

Центральноукраїнський національний технічний університет

Механіко-технологічний факультет

Кафедра: „Матеріалознавство та ливарне виробництво”

“Допущено до захисту”

зав. кафедрою МЛІВ

к.т.н., доцент

_____ Олександр Кузик

“ ____ ” _____ 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА **за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти**

на тему:

**“Розробка процесу виготовлення вилівка “Підшипник”
з високоміцного чавуну способом безопочної формовки”**

**“Development of a process for manufacturing a casting
“Bearing” from high-strength cast iron using a flaskless
molding method”**

Виконав здобувач вищої освіти

IV курсу, групи ПМ(ОЛ)-21 ПЗ

спеціальності 131 – «Прикладна механіка»

_____ Самарін С.О.

“ ____ ” _____ 2025 р.

Керівник роботи

к.т.н., доцент

_____ Віктор Ломакін

“ ____ ” _____ 2025 р.

Рецензент _____

**ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет _____ механіко-технологічний
Кафедра _____ матеріалознавства та ливарного виробництва
Рівень вищої освіти _____ бакалавр
Галузь знань _____ прикладна механіка
Спеціальність _____ 131 – Прикладна механіка
Освітньо-професійна (освітньо-наукова) програма
_____ 131 – Прикладна механіка

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри

“ _____ ” _____ 2025 р.

**ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ
ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Самарін Сергій Олексійович

прізвище, ім'я, по батькові

1. Тема роботи: “Розробка процесу виготовлення виливка “Підшипник” з високоміцного чавуну способом безопочної формовки”, затверджена наказом по університету №10-02 від 02.01.2025 р.
2. Керівник роботи: Ломакін Віктор Миколайович, к.т.н., доцент
3. Строк подання роботи до захисту: _____ .06.2025 р.
4. Мета кваліфікаційної роботи: вибір обладнання для ливарного цеху високоміцного чавуну та розробка процесу виготовлення виливка “Підшипник” способом безопочної формовки.
Завданням роботи є: аналіз конструкції деталі і технічних умов на виливок “Підшипник”; проектування ливарної форми; конструювання та розрахунок ливникової системи форми.
Креслення: технологічні вказівки на виготовлення виливка “Підшипник”, ліва і права пресові плити.

5. Консультанти по роботі із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Вибір обладнання для ливарного цеху високоміцного чавуну	Ломакін В. М.		
Аналіз конструкції деталі і технічних умов на виливок “Підшипник” і проектування ливарної форми	Ломакін В. М.		
Креслення	Ломакін В. М.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Вибір обладнання для ливарного цеху високоміцного чавуну		
2.	Аналіз конструкції деталі і технічних умов на виливок “Підшипник”; проектування ливарної форми		
3.	Креслення		
4.	Оформлення пояснювальної записки		
5.	Оформлення рецензії		
6.	Захист кваліфікаційної роботи		

Дата видачі завдання:

“ _____ ” _____ 2025 р.

Підпис керівника

Ломакін В. М.

(прізвище та ініціали)

Підпис здобувача

Самарін С. О.

(прізвище та ініціали)

Анотація

стор. 50, рис. 11, табл. 17, бібліографічних назв 2

Виливок, високоміцний чавун, електрична піч, плавка, модифікатор, безопочна формовка, формувальна лінія

Кваліфікаційна робота за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти на тему “Розробка процесу виготовлення виливка “Підшипник” з високоміцного чавуну способом безопочної формовки” складається із двох розділів.

В першому розділі роботи вибрано обладнання і приведено його технічну характеристику для виробництва виливків в ливарному цеху високоміцного чавуну.

В другому розділі роботи розроблено процес виготовлення виливка “Підшипник” на формувальній лінії безопочної формовки моделі КЛ2002. Розроблена конструкція ливарної форми, прийнято розташування виливка в формі та кількість виливків на одну ливарну форму, розраховано ливниково-живильну систему для ефективної заливки розплаву чавуну.

Виконані креслення технологічних вказівок на виготовлення виливка “Підшипник” та лівої і правої пресових плит.

Annotation

Page 50, fig. 11, table. 17, bibliographic titles 2

Casting, high-strength cast iron, electric furnace, melting, modifier, moldless molding, molding line

The qualification work for the first (bachelor's) level of higher education on the topic “Development of a process for manufacturing a “Bearing” casting from high-strength cast iron using a flaskless molding method” consists of two sections.

The first section of the work selects equipment and presents its technical characteristics for the production of castings in a high-strength cast iron foundry.

In the second section of the work, the process of manufacturing the 'Bearing' casting on the KL2002 flaskless molding line was developed. The design of the casting mold was developed, the location of the casting in the mold and the number of castings per mold were determined, and the sprue-feeding system was calculated for the effective pouring of molten iron.

Drawings of the technological instructions for manufacturing the “Bearing” casting as well as the left and right press plates have been completed.

Вступ.....	7
1. Обладнання ливарного цеху високоміцного чавуну	8
1.1. Вибір режиму роботи цеху та розрахунок фондів часу	8
1.2. Плавильна дільниця	11
1.2.1. Сплави у ливарному цеху	11
1.2.2. Розрахунок шихти для ВЧ42-12	13
1.2.3. Вибір плавильного обладнання	17
1.3. Фрмувально-заливочно-вибивна дільниця	22
1.4. Сумішеприготувальна і стрижнева дільниця	27
1.5. Очисна дільниця	31
2. Технологія виготовлення виливка “Підшипник”	34
2.1. Аналіз конструкції деталі і технічних умов на випуск	34
2.2. Проектування ливарної форми	36
2.2.1. Визначення положення виливка у формі і вибір поверхні роз’єму форми	36
2.2.2. Вибір припусків на механічну обробку	38
2.2.3. Вибір радіусів закруглень та ливарних кутів	39
2.2.4. Припуски на усадку	39
2.2.5. Конструювання та розрахунок ливникової системи ливарної форми	39
2.2.5.1. Вибір місця підводу металу та типу ливникової системи	39
2.2.5.2. Розрахунок площі перерізу каналів ливникової системи	41
2.3. Опис процесу виготовлення виливка “Підшипник”	44
2.4. Процес проектування ливарної оснастки	45
Висновок	49
Список літератури	50
Додатки	51

ВСТУП

Високоміцний чавун займає провідне місце серед сучасних конструкційних матеріалів завдяки поєднанню високої міцності, зносостійкості, пластичності та хороших ливарних властивостей. Вироби з цього матеріалу мають широкі перспективи застосування у машинобудуванні, енергетиці, транспорті та інших галузях промисловості. Це обумовлює постійне зростання попиту на виливки з високоміцного чавуну та стимулює подальший розвиток технологій їхнього виготовлення [1].

У зв'язку з високими вимогами до якості виливків, особливо з високоміцного чавуну, зростає потреба в автоматизації всіх етапів ливарного виробництва. Важливим є комплексний підхід до автоматизації, що охоплює усі ділянки цеху – від шихтового двору та плавильного відділення до формувальних ліній, заливки та остаточної очистки виливків. Впровадження сучасних автоматизованих систем дозволяє не лише підвищити якість продукції, але й забезпечити стабільність технологічного процесу, зменшити витрати та покращити умови праці.

Однією з ключових умов отримання високоякісного високоміцного чавуну є правильний підбір та застосування модифікаторів. Модифікування чавуну проводять з використанням феросиліцію з добавками магнію, церію, кальцію та інших активних елементів, які сприяють формуванню сферографітної структури та покращенню механічних властивостей готового виробу [2].

Усе це свідчить про актуальність теми роботи, спрямованої на розробку сучасної технології виготовлення виливків з високоміцного чавуну із застосуванням безопочної формовки в умовах автоматизованого ливарного виробництва.

1. ОБЛАДНАННЯ ЛИВАРНОГО ЦЕХУ ВИСОКОМІЦНОГО ЧАВУНУ

Згідно з завданням, тема бакалаврської роботи: “Розробка процесу виготовлення виливка “Підшипник” з високоміцного чавуну способом безопочної формовки”. У відповідності з такою тематикою сформульовано мету і завдання роботи.

Метою роботи є: вибір обладнання для ливарного цеху високоміцного чавуну та розробка процесу виготовлення виливка “Підшипник”.

Завданням роботи є: аналіз конструкції деталі і технічних умов на виливок “Підшипник”; проектування ливарної форми; конструювання та розрахунок ливникової системи; виготовлення креслень технологічних вказівок і пресових плит.

1.1. Вибір режиму роботи цеху та розрахунок фондів часу

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

- 1) масштабу виробництва;
- 2) ваги виготовляємих виливків;
- 3) серійності виробництва;
4. роду металу і типу плавильних печей;
- 5) характеру використовуємих технологічних процесів.

Усім перерахованим вимогам для данного цеху відповідає двозмінний паралельний режим роботи цеху. Тривалість зміни приймається - 8 годин. Робочий тиждень складається з 5 робочих днів; визначаємо фонди часу для прийнятого режиму, розрахунок зводимо до табл. 1.1.

Календарний фонд часу Φ_k , визначає кількість робочих годин в календарному періоді, як правило за календарний рік.

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

де T_k – кількість днів в календарному році, приймаємо $T_k = 365$ днів;

S – кількість змін, приймаємо $S = 2$;

t – тривалість робочої зміни, $t = 8$ годин.

$$365 \cdot 16 = 5840 \text{ год}$$

Номінальний фонд часу – це фонд часу з урахуванням святкових неробочих днів та скорочення тривалості робочої зміни в передсвяткові дні.

$$\Phi_n = 40 \cdot 52 - (T_{np} \cdot 8 + T_{nd}), \quad (1.2)$$

де 40 – кількість робочих годин на тиждень при однозмінному режимі роботи;

52 – кількість тижнів на рік;

T_{np} – кількість святкових неробочих днів, приймаємо $T_{np} = 10$ днів;

T_{nd} – кількість передсвяткових днів, коли тривалість робочого дня скорочуються на одну годину, приймаємо, $T_{nd} = 4$ днів.

$$\Phi_n = 40 \cdot 52 - (10 \cdot 8 + 4) = 1996 \text{ год},$$

Номінальний фонд часу за рік при двозмінному режимі роботи:

$$\Phi'_n = \Phi_n \cdot 2 = 1996 \cdot 2 = 3992 \text{ год}$$

де 2 – кількість змін на один робочий день.

Фактичний фонд роботи обладнання на рік:

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

де k – втрати робочого часу роботи обладнання (табл.1.1).

Фактичний фонд роботи обладнання в одну зміну на рік:

- плавильне обладнання

$$\Phi_{\partial,пл} = 1996 \cdot (1 - 0,06) = 1876.2 \text{ год}$$

- обрубно-очисне обладнання

$$\Phi_{\partial,оч} = 1996 \cdot (1 - 0,09) = 1816.4 \text{ год}$$

Інші фонди часу фактичної роботи обладнання заносимо до табл. 1.1.

Фактичний фонд роботи працівників в одну зміну на рік:

$$\Phi_{op} = \Phi_n \cdot (1 - k_p) = 1996 \cdot (1 - 0,12) = 1756.5 \text{ год}, \quad (1.4)$$

Таблиця 1.1 - Фактичний фонд роботи обладнання

Обладнання	Номінальний фонд часу	Коефіцієнт втрат, %	Кількість змін	Дійсний фонд часу	Дійсний фонд при 2-х змінах
1	2	3	4	5	6
Плавильне обладнання	1996	6	2	1876,2	3752,4
Очисне обладнання	1996	9	2	1816,4	3632,8
Формувальна лінія	1996	12	2	1756,5	3513
Стержневі машини	1996	6	2	1876,2	3752,4
Змішувачі	1996	6	2	1876,2	3752,4
Крани	1996	12	2	1756,2	3513

1.2. Плавильна дільниця

1.2.1. Сплави у ливарному цеху

В ливарному цеху виплавляють високоміцний чавун (ВЧ) марок ВЧ42-12...ВЧ60-2. Особливістю ВЧ є його високі механічні властивості, обумовлені кулястим графітом, який в меншій мірі ніж пластинчастий у сірому чавуні послаблює робочий переріз матриці матеріалу відливка. При цьому ВЧ, як і інші чавуни, можливо отримувати з усіма відомими структурами матриці. Все це створює можливість отримання дуже високих механічних властивостей, недосяжних ні в одному із існуючих видів чавуну. Крім того, деякі марки цього чавуну мають високу зносостійкість і хороші корозійну стійкість, теплостійкість, жаростійкість, холодостійкість, антифрикційні властивості і оброблюваність і можуть зварюватися.

Вельми важливо також, що ВЧ має хороші ливарні властивості: високу рідкоплинність, малу ливарну усадку, незначну схильність до утворення гарячих тріщин. Разом з тим, схильність до утворення усадкових раковин і ливарних напружень вища, ніж у сірого, і знаходиться на рівні сталі і ковкого чавуну.

Найбільш важливим для механічних властивостей ВЧ є отримання графіту правильної кулястої форми. Правильна куляста форма графіту залежить від ряду факторів (склад металу, умови модифікування, шихтові матеріали і інші умови плавки), але в першу чергу вона пов'язана з вмістом залишкового магнію чи інших сфероїдизаторів.

Склад металу є одним із основних факторів, що визначають механічні властивості ВЧ.

Вуглець у ВЧ, на противагу СЧ, не потрібно підтримувати на низькому рівні для отримання високих механічних властивостей. Навпаки, він зазвичай витримується для високих марок в межах 3,2–3,6%, що полегшує процес отримання якісного металу, підвищує ливарні властивості чавуну і в той же час

не впливає негативно на його механічні властивості, як це має місце при пластинчастому графіті.

Кремній має значний вплив на структуру так і на механічні властивості ВЧ, і практично регулювання кількості фериту у ВЧ здійснюється підбором вмісту кремнію у металі. При вмісту 3–3,3% кремній сприяє отриманню стійкої феритної структури; але пластичність чавуну при цьому все-таки знижується, і при кількості кремнію вище 3,5% він сприяє появі крихкості, навіть при звичайному вмісту марганцю і фосфору. Саме тому з точки зору пластичності краще приймати вміст кремнію 2–2,4%, а для отримання чистого фериту застосовувати термічну обробку відливоків. Чавун марки ВЧ42-12 відноситься до класу феритних чавунів. Чавун марки ВЧ60-2 – клас перлітних чавунів. У такому чавуні середній вміст кремнію становить 2,6–2,8%.

Марганець має вплив на структуру ВЧ протилежний впливу кремнію. Марганець зменшує кількість фериту і збільшує кількість перліту. При цьому підвищується міцність металу але знижується відносно подовження, а отже і пластичність. Тому для отримання високої пластичності вміст марганцю не повинен перевищувати 0,4%, що виключає термообробку. Коли певна кількість перліту в литій структурі допустима марганець знаходиться в межах 0,4–0,8%.

Фосфор має істотний вплив на структуру і властивості ВЧ, утворюючи евтектику і знижуючи подовження і ударну в'язкість. Тому його вміст не повинен перевищувати 0,1%. Інколи допускається до 0,12–0,15%.

Вміст сірки у вихідному чавуні до модифікування має знаходитися на низькому рівні. Не вище 0,02% і навіть нижче, оскільки вона ускладнює процес модифікування і отримання кулястого графіту і знижує механічні властивості ВЧ внаслідок утворення сфероїдизаторами сульфідів.

Магній і церій, як сфероїдизатори, залишаються в кількості не менше 0,03 і 0,02% відповідно. Інакше графіт кристалізується в кулястій формі лише частково. Механічні властивості чавуну при цьому знижуються. Але занадто високий вміст магнію або церію призводить спочатку до утворення цементиту в сирій структурі, а потім до перемодифікування – утворення пластинчастого

графіту. Отже, залишковий вміст магнію і церію не повинен перевищувати 0,08 і 0,05% відповідно.

Мікродомішки мають значний вплив на процес модифікування і на властивості ВЧ. В більшості випадків вони заважають утворенню кулястого графіту і знижують властивості чавуну. Але вплив цих домішок складний і інколи введення деяких із них буває навіть корисним (наприклад, Pb).

В табл.1.2 наведено хімічний склад та механічні властивості чавуну марок ВЧ42-12 і ВЧ60-2.

Таблиця 1.2 – Хімічний склад і механічні властивості високоміцного чавуну

Група сплавів (система)	Марка	Масова частка елементів, %					Механічні властивості	
		C	Si	Mn	P	S	σ_B , МПа	НВ
Fe-Si-C	ВЧ42-12	3.4-3.8	2.1-2.8	0.4	0.1	0.02	420	140-200
Fe-Si-C	ВЧ60-2	3,2-3,6	1,9-2,2	0,5-0,8	0,1	0,02	600	200-280

1.2.2. Розрахунок шихти для ВЧ42-12

Розрахунок шихти для сплаву марки ВЧ42-12 виконуємо методом підбору. Згідно ДСТУ 3925-99: «Чавун з кулястим графітом для виливків. Марки» середній хімічний склад чавуну марки ВЧ42-12 становить: 3,6% C, 2,4% Si; 0,4% Mn.

В кислій електропечі угар кремнія становить $\Delta Si=15\%$, марганцю – $\Delta Mn=20\%$.

Масова частка елемента в шихті $E_{ш}$ визначається за формулою:

$$E_{\phi} = E_p \cdot B / (100 \pm \Delta E), \quad (1.5)$$

де E_p – масова частка даного елемента в рідкому чавуні, %; B – вихід рідкого металу у відсотках від маси металозавалки.

Частка кремнію в шихті:

$$Si_{ш} = 1,9 \cdot 95 / (100 - 15) = 2,12\%; \quad (1.6)$$

$$Si_{шн} = 1,4 \cdot 95 / (100 - 15) = 1,56\%; \quad (1.7)$$

$$Si_{шв} = 2,4 \cdot 95 / (100 - 15) = 2,68\%; \quad (1.8)$$

$$1,56\% \leq Si_{ш} \leq 2,68\% \quad (1.9)$$

Частка марганцю в шихті:

$$Mn_{ш} = 0,85 \cdot 95 / (100 - 20) = 1,01\%; \quad (1.10)$$

$$Mn_{шн} = 0,7 \cdot 95 / (100 - 20) = 0,83\%; \quad (1.11)$$

$$Mn_{шв} = 1,0 \cdot 95 / (100 - 20) = 1,19\%; \quad (1.12)$$

Частка вуглецю в шихті:

$$0,83\% \leq Mn_{ш} \leq 1,19\% \quad (1.13)$$

$$C_{ш} = 3,4 - 0,15 \cdot (1,5 + 0,4) = 3,12\%; \quad (1.14)$$

$$C_{шн} = 3,3 - 0,15 \cdot (1,5 + 0,4) = 3,02\%; \quad (1.15)$$

$$C_{шв} = 3,5 - 0,15 \cdot (1,5 + 0,4) = 3,22\%; \quad (1.16)$$

$$3,02\% \leq C_{ш} \leq 3,22\% \quad (1.17)$$

Хімічний склад шихти такий: вуглець 3,02% – 3,22% (середнє 3,12%); кремній 1,56% – 2,68% (середнє 2,12%); марганець 0,83% – 1,19% (середнє 1,01%); фосфор $\leq 0,20\%$; сірка $\leq 0,11\%$.

Результати розрахунку шихти зводимо до табл. 1.3.

Таблиця 1.3 – Розрахунок шихти

№	Компонент шихти	Марка	Маса в кг компонента на 100 кг шихти	Масова частка елементів, %									
				C		Si		Mn		P		S	
				В ком-пон.	В шихті	В ком-пон.	В шихті	В ком-пон.	В шихті	В ком-пон.	В шихті	В ком-пон.	В шихті
1	Ливарний чавун	Л1	10,0	3,65	0,365	3,40	0,34	1,30	0,13	0,08	0,008	0,05	0,005
2	Ливарний чавун	Л3	10,0	2,85	0,285	2,6	0,26	0,6	0,06	0,07	0,007	0,04	0,004
3	Ливарний чавун	Л5	18,0	4,0	0,72	1,8	0,324	0,5	0,09	0,06	0,011	0,03	0,005
4	Переробний чавун	ПЛ1	7,0	4,0	0,28	1,0	0,07	0,3	0,02	0,08	0,006	0,02	0,001
5	Чавунний брухт		8,5	3,3	0,281	2,4	0,204	0,8	0,07	0,15	0,013	0,04	0,003
6	Відходи власного виробництва		31,5	3,4	1,071	1,9	0,599	0,85	0,27	0,15	0,047	0,1	0,032
7	Сталевий брухт	ФС75	–	0,3	0,045	0,2	0,03	0,6	0,09	0,05	0,008	0,05	0,008
8	Феросіліцій		–	3,0	–	77	–	0,4	–	0,05	–	0,02	–
9	Феромарганець	ФМ _n 1,5	–	1,5	–	2,5	–	85	–	0,3	–	0,03	–
	Всього в шихті		100		3,047		1,827		0,73		0,1		0,058
	Середній склад шихти		–		3,12		2,12		1,01		≤0,2		≤0,1
	Необхідний склад шихти		–		3,02–3,22		1,56–2,68		0,83–1,19		≤0,2		≤0,1
	Всього в шихті при 30% марганцю		0,30		3,052		1,835		0,98		0,101		0,058

Матеріальний баланс на 1 тону придатного литва наведено в табл. 1.4.

Таблиця 1.4 - Матеріальний баланс на 1 т придатного литва

№ п/п	Матеріал	Сплав	
		ВЧ42-12	
		%	кг
Приходна частина			
1	Чавун ливарний	38	623
2	Переробний чавун	7	115
3	Брухт сталевий	15	246
4	Брухт чавунний	8,5	139,3
5	Відходи власного виробництва	31,5	516,3
	Металозавалка	100	1639,6
Витратна частина			
1	Угар	5	82
2	Зливи	3	49,3
3	Ливнки	28	459
4	Брак	3	49,3
5	Придатне литво	61	1000
	Всього	100	1639,6

1.2.3. Вибір плавильного обладнання

В даній роботі для плавки чавуну приймаємо індукційну тигельну піч промислової частоти типу ІЧТ–2,5/0,63, технічна характеристика якої наведена у табл. 1.5. Піч має індуктор – котушку, яку підключають до мережі змінного струму. При протіканні по котушці струму в оточуючому її просторі виникає змінне електромагнітне поле, при взаємодії з яким металева шихта нагрівається і плавиться.

Таблиця 1.5 - Технічна характеристика печі ІЧТ–2,5/0,63

№ п/п	Параметр	Од. виміру	ІЧТ–2,5/0,63
1.	Номінальна потужність трансформатора	кВт	630
2.	Частота струму живлячої мережі	Гц	50
3.	Номінальна ємність тигля	т	2,5
4.	Температура перегріву	° С	1600
5.	Число фаз живлячої мережі	шт.	3
6.	Швидкість плавки	т/год	0,75
7.	Розрахункова годинна продуктивність	т	0,50
8.	Номінальна напруга ланцюга управління	В	380/220
9.	Питома витрата електроенергії на розплавлення і перегрів	кВт ч/т	625±40
10.	Витрата води на охолодження: -індуктора, не більше	м ³ /год	7,8±0,6
	-перетворювача, не більше	м ³ /год	3,0±0,2
	-конденсаторної батареї, не більше	м ³ /год	3,6±0,2
11.	Тиск води на вході	МПа (кгс/см)	0,3-0,6(3-6)

Обслуговування електропечі під час плавки виконується плавильником. Плавильник в процесі плавки через певні відрізки часу повинен:

- присаджувати дерев'яним прутом шихту, щоб не утворювалась пустота між розплавленим металом і верхнім шаром шихти;
- вести постійний нагляд за водоохолодженням індукційної тигельної печі: тиском і температурою води, за станом футеровки електропечі, за положенням стрілок на приладах щитка управління;
- підтримувати необхідну потужність під час всього періоду плавки металу в електропечі.

Перед кожним запуском електропечі необхідно провести ретельний огляд тигля. Тигель не повинен мати тріщин, випуклостей, провалин. Якщо на внутрішній поверхні тигля виявлені місцеві провалини чи тріщини їх необхідно ліквідувати шляхом підмазки.

Завантаження шихти. Після встановлення готовності електропечі до роботи, можна приступати до завантаження шихтових матеріалів. Склад шихти підбирається відповідно розрахунку шихти для отримання потрібного металу. Шихта повинна бути чистою, обезжиреною і сухою.

Порядок завантаження електропечі має велике значення. Шихта повинна бути укладена щільно, по можливості концентричними кільцями паралельно виткам котушки індуктора. Не можна допускати механічних ударів по футеровці. Виділення тепла в шихті залежить від діаметра шматків які завантажуються і способу укладки їх в електропеч.

Рекомендується на дно тигля завантажити в першу чергу мілкі шматки шихтових матеріалів. Найбільш тугоплавкі складові шихти краще розміщувати в самій гарячій точці, по периферії нижній третині висоти тигля. Далі, до верху тигля, вертикально закладаються відходи власного виробництва, чушки та інші складові шихти. Найбільш тугоплавкі із цих металів необхідно розміщувати біля стінок тигля. Завантажувати тигель потрібно якомога щільніше.

Плавка високоміцного чавуну проводиться по затвердженим на заводі інструкціям ІТ-329-03-04 і ІТ-329-03-05. В період ведення плавки потрібно дотримуватися вище приведених правил.

Після завантаження шихтою тигля перед включенням печі необхідно подати воду в індуктор та інші елементи установки, котрі мають водяне охолодження.

Управління режимом плавки відбувається із шафи управління тиристорним перетворювачем ТПЧ. У разі порушення водоохолодження тиристора, автоматично знімається напруга з печі. На щиті загоряється відповідна сигнальна лампа, і тигель повинен бути звільнений від рідкого металу.

Закінчення плавки визначається, коли досягнуто потрібний хімічний склад металу, а також температурна готовність розплавленого металу відповідає нормі ($T=1450\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Після закінчення плавки і зняття напруги з печі, можна приступати до нахилу печі і розливу металу. Нахил печі виконується рівномірно, наглядаючи за струменем металу. Готовий метал зливають в ківш, який добре висушений і підігрітий. Після зливу металу, піч повертають в попереднє положення і плавка може бути повторена знову.

Оптимальним режимом роботи електропечі є двозмінний режим роботи, в окремих випадках можлива періодична робота. Але часті, тривалі перерви негативно впливають на стан футеровки тигля, зменшуючи строк служби. Тому електропіч допускається зупиняти на час, який не перевищуватиме трьох годин. При цьому рекомендується в тиглі залишати “болото”, тигель закривають азбестовим листом, а витрата води зменшується до мінімуму. В такому разі електропіч включати на повну потужність без додаткової загрузки **СТРОГО ЗАБОРОНЯЄТЬСЯ**.

Якщо тривала перерва перевищує три години, то метал зливають повністю, а тигель очищають і після цього необхідно організувати підігрів тигля пальником ($T=700-800\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Аварійна зупинка печі під час плавки. В усіх випадках аварійної зупинки електропечі при тому що в тиглі є розплавлений метал, якщо час ліквідації аварії не буде перевищувати 1 години, або аварію не визвано виходом тигля з роботи, індуктора чи системою водоохолодження, метал може

залишатися в тиглі. При цьому тигель закривається азбестовим листом, потік води зменшується настільки, щоб температура води на зливі була 40-50 °С, і метал витримують до кінця ліквідації аварії. В інших випадках необхідно повністю злити метал і організувати підігрів тигля.

Злив металу виконують у ківш, або прямок розташований поряд з електропіччю. Про всі випадки виникнення аварійних ситуацій майстром чи плавильником заносяться відповідні записи в плавильний журнал і доповідаються начальнику цеху.

У шихтовий двір всі матеріали прибувають залізничним транспортом, відходи виробництва іноді завозять автомобільним транспортом. Всі матеріали зберігаються окремо один від одного прибувають вагонами і завантажуються в кагати.

Постійно працює кран, з його допомогою проходить завантаження. Сипкі матеріали завантажуються грейфером на автомобіль. Чавун, сталь, відходи виробництва завантажують за допомогою електромагнітної шайби.

За допомогою електровагового візка або вручну ведеться завантаження шихти. Розрахунок і контроль шихтових матеріалів ведеться майстром зміни. Приготована шихта завантажуються у баддю і транспортується до печі. Біля печі працює кран мостовий вантажопідйомністю 10т, який завантажує шихту у піч. Метал зливають у ківш барабанного типу та транспортують до заливної машини.

В індукційній печі рідкий метал доводиться за хімічним складом і нагрівається до потрібної температури 1480-1530 С. Після цього метал переливається у ківш. Ківш встановлюють в камеру автоклаву. Останній герметизується. В автоклаві за допомогою стиснутого повітря створюється надлишковий тиск 5-6 атм. і опусканням штока в розплав вводиться магній. Витрата модифікатора для отримання ВЧ становить 1,2-2% від маси металу.

При введенні в чавун металевого магнію відбувається його інтенсивне випаровування, і він згоряє з виділенням білого диму. Реакція протікає дуже швидко і носить вибухоподібний характер. Тому для спокійного введення магнію в розплав чавуну застосовують лігатури. Склад лігатури приведено у табл. 1.6.

По мірі необхідності рідкий метал транспортується у ковші до автоматичних ліній мостовим краном вантажопідйомністю 5 т.

Таблиця 1.6 – Магнієві лігатури на основі кремнію і кальцію для отримання високоміцного чавуну з кулястим графітом

Група лігатури (система)	Марка сплаву	Масова частка елементів, %					властивості	
		Mg	Ni	Si	Ca	Інші елементи	густина, г/см ³	Температура плавлення, С
Fe-Si-Mg	ВЧ42-12	5-15	–	44-48	1-2,5	0,8-1 церій, останнє Fe	3-4,5	1020-1160

Таблиця 1.7 – Характеристика автоклаву моделі В.137 для модифікування чавуну

Характеристика	Параметр для моделі автоклаву В.137
1	2
Ємність ковша, т	2
Продуктивність камери, т/год	10
Тиск повітря, кгс/см ²	3-6
Витрата магнію, %	1,2-2,0
Тривалість циклу модифікування, хв	10-12
Привод установки	електрогідравлічний
Габаритні розміри, мм:	
довжина	3000
ширина	3000
висота	4000
Маса, т	11,33

Контроль за хімічним складом металу і твердістю чавунних відливків здійснюється хімічною лабораторією.

1.3. Формувально-залівочно-вибивна дільниця

Техніко-економічні показники формувальної дільниці, організація робіт та вибір обладнання в першу чергу залежать від способу виготовлення форм. Основними факторами, що забезпечують вибір формовки, є характер виробництва, вага, габарити та клас точності відливків, рід матеріалу, вид виконавчої програми та потужність ливарного цеху. Враховуючи усі ці фактори, в якості формувального обладнання в цеху приймаємо автоматичну лінію безопочного горизонтально – стопочного формування моделі КЛ2002.

Комплексна автоматична формувальна лінія моделі КЛ2002 включає агрегати:

- 1) стрічковий дозатор моделі 19613;
- 2) автоматичну лінію безопочного горизонтально-стопочного формування і збирання моделі КЛ2002, яка складається із формувального блоку, транспортного устрою, гідропневмо-привода і системи керування;
- 3) залівальну машину моделі 4126А;
- 4) дві вибивні решітки моделі 31222.

Для транспортування рідкого металу від печі до розливного стенду використовуємо барабанний ківш ємністю 1500 кг (рис. 1.1). Транспортування виконуємо за допомогою мостового крану. Залівальна машина моделі 4126А має залівний ківш ємністю 500 кг; приймаємо 2 ковші. Устрій лінії показано на рис. 1.2.

Дозатор стрічковий 1 складається із бункера об'ємом 1,5 т³, стрічкового живильника з шириною стрічки 800 мм, системи керування і призначений для приймання формувальної суміші із системи сумішепрнготування і подачі її в піскодувний вузол формувального блоку.

Автоматична лінія моделі КЛ 2002 складається із формувального блоку, транспортного устрою, гідро-, пневмо- і електрообладнання та системи керування.

Формувальний блок призначений для виготовлення форм піскодувнопресовим способом, їх подачі на транспортний устрій з одночасним збиранням у стопку.

На першій позиції формувального блоку встановлені пресовий механізм з горизонтальною віссю і піскодувна головка. На цій позиції відбувається виготовлення форм.

До штоків правого і лівого пресових гідроциліндрів кріпляться плити, на яких розташовані електронагрівачі, модельні комплекти і сопла обдуву і обприскування моделей розділовою речовиною.

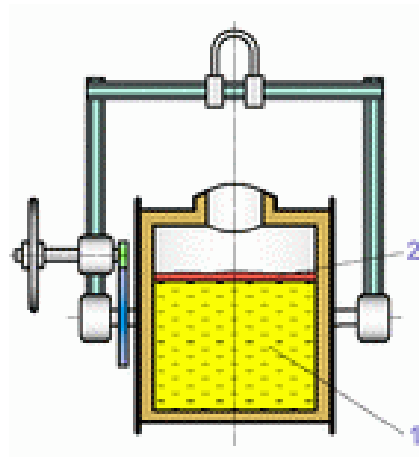


Рис 1.1. Ківш барабанний для чавуну

1 – рідкий метал; 2 – шлак.

Друга і третя позиції призначені для простановки стержнів вручну безпосередньо у форму.

На четвертій позиції здійснюється виштовхування форм на транспортний устрій лінії.

П'ята позиція поворотного стола призначена для видалення бракованих форм.

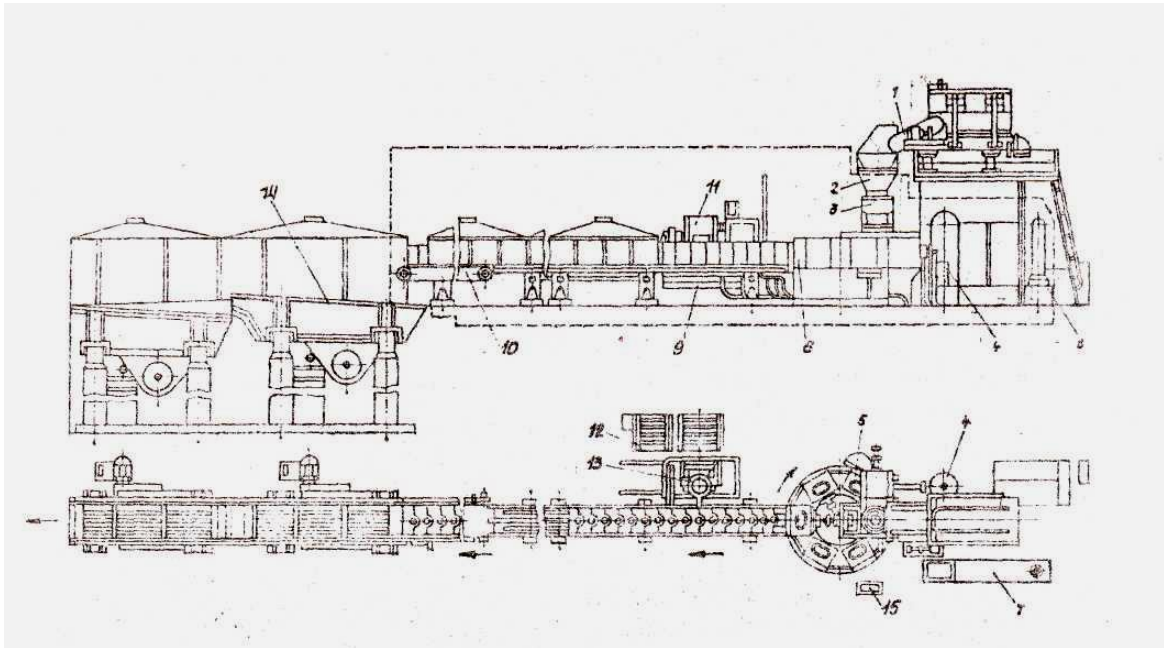


Рис. 1.2. Комплексна автоматична лінія КЛ2002:

1 – дозатор стрічковий; 2 – бункер; 3 – піскодувна головка; 4 – ресивер;
 5 – формувальний автомат; 6 – поворотний стіл; 8 – гідроаккумулятор
 УГ.210.000; 9 – кроковий конвеєр; 10 – стрічковий конвеєр; 11 – машина для
 заливання металу; 12 – роликівий конвеєр для заливання металу;
 13 – ківш для заливання металу; 14 – вибивна вібраційно–інерційна решітка; 15
 – система управління лінією.

Шоста позиція залишається вільною і може бути використана для зміни моделей.

В початковому положенні планшайба поворотного стола зафіксована, одна з шести формувальних камер знаходиться під вдувним насадком. Після виготовлення форми поворотний стіл розфіксується і повертається, а готова пів форма подається на наступну позицію.

Транспортний устрій лінії призначений для приймання готової форми, збирання форм у горизонтальну стопку і переміщення стопки в кожному циклі на крок, рівний ширині форми, подачі форм на заливання, охолодження і вибивання.

Транспортний устрій лінії КЛ 2002 складається із крокового 9 та стрічкового 10 конвеєрів.

Приводи конвеєрів чітко синхронізовані з рухом плити збирача, що забезпечує нерозривність стопки і щільність стику форм.

Заливання форм на обох лініях здійснюється за допомогою механізованої установки 11 для заливання рідкого металу, яка виконує операції приймання і видачі роздавальних ковшів» їх нахил при заливанні і установку відносно форми, яка заливається.

Вибивання безопочних форм здійснюється за допомогою двох вібраційно-інерційних вибивних решіток 14.

В бункері дозатора вмонтовано два датчик і електронного сигналізатора верхнього і нижнього рівнів суміші ЄСУ-2М, які керують подачею суміші з цехової системи сумішеприготування.

В гільзу піскодувного вузла вмонтовано датчик електронного сигналізатора рівня суміші ЄСУ-1М, який керує дозатором суміші.

Керування лінії зосереджено на одному пульті 15 і здійснюється оператором.

Система керування лінією передбачає три режими її роботи: налагоджувальний (поопераційний), напівавтоматичний і автоматичний.

Технічна характеристика лінії КЛ2002 наведена у табл. 1.8.

Таблиця 1.8 – Технічна характеристика лінії КЛ2002

№	Найменування	Технічні параметри
1	Габаритні розміри форм, мм	600×450×180-300
2	Продуктивність дозатора стрічкового, м ³ /год	140
3	Продуктивність лінії: фор/год т/рік	300-360 10000
4	Продуктивність вибивної установки, т/год	45
5	Висота модельного комплекта, мм	До 150
6	Мінімальна товщина під модельної плити, мм	40
7	Металоємність форм, кг: середня максимальна	10 25
8	Максимальна маса відливка, кг	20
9	Споживана кількість розплавленого металу (середня), т/рік	
10	Формувальна суміш: - вологість, % - міцність на стиснення, МПа - газопроникність, одиниць - текучість по Орлову, %	0,08-0,12 3,5-4,0 80 70-80
11	Споживана кількість формувальної суміші, т/год	44,5
12	Вид відлиwkів	Стержневі і безстержневі
13	Простановка стержня	Вручну і безпосередньо у форму
14	Спосіб ущільнення суміші	Піскодувно – пресовий
15	Питомий тиск пресування, МПа	До 4,0
16	Вид пресування	Двостороннє
17	Спосіб збирання форм	Горизонтально – стопорний з вертикальним розняттям
18	Режим роботи лінії	Автоматичний, напівавтоматичний і налагоджувальний
19	Установлена потужність, кВт:	130,3
20	Витрати стисненого повітря, м ³ /хв	9,6
21	Витрати води, м ³ /год	0,3
22	Габаритні розміри лінії, мм	39955×5540×5240
23	Маса, т	53,7
24	Обслуговуючий персонал, чел./змін	3
25	Номінальний об'єм розливного ковша, кг	500

1.4. Сумішоприготувальна і стержнева дільниця

Технологічні процеси виготовлення стержнів, які застосовуються в сучасних ливарних цехах, залежно від методу їх зміцнення поділяють на три групи:

- із застосуванням нагріву – в гарячих ящиках; з короткочасним сушінням; з тривалим сушінням;
- з обробкою зовнішніми реагентами – з продуванням вуглекислим газом чи каталізаторами;
- із твердненням в атмосфері цеху в ящиках – з гаряче і холоднотвердіючих, а також рідких самотвердіючих сумішей.

Устаткування для стержневого відділення, вибирають згідно з прийнятим технологічним процесом виготовлення стержнів з урахуванням характеру виробництва відливків.

У ливарних цехах масового багатосерійного виробництва, коли трудомісткість виготовлення стержнів досягає 30...40%, у стержневих відділеннях необхідно застосовувати високопродуктивне багатопозиційне й автоматизоване технологічне устаткування на базі піскодувних автоматів і напівавтоматів. Технічна характеристика прийнятого карусельного напівавтомату моделі 4509А для виготовлення стержнів наведена у табл. 1.9.

Таблиця 1.9 - Характеристика устаткування для виготовлення стержнів

Назва	Модель	Найбільша маса стержнів, кг	Продуктивність стерж/год циклів/год	Розмір стержневих ящиків, мм	Габаритні розміри машини, м
Напівавтомат карусельний	4509А	6,0	120...150	400x300x100	4,1x3,4x3,0

Автомат для виготовлення середніх стержнів мод. 4509А (рис.1.3) – карусельного типу, восьмипозиційний, з нагрівальною піччю. Стержньові ящики автомата мають горизонтальну площину роз'єму. На позиції I автомата

здійснюється притиск нагрітого ящика до піскострільної головки і заповнення його сумішшю. Позиція II передбачена як вільна для переналагодження автомата і зміни стержньових ящиків. На III – IV позиціях відбувається затвердівання стержнів; на VI позиції проводиться розкриття стержньового ящика, витягання готового стержня і обдув внутрішньої порожнини ящика стислим повітрям. Всі вузли і частини машини, що знаходяться в зоні підвищеної температури або дотичні до гарячих ящиків – водоохолоджувані. Пульт управління розташовано поблизу машини.

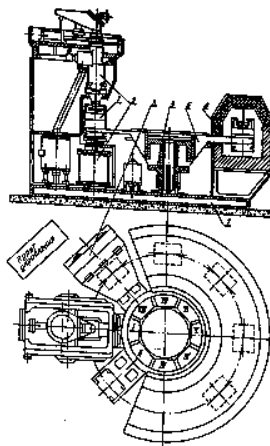


Рис. 1.3. Автомат для виготовлення стержнів мод. 4509А

Таблиця 1.10 - Характеристика змішувача для виготовлення формувальної суміші

Змішувач неперервної дії з вертикальними котками				
Найменування	Модель	Номінальна продуктивність, м ³ /год	Об'єм замісу, м ³	Габаритні розміри, м
Змішувач неперервної дії	15204	50,0	2	4,2x3,2x2,1

Таблиця 1.11 - Характеристика змішувача для виготовлення стержнєвої суміші

Змішувач періодичної дії з вертикальними котками				
Найменування	Модель	Номінальна продуктивність, м ³ /год	Об'єм замісу, м ³	Габаритні розміри, м
Змішувач перервної дії	1A11M	6,3	0,25	1,7x1,6x2,2

Склад та фізико-механічні властивості формувальної суміші для безопочного формування наведено в табл. 1.12.

Таблиця 1.12 - Склад та фізико-механічні властивості формувальної суміші для безопочної формовки

Склад суміші і ф/м параметри	Значення параметрів
Зворотна суміш, %	98,27-96,65
Пісок кварцовий 2K02A, %	1,5-3,0
Вугілля гранульоване (ТУУГП-70),%	0,08-0,15
Бентоніт, %	0,15-0,20
Вода (зверх 100%), %	До вологості 3,0-4,0
Вміст глиняної складової, %	11-12
Вміст активного бентоніту, %	7-8
Втрати при прожарюванні, %	3-4
Вологість, %	3,5-4,0
Міцність на стиснення в сирому стані, МПа	0,08-0,12
Газопроникність, одиниць	80
Плинність (по Орлову)	70-80

Для даного типу відливоків із високоміцного чавуну вибираємо стержневу суміш і приводимо її характеристику у табл. 1.13. В масовому і крупносерійному типі виробництва прогресивним методом вважають виготовлення стержнів по гарячим ящикам.

Таблиця 1.13 - Склад суміші для виготовлення стержнів у гарячих ящиках

Плаку вання	Масова частка компонента,%			Властивості	
	Кварцовий пісок К0143	Зв'язуюче фуритол 107	Гас КО	Міцність на стиск, МПа	Вологість, %
Гаряче	96,29	3,45	0,26	0,05-0,01	1,8-2,8

До переваг цього методу слід віднести різке підвищення якості і точності стержнів, зменшення затрат суміші, підвищення точності і чистоти відливоків, цикл виготовлення стержнів скорочується в десятки раз, повністю виключається використання сушил, каркасів, полегшується вибивка стержнів.

Даний процес розвивається по двом напрямкам: виготовлення оболочкових стержнів із сухих піщано-смоляних сумішей на основі термореактивних фенолформальдегідних смол; виготовлення цільних або полегшених стержнів із вологих піщано – смоляних сумішей на основі рідких термореактивних смол. Виготовлення в гарячих ящиках розраховано на випуск мілких і середніх стержнів масою до 100 кг. Особливістю виготовлення швидкотвердіючих стержнів є зміцнення стержнів при короткочасній сушці. Стержні мають високу міцністю, легко вибиваються. Стержні виготовляються на піскодувних напівавтоматах із масляним зв'язуючим або їх заміниками (Г, КО, СП, та інші).

1.5. Очисна дільниця

Для попередньої очистки відливок від залишків формувальної, стержневої сумішей та відбивання ливникової системи, використовуємо галтувальний барабан безперервної дії моделі Н26-4Л; технічна характеристика якого наведена в табл.1.14.

Таблиця 1.14 - Технічна характеристика галтувального барабану моделі Н26-4Л

Найменування характеристик	Значення
Продуктивність при очищенні відливок із сірого чавуну, т/год	5
Частота обертання барабану, об/хв.	8,5
Кут нахилу, град	0...4
Маса відливка, яка очищається, кг	40
Найбільший розмір відливки, мм	700
Температура відливки, С	70
Кількість відсмоктуваного повітря, м ³ /год	7800
Потужність електродвигуна, кВт	22
Маса, кг	15460
Габаритні розміри, мм	7640x2570x2440

Висока продуктивність очищення литва масою до 20 кг досягається при установці дробометних барабанів безперервної дії (рис. 1.4). Відливки завантажуються через воронку 4, а видаляються з протилежного торця барабана по жолобу 6. Для переміщення відливок уздовж барабана до його рухової стрічки прикріплені похилі лопатки 9. Усередині кожуха розташовано два дробометних апарати 5.

При обертанні барабана відливки повертаються підставляючи під струмінь дробу всі свої поверхні. Для захисту обслуговуваного персоналу від поразки дробом в барабані передбачена штора 8.

Пил, що виділяється при очищенні, відсмоктується в пило-збирач а дріб зсипається через отвори в два бункери 3,звідки двома шнеками через сито подається в елеватор 2. З елеватора дріб, що містить частинки металу і піску, поступає в сепаратора 7 звідки після очищення прямує в дробометні апарати.

Таблиця 1.15 - Характеристика дробометного барабана

Найменування	Модель	Габаритні розміри	Продуктивність ,	Маса, т	Встановлена потужність
Дробометний барабан	323М	4,8x4,0x5,6	2,0...3,2	9,3	32,5

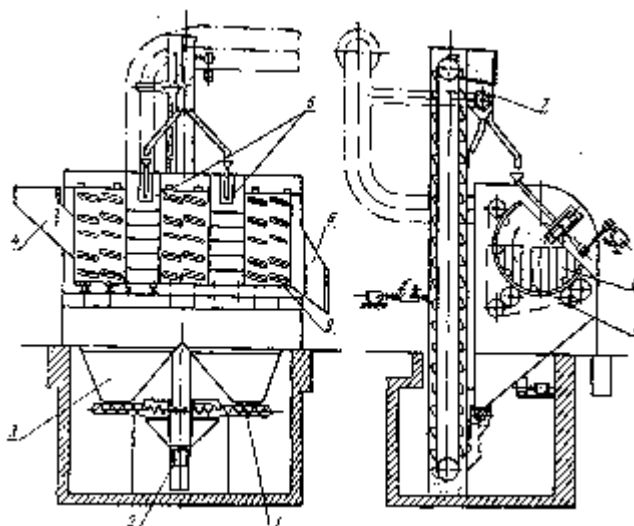


Рис. 1.4. Схема дробометного барабана

Для фінішної очистки відливків використовуємо шліфувально - зачисні верстати моделі 3К631, технічна характеристика яких наведена в табл. 1.16.

Таблиця 1.16 - Технічна характеристика шліфувально – зачисного верстату

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

2. ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИЛИВКА “ПІДШИПНИК”

2.1. Аналіз конструкції деталі і технічних умов на виливок

Деталь – підшипник СЗГ00.102А (рис.2.1) [БР-131.25.01.02.01.00.00. КС] отримують литтям у безопочних формах із високоміцного чавуну марки ВЧ42-12 ДСТУ 7293:85 (ДСТУ 3925:99). Точність литого виробу 11Т-10 ДСТУ EN 12890/ EN 1371. Твердість 170-229 НВ, невказані ливарні радіуси до 3 мм, невказані ливарні нахили 2°...3°. Маса деталі 1,27 кг, габаритні розміри 162×64мм.

Підшипник має досить складну конфігурацію ззовні. Бокові поверхні мають ребра жорсткості, а також радіуси. Деталь має 5 отворів, із них 3 отвори Ø12мм, один Ø40 мм та отвір який призначений під різьбу М10. В місцях де механічна обробка деталі непередбачена шорсткість поверхні забезпечується формувальною сумішшю, допускаються ливарні раковини розмірами Ø4×1мм та призначаються мінімальні припуски на механічну обробку. З технологічної точки зору отвори Ø12 мм і менше можна не проливати, а виконувати свердленням. Загалом конструкція деталі є технологічною.

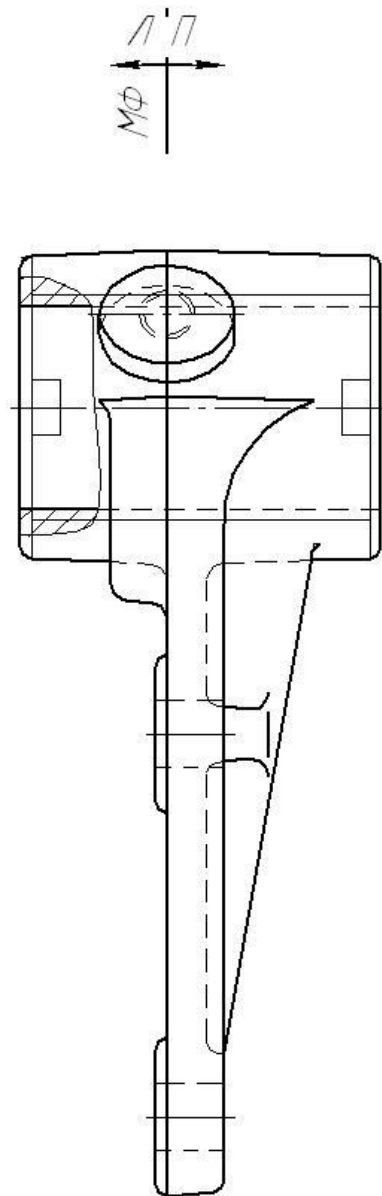
2.2. Проектування ливарної форми

2.2.1. Визначення положення виливка у формі і вибір поверхні роз'єму форми

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

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

Проаналізувавши всі вимоги, вибираємо поверхню роз'єму: вона має вертикальне розташування. Поверхню роз'єму форми показано на кресленні [БР-131.25.01.02.01.00.00. КС] відливка та на рис. 2.2.



*

Рис 2.2. Поверхня роз'ємну вилівка

2.2.2. Вибір припусків на механічну обробку

Величину припусків для високоміцного чавуну марки ВЧ42-12 приймаю по ДСТУ ISO 8062-3. Припуски на механічну обробку для поверхонь зводимо у табл. 2.1.

Таблиця 2.1 - Припуски механічну обробку виливка

Найбільший розмір	Положення при заливці	Найменший розмір
2,0	Ліва (Поверхня А і Г рис. 2.3)	2,0
2,0	Права (Поверхня В і Г рис. 2.3)	2,0
4,0	Внутрішня поверхня (Поверхня Б рис. 2.3)	2,0

Припуски на механічну обробку деталі підшипник СЗГ00 102.А показані на рис. 2.3.

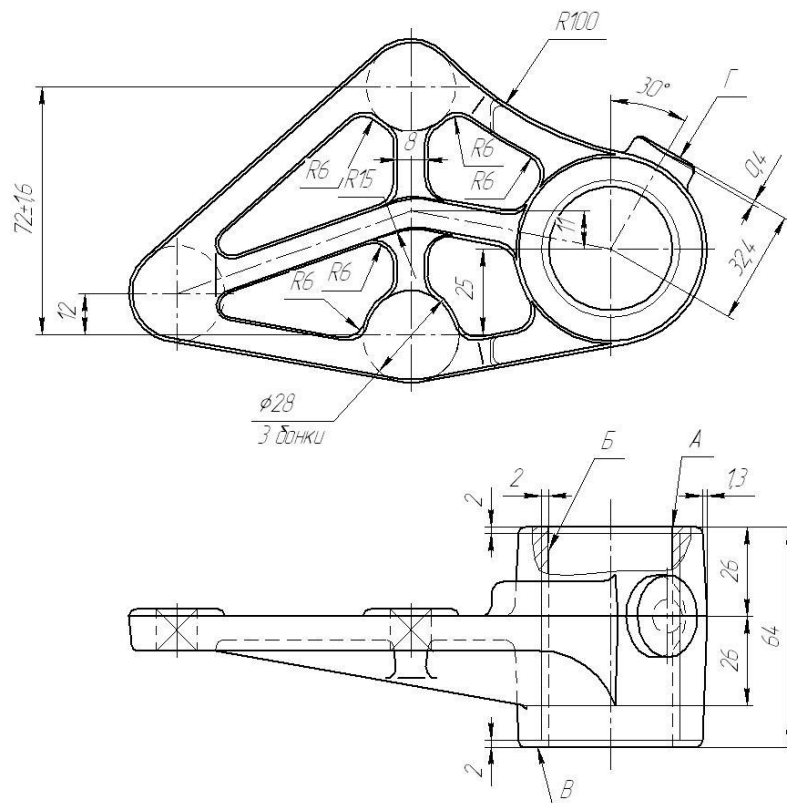


Рис. 2.3. Підшипник з нанесеними припусками на механічну обробку

2.2.3. Вибір радіусів закруглень та ливарних кутів

Радіуси закруглень регламентовані ДСТУ ISO 8062-1:2007, ISO 8062-2, ISO 2787. На креслені вказані не всі значення округлень, але вони занесені в технічні вимоги на відливки, як і ливарні уклони:

- невказані ливарні уклони – $5^{\circ} \dots 8^{\circ}$;
- ливарні радіуси – $2 \dots 3$ мм.

2.2.4. Припуски на усадку

Зазвичай усадка виражається у % від розмірів відливка. Приймаю лінійну усадку для високоміцного чавуну марки ВЧ42-12 – 2,2%.

2.2.5. Конструювання та розрахунок ливникової системи ливарної форми

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

2.2.5.1. Вибір місця підводу металу та типу ливникової системи

Місце підводу металу приймаю збоку. Конструкцію ливникової системи вибираю типову: звужуючу, бокову. Конструкцію ливникової системи показано на (рис. 2.4). При проектуванні ливників слід враховувати габаритні розміри відливка підшипника і габаритні розміри форми. При цьому приймаю розмістити у кожній ливарній формі по чотири відливка підшипника (БР-

131.25.01.02.01.00.00. КС). Ливникова система містить: одну заливочну воронка, один стояк; чотири живильника, через які розплав потрапляє у робочі порожнини форми.

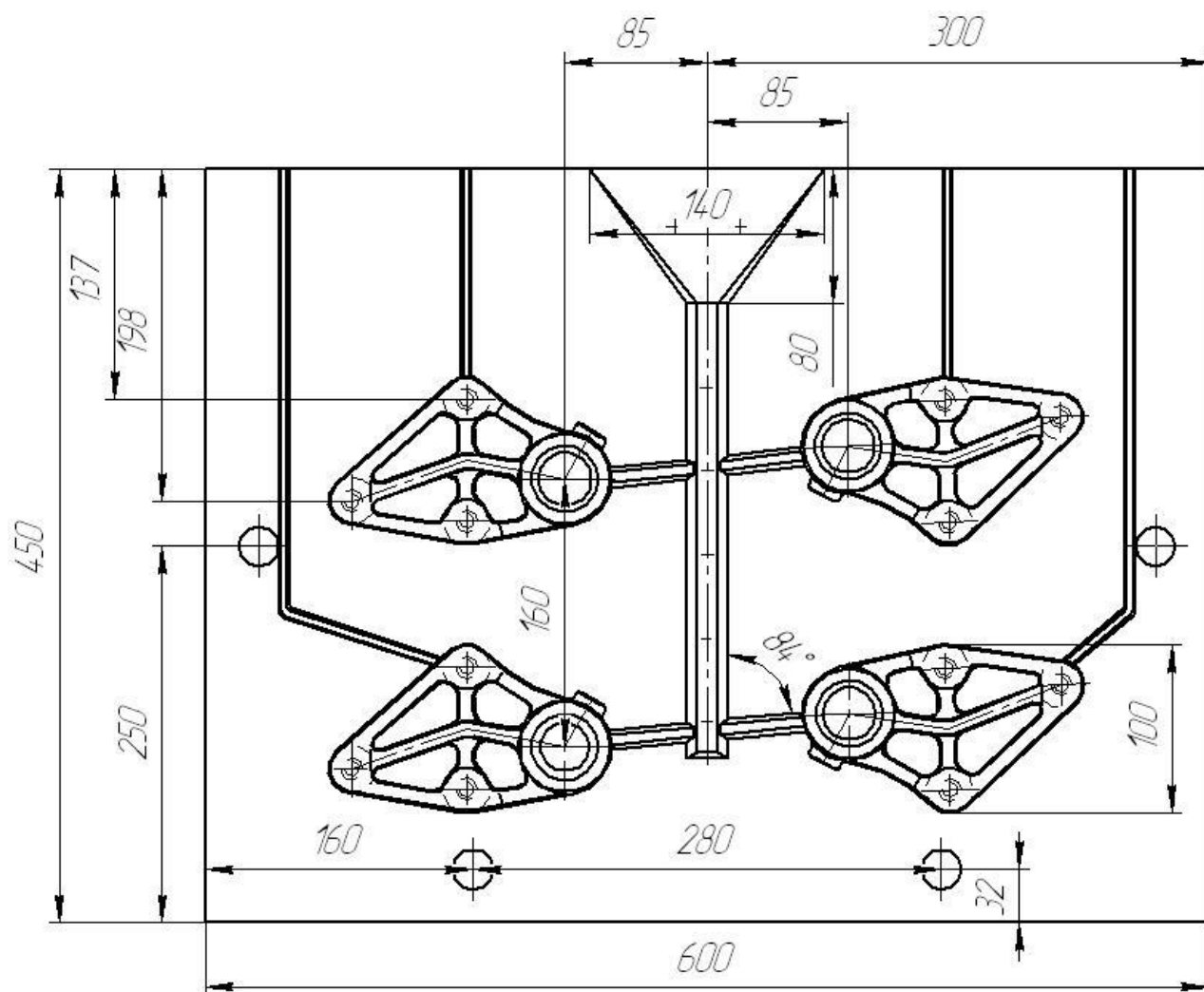


Рис 2.4. Конструкція ливникової системи форми

Оптимальна тривалість заливки визначається за формулою:

$$t = S \cdot \sqrt{\delta \cdot G_1} \quad (2.1)$$

$$G_1 = G + 0,4G \quad (2.2)$$

де S – коефіцієнт, що враховує тип і складність ливникової системи; при заливанні чорних сплавів приймається рівним 2;

δ – середня товщина стінки відливка, мм;

G_1 – вага відливка з ливниковою системою, кг;

G – вага відливка, кг;

0,4 – частка від маси відливка.

$$G = 1.27 + 0,4 \cdot 1.27 = 1.778 \text{ кг}$$

Тоді:

$$t = 2.2 \cdot \sqrt{1.778} = 2.94 \text{ сек}$$

Середня швидкість рівня підйому металу у формі визначається по формулі:

$$V = \frac{C}{t} \quad (2.3)$$

де C – висота відливка у формі, мм;

t – оптимальна тривалість заливки, сек.

$$V = \frac{100}{2.94} = 34.01 \text{ мм / сек.}$$

Оскільки у форму заливають розплав сірого чавуну і середня товщина виливка знаходиться у межах 8-15 мм, то виходячи з умови, що $V > 20$ мм/с оптимальна тривалість заливки забезпечує необхідну швидкість підйому рідкого металу у формі.

2.2.5.2. Розрахунок площі перерізу каналів ливникової системи

Загальна площа живильників на один відливок:

$$\sum F_{жс} = \frac{G}{0.31 \cdot \mu \cdot t \cdot \sqrt{H_p}} \quad (2.4)$$

де G – вага одного відливка, кг;

μ – коефіцієнт опору ливникової системи і порожнини форми, $\mu = 0,4$;

H_p – середній метало статичний тиск, см.

Середній метало статичний тиск визначаємо за формулою:

$$H_p = H_0 - \frac{P^2}{2c} \quad (2.5)$$

де H_0 – висота стояка від місця підводу в форму, $H_0 = 18.5$ см;

p – висота відливка над рівнем підйому металу, $p = 9.3$ см;

c – загальна висота відливка, $c = 10$ см.

$$H_p = 18.5 - \frac{6.2^2}{2 \cdot 10} = 16.58 \text{ см}$$
$$\sum F_{жс} = \frac{1.27}{0,31 \cdot 0.4 \cdot 2.94 \cdot \sqrt{16.58}} = 0.86 \text{ см}^2$$

На плиті розташовано 4 відливка. Сумарна площа перерізу живильників становить 3.44 см^2 .

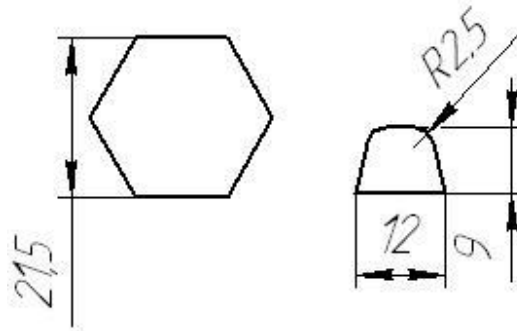
Визначаємо площу поперечного перерізу стояка із співвідношення:

$$\sum F_{жс} : \sum F_{см} = 1 : 1,15 \quad (2.6)$$

$$F_{н\delta} = \sum F_{\phi} \cdot 1,15 \quad (2.7)$$

$$F_{см} = 3.44 \cdot 1,15 = 3.96 \text{ см}^2$$

Прийнята форма поперечного перерізу стояка і живильника показана на рис. 2.5.



$$F_{ст}=3,96 \text{ см}^2; F_{ж}=0,86\text{см}^2, n=4, \Sigma F_{ж}=3,44 \text{ см}^2$$

Рис. 2.5. Прийнята форма стояка і живильника

Площу поперечного перерізу газовивідного каналу приймаємо $0,30 \text{ см}^2$.

З технологічних міркувань приймаємо трапецієвидну ливникову воронку; ескіз показано на рис. 2.6.

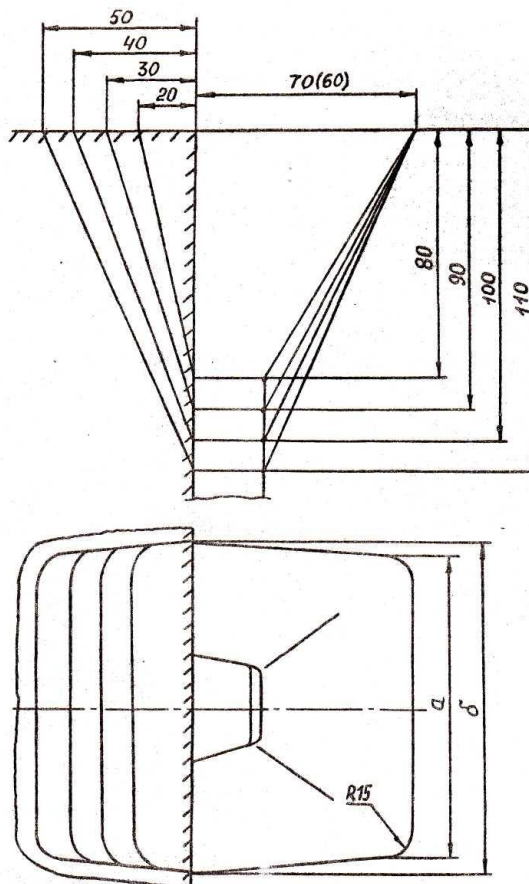


Рис. 2.6. Ескіз трапецієвидної ливникової чаші

2.3. Опис процесу виготовлення виливка “Підшипник”

Технологічний процес виготовлення відливків включає в себе такі операції: виготовлення півформ, огляд форм, встановлення стержнів, збирання форм, охолодження відливка, видалення відливка, очистка і контроль якості відливка.

1. Відливок підшипник СЗГ00.102А виготовляється на безопочній формувальній лінії моделі КЛ2002, технічна характеристика якої приведена в розділі 1; ліва і права пресувальні плити монтуються на пресувальних штоках. Стержні встановлюються в ручному режимі.

2. Після збирання півформи виштовхуються на транспортну лінію для заливки металу.

3. Розплав високоміцного чавуну марки ВЧ42-12 із плавильної печі переливають у роздаточний ківш. Ківш транспортують за допомогою мостового крану до автоклаву. В автоклаві здійснюють модифікування розплаву магнієвою лігатурою. Далі метал переливається у розливні ковші ємністю 500кг, що встановлюються на заливальній машині моделі 4126А, температура заливки чавуну 1320-1370 °С.

4. Після охолодження відливка форма потрапляє на вибивну решітку моделі 31222, де відливок з ливниковою системою відділяють від формувальної суміші.

5. З вибивних решіток відливки із ливниковою системою потрапляє у галтовочний барабан моделі Н26-7Л, далі на обрубні столи та до зачисного верстату.

6. Після очистки проводиться контроль якості і відливки транспортують на склад.

2.4. Процес проектування ливарної оснастки

Особливості конструювання модельного оснащення для ліній КЛ2002 пов'язані з підвищеною точністю виготовлення форм відливків при горизонтально-стопочному формоутворенні. Особлива увага приділяється точності і чистоті виготовлення моделей і модельних плит, точності прив'язки, фіксації і кріплення моделей на модельних плитах, встановленню фіксаторів і кріпленню модельних плит до пресуючих плит.

Модельний комплект складається з правої і лівої модельних пресувальних плит, на яких змонтовано моделі. Плити з нагрівальними елементами кріпляться до правої і лівої пресуючих плит.

Пресуючі і нагрівальні плити є складовими частинами пресового механізму формувального блоку. Крім того в комплект лінії КЛ2002 входять кондуктор із змінними гарттованими втулками.

По кондуктору необхідно свердлити:

- чотири отвори М24 класу 3 під кріплення модельної плити;
- два отвори Ø30 під направляючі штирі;
- два отвори Ø18 під приймачі термореле ТР-200.

Максимальне неспівпадання штирів пресових плит допускається не більше 0,03 мм. При заміні модельних комплектів змінюється тільки підмодельна плита з моделями.

Зміна товщини форми здійснюється заміною підмодельних плит і регулюванням положення кінцевих вимикачів пресового механізму. Висота підмодельних плит і моделей повинна вибиратись з таким розрахунком, щоб були забезпечені мінімально необхідні зазори (5 – 10 мм) між рухливими частинами механізмів поворотного стола і механізмом пресування. При проектуванні модельного-оснащення необхідно дотримуватись зазначених співвідношень, тому що їх перевищення приведе до поломки механізмів.

До модельного оснащення для ліній ставлять такі вимоги:

- модель чаші слід розташовувати тільки на правій плиті;
- вісь стояка з чашею слід розташовувати по центру форми або зміщувати відносно осі форми до правого краю по ходу руху транспортного устрою;
- мінімальна відстань від краю форми до ливникової чаші повинна бути 60 мм;
- при наявності моделей з болваном розташовувати їх тільки на правій підмодельній плиті;
- збільшену знакову частину моделі, яка утримує стержень, розташовувати на правій плиті;
- в модельному оснащенні слід передбачати венті і канали для відведення повітря із формувальної камери при вдуванні і пресуванні суміші;
- чистота обробки внутрішніх вертикальних площин моделей (западині під болвани) повинні бути не нижче 9-го класу, зовнішніх вертикальних площин - 8-го класу, а горизонтальних - 7-го класу чистоти за ДСТУ ISO 1302:2006;
- величини допусків на розміри знаків моделей і стержнів повинні відповідати ДСТУ ISO 8062-1, 8062-3;
- формувальні кути на робочій поверхнях моделей повинні бути виконані у відповідності з вимогами ДСТУ ISO 8062-3:2021;
- формувальні кути знаків моделей і стержневих ящиків повинні бути виконані за ДСТУ ISO 8062-3:2021;
- чистота обробки моделей елементів ливникової системи повинна бути не нижче 6-го класу чистоти за ДСТУ ISO 1302:2005;
- формувальні ухили на елементах ливникової системи слід виконувати рівними 5-8°.

Підмодельні плити і планки рекомендується виготовляти із алюмінієвих сплавів марки АЛ9, АЛ12 (ДСТУ 2839:94 або ДСТУ 1583:2016).

Пресувальні плити показано на рис. 2.7 та на кресленнях [БР-131.25.01.02.02.00.00. КС] і [БР-131.25.01.02.03.00.00. КС].

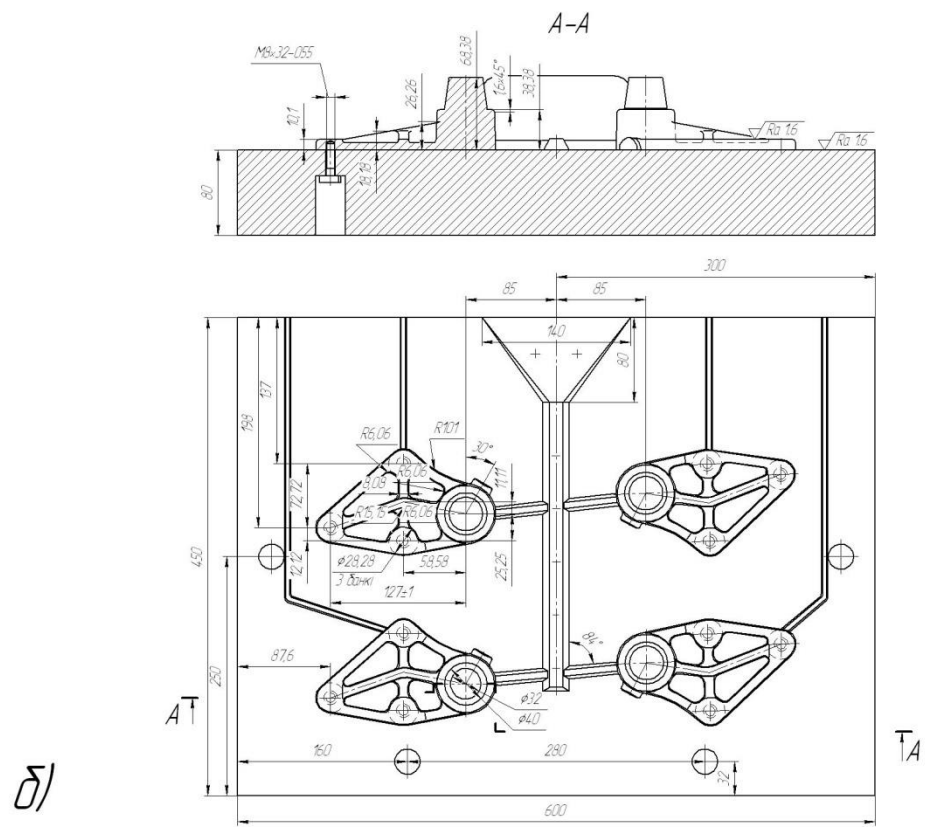
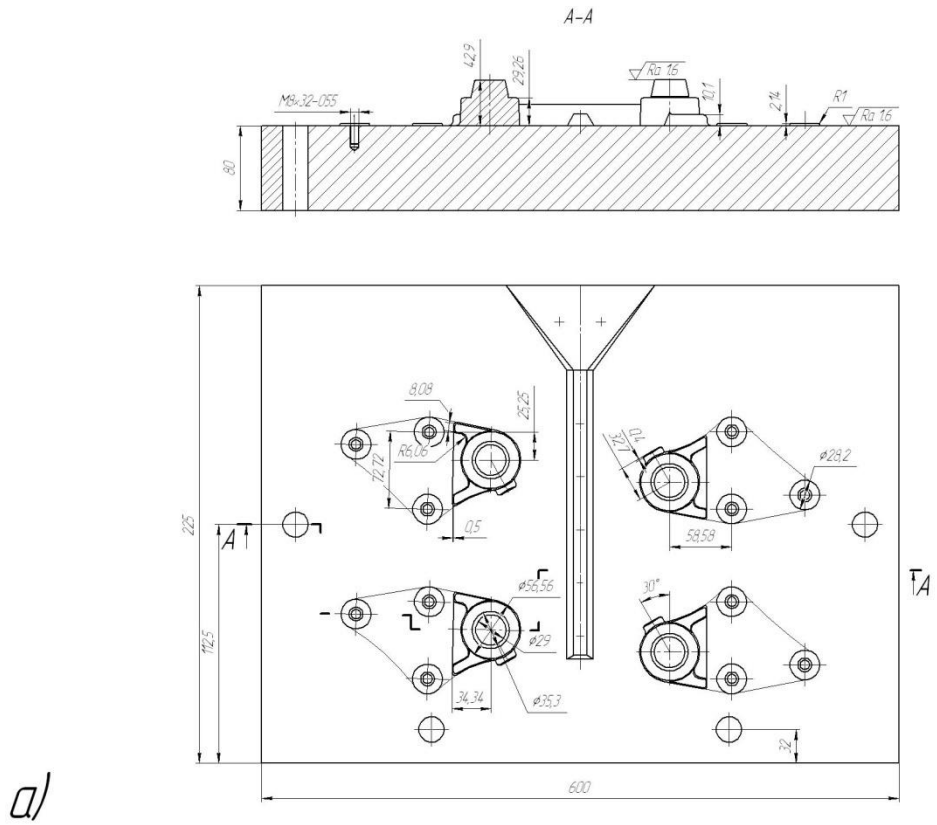


Рис. 2.7 – Схема пресувальних плит:
 а) ліва пресувальна плита; б) права пресувальна плита.

Застосування спроектованого модельного комплексу дозволяє забезпечити достатню точність при пресовому виготовленню форм на автоматичній лінії КЛ2002.

Висновок

Вибрано обладнання і приведено його технічну характеристику для виробництва виливків в ливарному цеху високоміцного чавуну.

Розроблено процес виготовлення виливка “Підшипник” на формувальній лінії моделі КЛ2002 способом безопочної формовки. Розроблена конструкція ливарної форми; вибрано розташування виливка в формі та кількість виливків на одну ливарну форму; розраховано ливниково-живильну систему для ефективною заливки розплаву чавуну.

Список літератури

1. Хричиков В.Е., Меньяло О.В. Ливарне виробництво чорних і кольорових металів: Навч. посібник. Видання друге, доопрацьоване. Дніпропетровськ: НМетАУ, 2015. – 89 с.
2. Бялік Г.А., Наумик В.В., Луньов В.В., Пархоменко А.В. Теорія ливарних сплавів. Навчальний посібник. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2013. –156 с. – ISBN: 978-617-529-068-2.

ДОДАТКИ