлишок розплаву виливається через отвір в цій шайбі в порожнину 4 (рис. 3.7, а) або через калібрувальний отвір б у футеруванні форми в порожнину форми 5 (рис. 3.7, б).

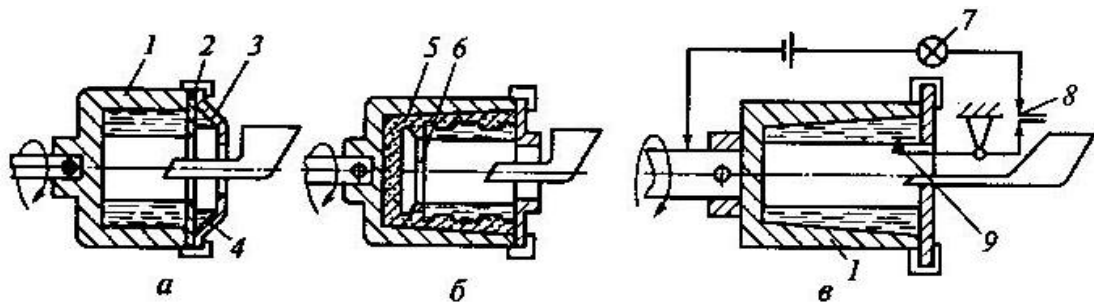


Рис. 3.7 – Способи дозування розплаву:

а, б - варіанти дозування по переливу надлишків розплаву;

в - дозування по положенню рівня вільної поверхні; 1 - форма; 2 - шайба; 3 - кришка; 4, 5 - порожнина для зливу надлишку розплаву; б - отвір, що калібрується; 7- сигнальна лампа; 8 - контакт; 9 – поплавець

Дозування вимірюванням положення рівня вільної поверхні розплаву у формі здійснюється за допомогою спеціального пристрою (рис 3.7, в). У форму 1 вводиться поплавець 9 і встановлюється на потрібний розмір по товщині стінки відливки. При заливці рівень розплаву досягає поплавця і переміщає його, контакт 8 замикається (спалахує лампа 7), що є сигналом на припинення заливки.

З розглянутих способів найбільшою точністю володіє спосіб дозування по масі.

Особливості формування виливки. Головна особливість процесу формування виливок при відцентровому способі лиття полягає в тому, що заповнення форми і твердіння виливок відбуваються в полі дії відцентрових сил, що у багато разів перевершують силу тяжіння.

Розглянемо сили, що діють в розплаві, що обертається. Дія поля відцентрових сил, що доводиться на одиницю об'єму розплаву, що обертається, може бути виражене залежністю:

$$\rho_u = \rho \omega^2 r / g ,$$

де ρ – щільність розплаву;

ω – кутова швидкість обертання форми;

r - радіус обертання довільної точки розплаву;

g - прискорення вільного паління.

Особливості охолодження і твердіння виливок в полі відцентрових сил.

При виготовленні виливок з вільною поверхнею розплав охолоджується у виливниці нерівномірно за об'ємом. Частина теплоти відводиться від розплаву через стінку виливниці і її кришку, частина - конвекцією і випромінюванням з боку вільної поверхні. Значна кількість теплоти відводиться в повітряний простір від вільної поверхні відливки, значно. Повітря, що знаходиться в порожнині виливки, залучене в процес обертання, тобто знаходиться в постійному русі. Уздовж осі обертання на зміну нагрітому повітрю поступають порції холодного повітря. Інтенсивніша циркуляція повітря у разі обертання форми з розплавом навколо вертикальної осі унаслідок природного підйому гарячого повітря вгору.

Подібна нерівномірність охолодження, особливо товстостінних виливок, приводить до виникнення конвективних потоків в розплаві: охолоджений щільніший розплав переміщається від вільної поверхні всередину виливки, що твердіє, а гарячий і менш щільний - назовні. Таким чином конвективні потоки в розплаві циркулюють в радіальному напрямі (рис 3.8, *a*). В умовах відцентрового лиття це явище спостерігається навіть при невеликій відмінності температур і щільності, оскільки сили, що діють в цій системі, зростають пропорційно гравітаційному коефіцієнту k . Це сприяє направленому твердінню виливки в радіальному напрямі і тим більше, чим вище кутова швидкість обертання (на рис. 3.8 показано стрілкою).

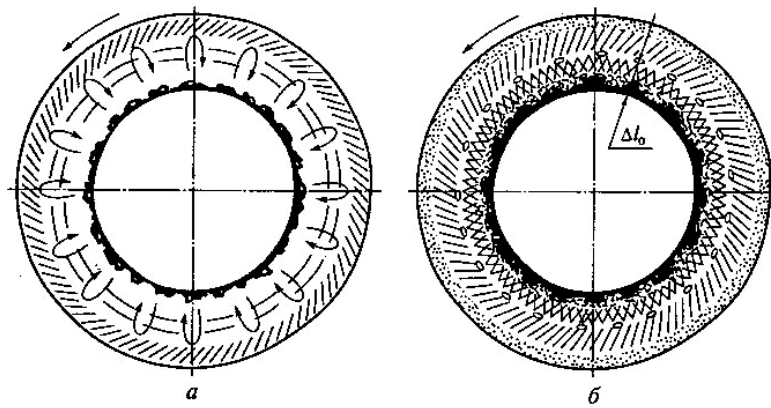


Рис. 3.8 – Схема виникнення конвективних потоків (показані фігурними стрілками) у твердіючому розплаві (а), що обертається, і схема кристалічної будови відливання (б):

l_0 - глибина розташування зони усадкової пористості; стрілкою показаний напрям обертання виливниці

При направленому твердінні від стінок виливниці фронт кристалів, що ростуть в радіальному напрямі, знаходиться під значним надмірним тиском розплаву, обумовленою дією поля відцентрових сил. Внаслідок цього кристали ростуть у напрямі розплаву (рис 3.8, б), що поступає, тому вони декілька нахилені убік по напрямку обертання. Тиск, що розвивається при обертанні розплаву, сприяє проникненню його в міжкристалітні простори, що покращує живлення виливки, що твердіє, підвищує її щільність. Вільна поверхня розплаву твердне в останню чергу і при горизонтальній осі його обертання форма вільної поверхні залишається геометрично правильною - циліндровою. Чужорідні частинки (гази, шлак і так далі), що мають щільність, меншу, ніж розплав, під дією відцентрової сили, обумовленою різницею щільності, інтенсивно спливають на вільну поверхню розплаву. Це приводить до необхідності призначати великі припуски на обробку вільних поверхонь відливань, що є недоліком методу.

Таким чином, при направленому твердінні можна отримати виливки з щільною будовою тіла, без усадкових дефектів і чужорідних включень. Проте відцентрові сили сприяють направленому твердінню тільки в тих випадках,

якщо кристали твердої фази, що виділяються на вільній поверхні, мають щільність більшу, ніж щільність решти розплаву. Для більшості ливарних сплавів ця умова дотримується. Виняток становлять два випадки: коли сплав твердне із збільшенням об'єму, наприклад сірий чавун, і коли рухомі кристали, що виділяються, збагачені компонентами сплаву, що мають меншу щільність, чим розплав, що залишається, наприклад при твердінні заевтектичних силумінів. У останньому випадку вміст кремнію в силумінах більше 11,7%, тобто первинні кристали збагачені кремнієм, щільність якого менше щільності алюмінію. Якщо ці легші кристали зародилися і вирости на вільній поверхні, то вони тут і залишаються, а якщо вони зародилися усередині переохолодженого розплаву, то за рахунок різниці щільності вони спливають. В результаті вилівка твердне від стінок виливниці і з боку вільної поверхні, тобто до кінця твердіння унаслідок нестачі питання усередині відливання, утворюються усадкові пори. В цьому випадку, чим швидше обертається форма, тим інтенсивніше виносяться кристали на вільну поверхню і тим на більшу глибину розповсюджується усадкова пористість.

Усадкова пористість під вільною поверхнею спостерігається також при виготовленні товстостінних виливок (рис 3.8, б). У тонкостінних виливках великої протяжності глибина Δl_0 розташування зони усадкової пористості менше. Це пояснюється співвідношенням швидкостей охолодження з боку зовнішньої і внутрішньої (вільної) поверхонь виливки. Чим менше швидкість охолодження внутрішньої поверхні і більше швидкість охолодження з боку зовнішньої поверхні виливки, тим менше глибина Δl_0 .

Швидкістю охолодження виливки можна керувати. Так, із зовнішнього боку це досягається шляхом зміни товщини або теплофізичних властивостей вогнетривкого покриття, зміною швидкості охолодження форми. З боку внутрішньої поверхні з цією метою можна використовувати сипкі вогнетривкі матеріали або екзотермічні суміші (для відливок із сталі така суміш може мати склад: 50% залізняку зернистістю 0,63; 26% алюмінієвого порошку; 24% кварцевого піску 1К3О2016).

При відцентровому способі виготовлення виливок ліквация (хімічна неоднорідність) найчастіше спостерігається в радіальному напрямі і рідше в осьовому. Ліквация відбувається при виготовленні виливок із сплавів, компоненти яких взаємно нерозчинні і не утворюють евтектик, хімічних сполук. До таких сплавів відноситься, наприклад, свинцева бронза. В деяких випадках при неправильних режимах лиття ліквация в цьому мідному сплаві розвивається настільки інтенсивно, що весь свинець виявляється на поверхні виливки, утвореною виливницею, а мідь і інші менш щільні компоненти - на вільній її поверхні.

Якщо сплав містить компоненти, взаємно розчинні при даному їх вмісті в сплаві, то ліквация виявляється лише в збагаченні шарів виливки, що примикають до вільної її поверхні, менш щільними компонентами сплаву і домішками.

Сплави, схильні до зворотної ліквациї, проявляють ці властивості і при відцентровому литті. Зворотна ліквация - збагачення периферійної частини виливки фазами з низькою щільністю. Таке явище спостерігається при литті сплавів міді з оловом, алюмінію з магнієм, в доевтектичних силумінах і ін. Зворотна ліквация виникає унаслідок просочення менш щільною фазою каналів між гілками дендритів. Це відбувається під дією відцентрового тиску в розплаві і унаслідок зменшення об'єму периферійної зони при усадці. Як правило, ліквация зростає із збільшенням швидкості обертання форми.

Отримання виливки з геометрично правильною вільною поверхнею можливо лише при певній кутовій швидкості обертання (що визначає гравітаційний коефіцієнт). При недостатній швидкості обертання вільна поверхня виливки спотворюється, підвищується її шорсткість, розплав погано очищається від неметалевих включень, тоді як завищена швидкість може приводити до утворення у відливках тріщин, посилення механічного пригару і ліквационних процесів.

Таким чином, особливості формування виливки при відцентровому литті пов'язані як з великими перевагами, так і з недоліками. Перевагами цього способу лиття є:

- можливість поліпшення заповнюваної форм розплавом під дією тиску, що розвивається відцентровими силами;
- підвищення щільності виливок унаслідок зменшення усадкових пір, раковин, газових, шлакових і неметалічних включень;
- зменшення витрати металу і підвищення виходу придатного завдяки відсутності ливникової системи при виготовленні виливок типу труб, кілець, втулок або зменшенню маси літників при виготовленні фасонних відливок;
- виключення витрат на стрижні при виготовленні відливок типу втулок і труб.

Недоліками способу відцентрового лиття є:

- труднощі отримання виливок із сплавів, схильних до ліквідації; забруднення вільної поверхні відливок неметалічними включеннями і лікватами;
- неточність розмірів і необхідність підвищених припусків на обробку вільних поверхонь виливок, викликана скупченням неметалічних включень в матеріалі виливки поблизу цієї поверхні і відхиленнями точності дози розплаву, що заливається у форму.

Найвищі техніко-економічні показники відцентрового способу досягаються при отриманні порожнистих циліндрових відливків з різними розмірами і масою (завдовжки до декількох метрів і масою до декількох тонн): труб різного призначення з чавуну, сталі, кольорових і спеціальних сплавів, втулок і гільз для стаціонарних і транспортних дизелів; кілець підшипників кочення і ін. Великого поширення набуло відцентрове лиття для виготовлення біметалічних виробів, виробів із сплавів з низькою рідкотекучістю і високим поверхневим натягненням, при необхідності отримання тонкостінних відливків з складною геометрією і мікрорельєфом поверхні. До них відносяться, наприклад, турбінні диски з лопатками, відливання художнього і ювелірного призначення (сережки, кулони, персні і ін.).

Ефективність досягається при цьому унаслідок можливості отримання виливок без стрижнів, практично без відходів металу на ливники і прибутки, а

також завдяки отриманню високої якості поверхні виливок, що не мають дефектів усадкового і газового походження.

При дослідженні кінетики твердіння сплавів з різними інтервалами твердіння було встановлено, що час твердіння цих сплавів неоднаковий (рис. 3.9). Наприклад, заготовка з бронзи Бр010Ц2 (інтервал твердіння 150°C) повністю твердне через 21 хв, хоча її твердіння починається вже через 8,5 хв.

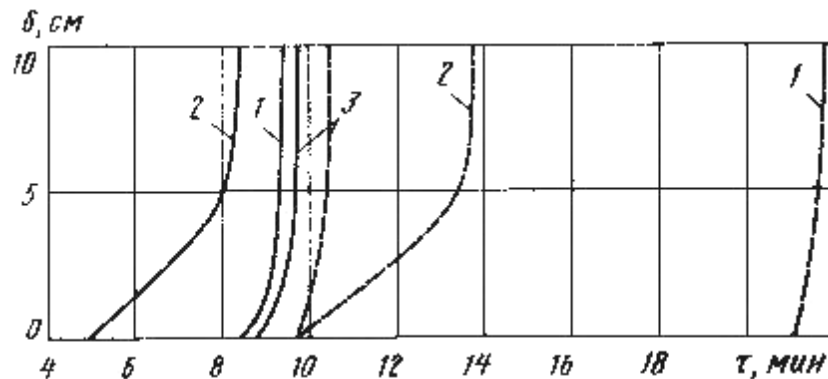


Рис. 3.9 – Порівняння кінетики твердіння виливок:

1 - з бронзи Бр010Ц2; 2 - із сталі 35Л; 3 - з бронза БрА7,5Ж2,5Н1,5Мц9
- і ----- тривалість ізотерм відповідно ліквідуса і солідуса

Таким чином, час знаходження відливання в двофазній зоні складає 12,5 хв, що обумовлює яскраво виражену зональну ліквідацію але товщині литої заготовки. Заготовка із сталі 35Л (інтервал твердіння 80 °С) повністю твердне за 13.5 хв, а початок твердіння настає через 5 хв, так що метал знаходиться в двофазному стані після заливки 8,5 хв. Бронза БрА7, 5Ж2, 5Н1, 5Мц9 має інтервал твердіння всього 10 °С, тому відливання з неї повністю твердне протягом 10,5 хв, а початок твердіння настає через 8,5 хв (тобто метал в двофазному стані знаходиться 2 хв).

Отже, найважче отримати якісні відливання відцентровим литтям при виготовленні їх із сплавів з широким інтервалом твердіння.

Технологія лиття з бронз. Для лиття втулок, кілець, вінців з мідних сплавів застосовують металеві і рідше піщані форми. Втулки невеликих і середніх розмірів з мідних сплавів відливають у форми, робоча поверхня яких

покрита ацетиленовою сажею або графітовою фарбою. Форму перед заливкою нагрівають до температури 80...400°C. Проте, наприклад, лиття виливок з мідних сплавів, схильних до ліквідації (високосвинцева бронза), щоб уникнути ліквідації ведуть при частоті обертання виливниці менш критичною - в режимі наморожування при інтенсивному охолодженні виливниці.

Для отримання якісних відливаних з мідних сплавів важливо витримувати певну температуру заливки (табл.3.1).

Табл. 3.1 – Температура, що рекомендується, для заливки у форму метала (температура підігріву форми 200÷250°C)

Матеріал відливки	T _{зал} , °C
Алюмінієва бронза БрА9Ж2,5Н1,5Мц9	1160-1170
Олов'яна бронза БрО6Ц4С2Н1	1100-1120

Невеликі втулки і кільця з кольорових сплавів виготовляють на багатопіндельних машинах з вертикальними осями обертання виливниць.

При виробництві товстостінних заготовок з олов'яної і свинцевої бронзи утруднено отримання однорідної структури по перетину відливки із-за підвищеної ліквідації олова і свинцю в процесі формування обливання після відцентрових сил. Для усунення ліквідації цих елементів доцільно використовувати флюс систем В₂О₃—NaF в суміші з мідним порошком в співвідношенні 1 : 1, який дозують на струмінь металу при заливці у форму з розрахунку 1,5-2% мас сплаву, що заливається.

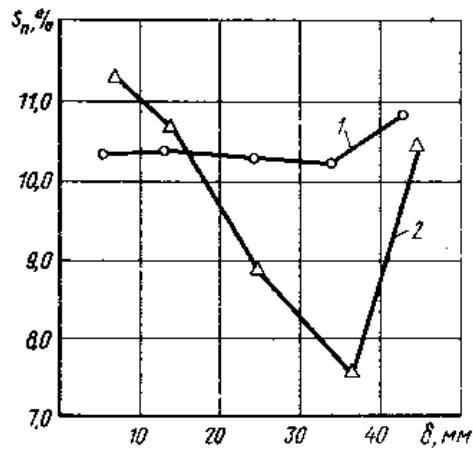


Рис. 3.10 – Розподіл олова по товщині виливки з бронзи БрО10Ц2:

1 - виливка отримана із застосуванням флюсу з мідним порошком; 2 - виливка отримана за звичайною технологією

На рис 3.10 приведений розподіл олова по товщині заготовок з бронзи БрО10Ц2, відлитих по звичайній і новій технологіях. При цьому практично повністю усунена ліквіація олова по товщині відливань при обробці металу флюсом з мідним порошком.

Для відливання втулок циліндрових гільз, маслот і інших виробів типу коротких тіл обертання використовують універсальні консольні відцентрові машини з горизонтальною і вертикальною осями обертання (рис 3.11 і 3.12).

При масовому виробництві виливок із застосуванням відцентрового лиття (наприклад, при отриманні гільз двигунів тракторів і комбайнів) машини розміщують на кільцевих конвеєрах при наступному розподілі технологічних операцій на позиціях:

- 1 - установка заливальної воронки, заливка металу у форму, що обертається, обертання форми з постійною частотою протягом часу, необхідного для твердіння виливок;
- 2 - гальмування форми, виштовхування відливання;
- 3 - додаткове охолодження форми;
- 4 - очищення і забарвлення форми.

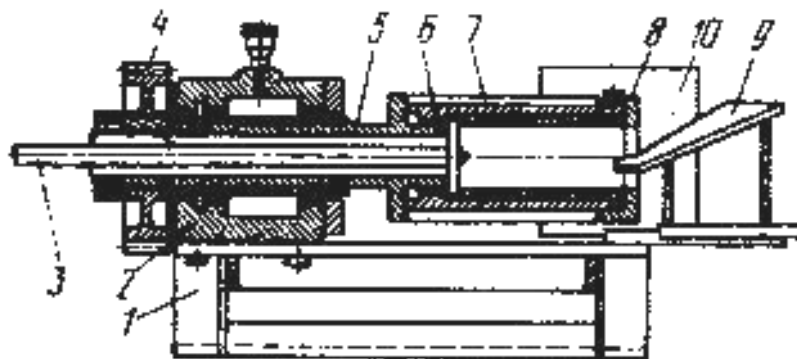


Рис. 3.11 – Консольна відцентрова машина з горизонтальною віссю обертання:

1 - рама; 2 - опора; 3 - шток; 4 - зубчате колесо; 5 - порожнистий шпіндель; 6 - виливниця; 7 - ребра виливниці; 8 - кришка; 9 - заливальна воронка; 10 - захисний кожух

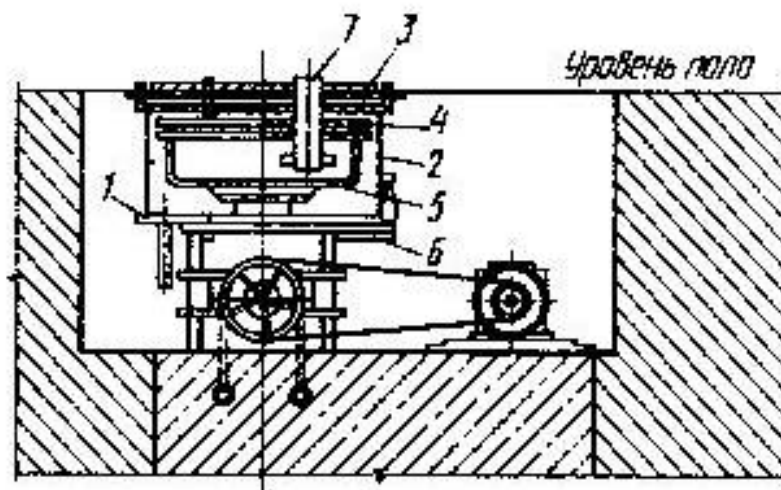


Рис. 3. 12 – Відцентрова машина з вертикальною віссю обертання:

1,2 і 3 - відповідно піддону, циліндр і кришка кожуха; 4 - кришка виливниці; 5 - виливниця; 6 - маточина; 7 - заливальна воронка

При масовому виробництві виливок із застосуванням відцентрового лиття (наприклад, при отриманні гільз двигунів тракторів і комбайнів) машини розміщують на кільцевих конвеєрах при наступному розподілі технологічних операцій на позиціях:

5 - установка заливальної воронки, заливка металу у форму, що обертається, обертання форми з постійною частотою протягом часу, необхідного для твердіння відливання;

6 - гальмування форми, виштовхування відливання;

7 - додаткове охолодження форми;

8 - очищення і забарвлення форми.

Серійно виготовляють консольні відцентрові машини 552-2 і 553-2 і ТУ 2-043-139-79 з горизонтальною віссю обертання (табл. 3.2).

Табл. 3.2 – Технічних характеристик консольних відцентрових машин з горизонтальною віссю обертання

Параметри	Модель машини	
	552-2	553-2
Продуктивність машини (при найменшому діаметрі і товщині стінки 15 мм), виливок за годину	4-14	3-9
Розміри відливних втулок, мм:		
зовнішній діаметр	80-200	200-320
найбільша довжина	320	500
Найбільша маса втулок, кг	50	140
Частота обертання металевої форми, мин ⁻¹	500-1250	500-900
Живляча мережа:		
струм	Змінний	Трифазний
напруга, В	380	й
частота, Гц	50	380
Електропривод машини:		50
струм	Постійний	
напруга, В	220	Постійний
Габаритні розміри(довжина×ширина× висота), мм	2500×1895×1400	220×2820×2015×1510
Маса машини з електроустаткуванням, кг	3200	3900

3.4 Проектування технологічного процесу

Положення осі обертання форми і відливання призначають з урахуванням конфігурації вільної поверхні розплаву в полі дії відцентрових сил, особливостей твердіння і живлення відливання в цих умовах.

Виливки, які відповідно до креслення повинні мати правильну циліндрову внутрішню поверхню, можуть бути отримані, незалежно від їх довжини, при горизонтальній осі обертання форми. При нахилі осі обертання під будь-яким кутом до горизонту вільна поверхня розплаву має конфігурацію параболоїда обертання, відливання набувають разностенность. Оскільки при нахилі 3...50 разностенность невелика, таке положення форми, що обертається, застосовують в машинах для виготовлення труб довжиною 3...8 м.

Кільця, бандажі можна отримувати у формах з горизонтальною і вертикальною осями обертання. При виборі положення осі обертання форм для таких виливок слід враховувати чинники, що впливають на якість виливки, а також зручність збірки-розбирання форми, видалення відливання.

Фасонні виливки, що виготовляються в піщаних (керамічних, оболонкових по моделях, що виплавляються, металевих) формах, отримують на машинах з вертикальною віссю обертання. При цьому зручніше вмонтовувати форму на столі машини (збирати і розбирати її, витягувати відливання).

4. ОРГАНІЗАЦІЙНА ЧАСТИНА

4.1 Організація і планування роботи ливарного цеху

Цех умовно розділений на основні виробничі відділення і допоміжні служби і ділянки.

До основних відносяться:

- 1) плавильне відділення;
- 2) формувальне відділення;
- 3) стрижньове відділення;
- 4) сумішоприготовче відділення;
- 5) відділення фінішних операцій.

До допоміжних відносяться: ремонтно-механічні і електроремонтні майстерні;

Управління цеху характеризується лінійно-функціональною організаційною структурою. Вона припускає з'єднання двох принципів організації системи управління: вертикальну підлеглість і функціональну диференціацію органів, що передбачає функціональний розподіл управлінської праці в підрозділах, тобто коли ливарні ланки управління покликані ухвалювати рішення і контролювати їх виконання, а функціональні - консультивати, інформувати, організовувати, планувати.

Цехом керує начальник цеху і його заступники по устаткуванню і технології виробництва, а виробничими підрозділами - майстри.

У цеху розроблені посадові і виробничо-технічні інструкції, карти умов праці розроблені на всі робочі місця. Час приходу, відходу з робочого місця, час на відпочинок обумовлений в «Трудовому розпорядку дня».

Прийом на роботу, переміщення і звільнення проводиться згідно Кодексу законів про працю. Надання основних, додаткових, учбових і інших видів відпусток проводиться відповідно до Закону «Про відпустки» і Колективним договором.

Планування роботи цеху проводить ПРБ.

4.2 Розрахунок штату тих, що працюють

При розрахунку чисельності виробничих робітників встановлюється обліковий штат згідно встановленому технологічному устаткуванню, який для переривчастого графіка роботи визначається по формулі:

$$R_{cn} = R_c + R_0 + R_y,$$

де R_c - добовий штат;

R_0 - підмінний штат на відпустки;

R_y - підмінний штат на невиходи з поважних причин.

Основою розрахунку облікового штату є змінний штат, тобто кількість робітників в зміну, необхідне для забезпечення нормального процесу виробництва.

Розміщувальний штат виробничих робітників визначається нормативом чисельності відповідно до робочих місць.

Добовий штат з підмінним штатом складає штатну кількість робітників, яка для переривчастого графіка роботи при паралельному режимі визначається по формулі:

$$R = r \cdot z,$$

де r - змінний штат;

z - число змін.

Підмінний штат на відпустки і невиходу з поважних причин встановлюється у відсотках до штатної кількості робітників при тривалості відпустки - 24 дні (КЗпП України і Закону «Про відпустки») - 12%.

Результати розрахунку чисельності робітників приведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Розрахунок чисельності робітників

Ділянка і професії	Кількість робочих змін	Добовий штат	Підмінний штат	Розміщувальний штат	Обліковий штат, чол							Всього
					Тарифні розряди							
					1	2	3	4	5	6	7	
Основні робочі												
Плавильне відділення												
Сталевар дугової печі	2	10	1	5				2	3	3	3	11
Розливник	2	8	1	4				3	4	2		9
Шихтовщик	2	4	1	2				5	3	1		9
Формувально-заливальне відділення												
Оператор лінії 1	2	4	1	2				1	2	2		5
Оператор лінії 2	2	4	1	2				1	2	2		5
Стрижньове відділення												
Оператор ЛП046	2	8	1	4			2	2	3	2		9
Оператор ЛП032	2	4	1	2				4	2	1		5
Сушильник	2	2	1	1				2	1			3
Сумішоприготовче відділення												
Землероб	2	6	1	3				4	2	1		7
Сушильник піску												
Відділення фінішних операцій												
Обрубувач	2	4	1	2				4	1			5
Різник	2	2		1				2	1			2
Електрозварник	2	2		1				2				2
Терміст	2	2	1	1				2	1			3
Разом основних робітників							4	34	2	13	3	78
Допоміжні робочі												
Машиніст крану	2	18	1	9			5	6	8			19
Вогнетривник	1	2		2					2			2
Стропальник	2	2	1	1					3			3
Контролер ОТК	2	4	1	2				2	2	1		5

Продовження таблиці 4.1

Прибиральник в ливарному цеху	1	1		1		1						1
Слюсар модельник	1	1		1					1			1
Комплектовщик моделей	2	4		2				2	2			4
Електромонтер	2	2		1					2			2
Слюсар ремонтник	2	2		1					2			2
Електрогазозварник	1	1		1					1			1
Токар	1	2		2				1	1			2
Разом допоміжних робітників						1	5	11	24	1		42
Всього						1	9	45	48	14	3	120

4.3 Розрахунок штату керівників, фахівців і службовців

Чисельність керівників, фахівців, що служать і молодшого обслуговуючого персоналу визначається відповідно до розробленої організованої структури управління і її нормативів.

Середні норми чисельності керівників, фахівців і службовців за даними проектних організацій від числа робітників складає:

- ✓ керівники і фахівці - $8 \div 18$ %,
- ✓ службовці - $3 \div 5$ %
- ✓ інші робітники - $1 \div 2$ % .
- ✓

Штатний розклад керівників, фахівців, службовців і інших робітників приведений в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 - Штатний розклад керівників, фахівців і службовців

Посада	Кількість штатних одиниць
Начальник цеху	1
Заступник начальника цеху	1
Старший майстер	1
Майстер	4
Механік	1
Енергетик	1
Майстер по ремонту	1
Старший лаборант	1
Технолог	2
Виробничо-розрахунковий відділ	2
Економіст	1
Разом керівники, фахівці	16
Старший бухгалтер	1
Бухгалтер	1
Табельник	1
Комірник	1
Інженер по ВІД і ПБ	1
Разом службовців	5
Прибиральник службових приміщень	2
Робочий по впорядкуванню	1
Разом інші робітники	3
Всього керівників, фахівців, службовців і інші робітників	24

Загальна чисельність тих, що працюють в цеху складає:

$$R = 120 + 24 = 144(\text{чол})$$

ВИСНОВКИ

1. В даному дипломному проекті є техніко-економічне обґрунтування можливості та необхідності будівництва фасонносталеливарного цеху потужністю 12000 т виливок в рік з дільницею кольорового лиття.

2. Розрахована річна виробнича програма випуску виливок в цеху, відповідно до якої річний випуск виливок становить 952 390 шт в рік.

3. Описані технологічні процеси максимально направлені на механізацію автоматизацію виробництва.

4. Устаткування прийняте до встановлення автоматичне та комплексно-механізоване.

5. Розроблена технологія виготовлення виливки „Коронка” масою 16 кг, що виготовляється із сталі 35Л. Спосіб лиття - в піщані форми.

6. Розроблені заходи по покращенню якості виливок із кольорових металів, прийнято до встановлення відцентрові машини модель 522-2.

7. Визначена кількість робочих місць і заробітна плата персоналу. Розраховані техніко економічні показники цеху.

8. Описані шкідливі та небезпечні фактори виробництва, передбачені заходи з захисту навколишнього середовища та здоров'я працюючих.

Проект написано на основі учбових програм, з дотриманням основних вимог до оформлення текстових матеріалів пояснювальних записок у відповідності з ГОСТ 2.105-95.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Методические указания по организации выполнения дипломных работ для студентов всех специальностей и форм обучения / Сост.: А.К. Тараканов, Г.Е. Белай, И.И. Бойко и др. – Днепропетровск: НМетАУ, 2001. – 7 с.
2. Стандарт організації України / Укладачі: В.А. Дворніков, А.Г. Дербас, О.А. Гулівець – Кривий Ріг, 2007. – 33 с.
3. Основы проектирования литейных цехов и заводов / Под редакцией Б.В. Кнорре. – М.: Машиностроение, 1979. – 367 с.
4. Проектирование машиностроительных заводов и цехов: Справочник в 6 томах. т. II. ред. В.М. Шестопа. М. Машиностроение, 1974 – 49 с.
5. Могилев В.К., Лев О.И. Справочник литейщика. М.: Машиностроение, 1988. – 272 с.
6. Воздвиженский В.М., Грачев В.А., Спасский В.В. Литейные сплавы и технология их плавки в машиностроении. - М.: Машиностроение, 1984. – 432 с.
7. Производство отливок из сплавов цветных металлов / А.В. Курдюмов др.учебник для вузов – М.: Металлургия , 1986. – 415 с.
8. Цветное литье: Справочник Н.М. Галдин и др. – М.: Машиностроение, 1989 – 528 с.
9. Печи в литейном производстве: Атлас конструкций / Б.П. Благонравов и др. – М.: Машиностроение, 1989. – 156 с.
10. Сафонов В.Я. Справочник по литейному оборудованию. – М.: Машиностроение, 1985. – 320 с.
11. Технология литейного производства: Специальные виды литья: Учебник для студентов высш. учеб. заведений / Э.Ч. Гини, А.М. Зарубин, В.А. Рыбкин. – М.: Издательский центр «Академия»,2005. – 352 с.
12. Автоматические, комплексно-механизированные, поточные линии, автоматизированные комплекты оборудования для литейного производства, выпускаемых заводами ВПО «СОЮЗЛИТМАШ»: Каталог. – М.; НИИИМаш, 1979. – 120 с.

13. Могилев В.К. Методическое пособие по выполнению курсовому проекта по дисциплине «Технологические основы литейного производства» - Кривой Рог, НМетАУ, КФМ, 2002. – 58 с.

14. Типаж технологического оборудования для литейного производства на 1986 – 1990г.г. НИИИМаш, 1985. – 132 с.

15. Специальные способы литья: Справочник / В.А. Ефимов, Г.А. Анисович, В.Н. Бабич и др.; Под общ. ред. В.А. Ефимова. – М.: Машиностроение, 1991. – 436 с.

16. Охрана окружающее среды от загрязнений предприятий черной металлургии. Шицкова А.П., Новиков Ю.В., Климкина Н.В., Гильденскиольд Р.С., Шаприцкий В.Н. М.: Металлургия, 1982. – 208 с.

17. Шеремет В.О. Каракаш О.І. Марунчак В.Ф. Щербина Ю.В. Кириленко В.П. Довідковий посібник керівника та спеціаліста гірничо-металургійного підприємства з охорони праці

18. Бринза В.Н, Зиньковский М.М. Охрана труда в черной металлургии

19. Жидецький В.Ц. Практикум із охорони праці.

20. Ефанов П.Д, Карнаух Н.Н. Безопасность труда в основных производствах черной металлургии.

21. Правила безопасности в литейном производстве (утв. постановлением Госгортехнадзора РФ от 24 апреля 2003 г. N 16)