

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІМ. Ю.М.ПОТЕБНИ

Металургійних технологій, екології та техногенної безпеки

(повна назва кафедри)

**Кваліфікаційна робота / проєкт**

перший (бакалаврський)

(рівень вищої освіти)

на тему Дослідження стійкості та підвищення ресурсоємності виливниць  
в умовах ПАТ «Запоріжсталь»

Виконав: студент IV курсу, групи 6.1361-с  
спеціальності 136 Металургія

(код і назва спеціальності)

освітньої програми Металургія

(код і назва освітньої програми)

спеціалізації

(код і назва спеціалізації)

В.Д.Ільченко

(ініціали та прізвище)

Керівник доц., к.т.н, доц. Кириченко О.Г.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент доц., к.т.н., доц. Проценко В.М.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя  
2024

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Кафедра Металургійних технологій, екології та техногенної безпеки  
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)  
Спеціальність 136 Металургія  
(код та назва)  
Освітня програма Металургія  
(код та назва)  
Спеціалізація \_\_\_\_\_  
(код та назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ року

**З А В Д А Н Н Я  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ/ПРОЄКТ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)**

\_\_\_\_\_ Ільченку Владиславу Дмитровичу \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проєкту) Дослідження стійкості та підвищення ресурсоемності виливниць в умовах ПАТ «Запоріжсталь»

керівник роботи \_\_\_\_\_ Кириченко Олексій Геннадіович, к.т.н., доц. \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)  
затверджені наказом ЗНУ від «29» грудня 2022 року №1894-с \_\_\_\_\_

2 Строк подання студентом роботи \_\_\_\_\_ 20.05.2024 \_\_\_\_\_

3 Вихідні дані до роботи \_\_\_\_\_ Дослідити стійкість та умови відбракування виливниць в умовах ПАТ «Запоріжсталь» \_\_\_\_\_

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)  
Реферат; вступ; 1 Загальна частина; 2 Конструкційна частина; 3 Технологічна частина; 4 Охорона праці та техногенна безпека; Висновки; Перелік джерел посилання

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) \_\_\_\_\_  
17 креслень \_\_\_\_\_

## 6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1 Загальна частина	Кириченко О.Г., доцент		
2 Конструкційна частина	Кириченко О.Г., доцент		
3 Технологічна частина	Кириченко О.Г., доцент		
4 Охорона праці та техногенна безпека	Кириченко О.Г., доцент		

7 Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ, реферат	13.05-19.05.2024	
2	1 Загальна частина	20.05-26.05.2024	
3	2 Конструкційна частина	27.05-02.06.2024	
4	3 Технологічна частина	03.06-09.06.2024	
5	4 Охорона праці та техногенна безпека	10.06-16.06.2024	
6	Висновки, перелік джерел посилання	17.06-20.06.2024	

Студент \_\_\_\_\_ В.Д.Ільченко  
(підпис) (ініціали та прізвище)Керівник роботи (проєкту) \_\_\_\_\_ О.Г.Кириченко  
(підпис) (ініціали та прізвище)**Нормоконтроль пройдено**Нормоконтролер \_\_\_\_\_ Ю.О.Белоконь  
(підпис) (ініціали та прізвище)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 102 с., 23 табл., 17 рис., 15 джерел

ВИЛИВНИЦЯ, РОЗЛИВНИЙ ВІЗОК, РЕГЛАМЕНТОВАНИЙ ГРАФІК,  
КОЕФІЦІЄНТ ОБЕРТАЛЬНОСТІ, ТРИЩИНА, РОЗПАЛ, РОЗЛИТТЯ,  
ЧИСТКА, ЗМАЗУВАННЯ, СТІЙКІСТЬ

Мета роботи – дослідити стійкості та можливість підвищення ресурсоемності виливниць в умовах ПАТ «Запоріжсталь».

Об'єкт дослідження – стійкість виливниць в умовах їх експлуатування на комбінаті «Запоріжсталь».

Метод дослідження – експериментальне дослідження з використанням даних обліку виливниць, коефіцієнта обертальності, причин виходу їх із експлуатування, чищення, змазування виливниць, а також регламентований графік доставки зливків з підвищеним теплоутриманням із сталеплавильних в обтискні цехи комбінату «Запоріжсталь».

В загальній частині представлена аналітична характеристика конструкції, застосування і виготовлення виливниць.

В конструкційній частині наведений характеристика застосовуваних на ПАТ «Запоріжсталь» виливниць та розглянута технологія та конструкційні особливості підготовки сталерозливних составів в умовах ПАТ «Запоріжсталь»

В технологічній частині визначено ряд причин, які мають вплив на стійкість виливниць в умовах їх експлуатування. Результати досліджень дають можливість знайти оптимальний режим експлуатування виливниць, підвищити стійкість та знизити витратний коефіцієнт виливниць на одну тонну виплавленої сталі.

У частині «Охорона праці та техногенна безпека» проведено аналіз потенційно шкідливих і небезпечних чинників виробничого середовища в умовах цеху підготовки составів, розроблено заходи захисту від впливу небезпечних і шкідливих чинників виробничого середовища, а також проведений розрахунок аерації ЦПС.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	7
<b>1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА. АНАЛІТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА</b>	
<b>КОНСТРУКЦІЇ, ЗАСТОСУВАННЯ І ВИГОТОВЛЕННЯ ВИЛИВНИЦЬ .....</b>	<b>9</b>
1.1 Матеріал для виготовлення виливниць.....	9
1.2 Конструкції виливниць .....	14
1.3 Основні принципи конструювання виливниць .....	20
1.3.1 Форма і розміри поперечного перерізу виливниць .....	20
1.3.2 Вибір відношення висоти злитку Н до його товщини D.....	22
1.3.3 Товщина стінок виливниць. Маса виливниць .....	24
1.3.4 Конусність виливниць .....	29
1.3.5 Радіуси заокруглень внутрішніх кутів виливниць.....	31
1.3.6 Пристрій дна виливниць .....	31
1.3.7 Догляд за виливницями .....	32
1.4 Підготовка та встановлення виливниць .....	33
1.5 Підготовка та встановлення прибуткових надставок .....	38
1.6 Підготовка та встановлення центрових .....	40
1.7 Класифікація експлуатаційних дефектів виливниць .....	42
1.8 Вимоги до матеріалу виливниць.....	44
1.9 Способи підвищення стійкості виливниць .....	47
<b>2 КОНСТРУКЦІЙНА ЧАСТИНА .....</b>	<b>50</b>
2.1 Характеристика виливниць ПАТ «Запоріжсталь».....	50
2.2 Підготовка сталерозливних составів в умовах ПАТ «Запоріжсталь» .....	52
<b>3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА. ТЕОРЕТИЧНІ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ</b>	
<b>ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЙКОСТІ ТА УМОВ ВІДБРАКУВАННЯ ВИЛИВНИЦЬ З</b>	
<b>МЕТОЮ ЗБІЛЬШЕННЯ ЇХ РЕСУРСОЄМНОСТІ НА ПАТ «ЗАПОРІЖСТАЛЬ»..</b>	
<b>55</b>	
3.1 Аналіз стійкості виливниць і розробка способів підвищення	
стійкості виливниць .....	55
3.2 Вплив дефектів виливниць на якість злитків і прокату .....	66

3.3	Матеріали для виготовлення виливниць.....	69
3.4	Підготовка виливниць до розливання .....	73
3.5	Вплив часу перебування металу у виливниці на її стійкість .....	76
3.6	Вплив коефіцієнта оборотності виливниць на їх стійкість.....	78
3.7	Вплив технології розливання сталі на стійкість виливниць і піддонів .....	82
3.8	Техніко-економічні показники впровадження результатів НДР .....	
4	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА .....	89
4.1	Аналіз потенційно шкідливих і небезпечних чинників цеху підготовки составів (ЦПС).....	89
4.2	Розробка заходів захисту від впливу небезпечних і шкідливих чинників виробничого середовища ЦПС .....	91
4.3	Заходи з електробезпеки.....	92
4.4	Заходи пожежної безпеки.....	93
4.5	Технічні рішення виробничої санітарії.....	94
4.5.1	Опалення та вентиляція цеху .....	94
4.5.2	Освітлення виробничих приміщень .....	95
4.5.3	Санітарно-побутові приміщення .....	95
4.5.4	Індивідуальні засоби захисту .....	97
4.5.5	Виробничий шум, виробнича вібрація.....	97
4.6	Розрахунок аерації.....	98
	ВИСНОВКИ.....	100
	ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	101

## ВСТУП

Однією з головних задач розвитку чорної металургії є підвищення якості виплавленої сталі і готового прокату, і зниження собівартості. Однією зі статей зниження собівартості є експлуатація змінного обладнання з мінімальним видатковим коефіцієнтом. Підвищення якісних та економічних показників металургійного виробництва частково залежить від якості та вартості сталерозливного обладнання зокрема виливниць. На більшості вітчизняних підприємств, у тому числі і на «Запоріжсталі» розливу металу виробляють у виливниці. Зусиллями колективів науководослідних інститутів і заводських лабораторій визначаються шляхи вдосконалення якості і підвищення терміну служби виливниць, проте ряд питань все ще є проблематичними і недостатньо оснащеними. Особливої уваги заслуговують такі напрямки:

- 1) поліпшення якості чавуну вживаного для виробництва виливниць;
- 2) підвищення термостійкості робочої поверхні виливниць;
- 3) догляд за парком експлуатованих виливниць (чищення, змащення, ремонт і т.д.);
- 4) пошук методів експлуатації виливниць для підвищення їх стійкості.

Враховуючи, що скорочення витрат виливниць і підвищення їх стійкості є важливим резервом у скороченні витрат на виробництво сталі, необхідно більше уваги приділяти якості виготовлення і експлуатації виливниць. У рішенні цієї проблеми значний внесок внесли вчені Л.М. Черкасов, А.С.Філіппов та інші.

Дослідженнями [1 - 13] встановлено, що витрата виливниць залежить від більшого числа факторів. До них відносяться: умови виплавки чавуну і його хімічний склад, технологія виливки виливниць, температура і сортамент сталі, що розливається, умови експлуатації виливниць та ін.

Аналізуючи дані [12,13] з експлуатації виливниць можна визначити шляхи підвищення їх стійкості для зниження витрат на виробництво тонни сталі.

Проблеми підвищення якості виливниць та їх експлуатації зберігаються актуальним і на найближче майбутнє. Зниження витрати виливниць тільки на комбінаті

«Запоріжсталь» на 1 кг / т сталі дозволить забезпечити економію понад 3000 тис. виливниць на рік.

У даній роботі проведені дослідження причин виходу з ладу виливниць на комбінаті «Запоріжсталь», а так само вплив часу перебування металу в виливниці і коефіцієнта оборотності виливниць на їх стійкість. Усунення цих причин не вимагає додаткових капіталовкладень і великих витрат і дозволяє підвищити стійкість і зменшити витратний коефіцієнт виливниць, що в кінцевому підсумку дає зниження собівартості виплавленої сталі.



## 1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

### АНАЛІТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА КОНСТРУКЦІЇ, ЗАСТОСУВАННЯ І ВИГОТОВЛЕННЯ ВИЛИВНИЦЬ

#### 1.1 Матеріал для виготовлення виливниць

Матеріалом для відливання виливниць служить чавун, іноді сталь. Середня стійкість чавунних виливниць становить 60-100 плавок. Виливниці виходять з ладу в результаті утворення наскрізних чи глибоких тріщин, вимоїн, розпалу на внутрішній поверхні і з-за механічних пошкоджень від ударів при небрежному зверненні. Спочатку з'являються дрібні тріщини, викликані зростанням чавуну в процесі його служби при високій температурі; потім проникають у них гази, взаємодіючи з окисленою поверхнею тріщин, призводять до утворення великих розпалів. На внутрішній поверхні виливниці утворюється груба сітка, через яку псується поверхня злитка. Подальше розгалуження тріщин і розпал виливниці призводять до зависання злитка.

Таким чином, погана стійкість виливниць супроводжується одночасно низькою якістю поверхні злитків. І те й інше різко підвищує цехову собівартість тонни придатного металу в злитках.

Одержання якісного рідкого чавуну для відливу виливниць, що забезпечує високу їх стійкість, є досить важливим завданням.

Для виготовлення виливниць застосовують чавун, що має перлітно-феритну структуру з невеликою кількістю дрібних пластинок графіту. Наявність структурно вільного цементиту в чавуні не допускається. Для невеликих виливниць масою до 2,0 т рекомендується мати в структурі чавуну 10-15% фериту (від площі шліфа), а для більших - 20-60%.

Щоб отримати оптимальну структуру чавуну, для виливниць І. М.Блінов рекомендує наступний склад: 3,3-4,0% С, 1,0-2,2% Si, 0,8-1,0% Mn, 0,1-0,25% P, не більше 0,1 % S. Переплавляти чавун рекомендується в вагранках, а не в полум'яних печах.

Вказується на хорошу стійкість виливниць, відлитих з титаномagnetитових чавунів, які містять титан і ванадій, або з природнолегованих чавунів, які містять у середньому 0,4-0,8% Ni і 2,5-3,0% Cr. Підвищену стійкість мають виливниці, що відлиті зі звичайного чавуну з присадкою 0,5% Cr і невеликих кількостей (0,2%) титану або молібдену.

Нікель, що міститься в чавуні, сприяє графітизації і подрібненню графіту, що також посилює опір чавуну зростанню, як і хром, підвищуючи утворення карбідів заліза при 500-600 °С, попереджає зростання чавуну.

У спеціалізованих цехах при підготовці рідкого доменного чавуну необхідно здійснити дві основні операції: знизити температуру з метою зменшення в металі графітової спелі, попередження пригара і скоригувати хімічний склад до рівня вимог, обумовлених технічними умовами на виливницю.

Коригування чавуну за вмістом основних елементів здійснюється добавками відповідних феросплавів, змішанням ливарного і переробного чавунів або доменного та ваграночного. При цьому з'являється корисний ефект модифікування металу. Для більшості типорозмірів виливниць якісний чавун одержують при використанні шихти наступного складу: 40 - 55% ливарного чавуну, 10 - 15% передільного чавуну, 30 - 50% бою виливниць. При литві дрібних виливниць в шихті допускається до 10 - 15% сталювого брухту [2].

Режим плавки чавуну для відливання виливниць визначається головним чином необхідністю одержання в ньому високий вміст вуглецю. Для збільшення ступеня науглецювання чавуну зазвичай збільшують горна вагранки, не прагнуть до форсованого режиму плавки і до перегрівання металу. Температура його при випуску з печі не повинна перевищувати 1300°C.

Необхідна структура та властивості чавуну в виливницях досягається регулюванням швидкості кристалізації вилівка і відповідним хімічним складом. Роль окремих складових обмежується регулюванням структури чавуну, що безпосередньо впливає і на службові властивості виливниць.

Для вилівки виливниць найчастіше використовують чавуни, середній хімічний склад яких наведено нижче.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад чавуну для виготовлення виливниць

Елементи	У доменній печі, %	В вагранці, %
C	4,1 – 4,4	3,6 – 3,8
Si	0,5 – 1,2	1,7 – 2,2
Mn	0,5 – 0,9	0,7 – 1,1
S	0,025 – 0,040	0,08 – 0,10
P	до 0,12	до 0,12

Залежно від умов експлуатації і типорозмірів виливниць складу чавуну може змінюватися в межах, зазначених у технічних умовах. Вплив основних елементів на службові властивості виливниць найбільш повно проаналізовані в роботі [6].

Більшість ливарних цехів відливають виливниці в сухі разові піщано-глинисті форми. При литві в разових формах забезпечується більш рівномірна макро - і мікроструктура чавуну в стінках виливниці і менше різностінність.

Опочне оснащення складається з нижньої (піддона) і середньої опок і кокільного верху. Піддон сталевий має стругану поверхню фланців. Він забезпечений направляючими штирями, а для видалення газів з стрижня постійно з'єднаний з піддоном. Піддон є базою при набиванні форми і стрижня.

Перед початком виготовлення форми на піддони кладуть сталеву стругану протяжну рамку товщиною 80 - 100 мм і центрують по штирям. Потім по штирям встановлюють середню опоку, яка являє собою зварену коробку без роз'ємів з отворами для виходу газів. Висота середньої опоки дорівнює висоті чистої моделі. Скриплення середньої опоки з протяжною рамкою здійснюється чотирма кованими скобами або клиновим затягуванням. В одному з кутів середньої опоки у вертикальному положенні встановлюють модель стояка, нижній кінець якого знаходиться приблизно на 60 мм вище протяжної рамки [2].

Для набивання форми і стрижня застосовують єдину формувальну суміш, яка надходить рівномірно з рухомих транспортерів. Суміш ущільнюють пневматичними трамбівками, піскометом або заливкою ЖСС. У процесі набивання на відповідних рівнях встановлюють моделі живильників. Після закінчення набивання середньої опоки приступають до ущільнення основного стрижня з тієї ж формувальної суміші.

Для зміцнення стержня в процесі його набивання укладають жорсткі рамки з дроту діаметром 6 мм. Зазвичай ставлять 6 - 7 рамок рівномірно по висоті.

Після закінчення набивання форм і стержня середню частину форми знімають разом з протяжною рамкою і видаляють чисту модель. Останню операцію проводять у строго вертикальному напрямку, щоб моделлю не зруйнувати стрижень. Потім приступають до набивання нижньої опоки (піддона) і обробці всієї форми. Щільність набивання по твердоміру повинна бути для форм 80 - 85 од. і для основного стержня 80 - 90 од. [2].

Форми і стрижні забарвлюють пульверизатором, товщина шару фарби 2 - 3 мм. Після фарбування середню частину форми (кожух) ставлять на піддон таким чином, щоб вийшла щілину для проходу газів при сушінні. Досягається це за допомогою спеціальних підкладок. Підготовлений комплект підсушують: тривалість сушіння в середньому становить 8 годин. Глибина підсушеного шару формувальної суміші для форм і стрижнів повинна бути не менше 50 - 60 мм.

Просушені форми збирають у заливальному кесоні або на конвеєрі. Кожух форм встановлюють на піддоні по штирям. Кріплення кожуха з піддоном здійснюють скобами. Живильник і літниковий хід продувають стисненим повітрям. Поверхню верхньої опоки (кокілю), що стикається з відливанням, покривають фарбою щільністю 1,05 - 1,1 кг/м<sup>3</sup>. Потім верхню опоку (кокіль) встановлюють на середню опоку і кріплять скобами. У верхній частині форми набивають ливникову воронку для заливки чавуну і випарів для виходу газів. Для підвищення міцності виливниць при зборі форм встановлюють бандажі в нижню, а для деяких типорозмірів і у верхню частину форми. Заливання здійснюють за допомогою поворотного або стопорного ковша при використанні чавуну доменної плавки.

Така технологія виготовлення форм виливниць характерна в основному для спеціалізованих цехів.

Малопотужні ливарні цехи відчують брак формувальних площ і сушильних засобів, тому виливниці відливають у полупостійних формах. Перевага цього методу є те, що в одній формі можна отримувати до 50 виливків. Основними недоліками полупостійних форм є важкі умови праці формувальників, пов'язані з ремонтом га-

рячих форм, а також нерівномірність остигання залитої виливниці, так як теплопровідність полупостійної форми (кожуха) і стрижня різна. Це призводить до появи різномірних структур у стінках виливниць через вплив ребер і фланців полупостійної опоки на зростання кристалізації металу. При цьому неможливо також витримати точні розміри виливниці, особливо товщину стінок. Зазначені недоліки полупостійних форм показують, що застосовувати цей метод, особливо для відливання великих виливниць, недоцільно.

Є досвід [7] з лиття чавунних виливниць в кокільях з обмазкою. Оснащення складається з піддону, двох боковин (кожухів) і верху. Наявність великого шару обмазки (20 - 25 мм) на внутрішній поверхні окремих частин кокільної форми уповільнює охолодження виливниць, що сприятливо впливає на їх стійкість.

Основними умовами, що забезпечують високу економічну ефективність централізованого виробництва виливниць, слід відзначити:

- потокове конвеєрне виробництво, що дозволяє механізувати й автоматизувати процеси заливки, сушіння та охолодження форм; виключити багато транспортні операції;

- застосування піскометного формування і рідких самотвердіючих сумішей, що забезпечує механізацію і підвищення продуктивності формовки;

- використання уніфікованого технологічного модельно-опочного оснащення, що дозволяє механізувати допоміжні операції;

- можливість заміни чавуну ваграночної плавки рідким передільний чавуном, що подаються безпосередньо з доменної печі;

- створення нового спеціального обладнання для механізації й автоматизації всіх трудомістких і допоміжних операцій. Крім того в спеціалізованих цехах з виробництва виливниць істотно поліпшуються санітарно-гігієнічні умови праці.

Для підвищення стійкості внутрішньої поверхні виливниці проти окислення і утворення тріщин вдаються іноді до алітування. Для цієї мети алюмінієвий порошок розмішують в смоляній пасті і цю масу наносять на внутрішню поверхню виливниць. Після витримання певний час виливниць у печі при 800 °С відбувається дифузія алюмінію в метал.

Спроби збільшити стійкість виливниць шляхом заміни чавуну сталлю не дали позитивних результатів. Сталеві виливниці в експлуатації швидко коробляться і з цієї причини часто відбраковуються. Різниця в швидкості остигання злитків у чавунній або сталевій виливниці немає у зв'язку з близькими значеннями теплопровідності вказаних матеріалів.

У середньому можна прийняти витрату чавунних виливниць рівною 1,5-3% маси відлитих злитків. У ряді випадків витрата виливниць становить 1% і менше. При малій масі злитків витрата виливниць збільшується.

*Поперечний перетин виливниць.* З сталевих злитків квадратного чи круглого перетину можна обробкою тиском при прокатці отримувати заготовки або готовий профіль будь-якої форми. Однак, з метою економії металу і часу на обробку, бажано, щоб поперечний переріз злитку ближче підходило до форми поперечного перерізу профілю, що прокатується. Злиткам, що прокатують на квадратні заготовки, надають квадратний перетин. Коли злитки призначаються для прокатки на листовий метал або сляби, їм надають форму прямокутного перерізу з відношенням сторін у разі прокатки на блюмінгу до 1,5 і в разі прокатки на слябінг 1,8-3,0.

Злитки круглого перетину звичайно призначаються для прокатки труб, бандажів і коліс. Так як на круглих злитках часто утворюються поздовжні тріщини, то в можливих випадках круглий перетин замінюють багатокутним. З тією ж метою боротьби з тріщинами злиткам квадратного перетину надають хвилясту поверхню, опуклу (або увігнуту) форму, що в більшості випадків виправдовується на практиці.

Злиткам, які прокатуються без кантування в одному напрямку, надають форму витягнутого шестикутника. Для отримання плит шляхом кування виготовляють злитки, що мають перетин, а при отриманні плит пресуванням - форму.

## **1.2 Конструкції виливниць**

У залежності від сорту виплавленої сталі застосовують виливниці різноманітної конструкції.

За своїм призначенням застосовуються два типи виливниць: виливниці для розливання киплячої сталі та виливниці для розливання спокійної сталі. Конструкція

виливниці для киплячої сталі не залежить від того, розливається сталь зверху чи, безпосередньо з ковша, або розливається знизу - сифонним способом. Конструкція виливниць для спокійної сталі часто залежить від способу розливання і від того, як переробляються злитки - прокаткою або куванням. Вага злитка і форма виливниць для киплячої і спокійної сталі залежить від потужності станів і від того, на якому обтискному стані прокочуються злитки - на блюмінгу або на слябінг: виливниці для блюмінгових злитків мають квадратний перетин, виливниці для слябінгових злитків - прямокутне [1].

Для злитків киплячої сталі, призначених до прокатці на сляби, застосовують виливниці з невеликою опуклістю стінок, що в більшості випадків попереджає утворення тріщин у початковий період твердіння зливка. За даними інших заводів, широкі межі великих злитків слід виконувати увігнутими (8-10 мм).

Для розливання киплячої сталі застосовують наскрізні виливниці без дна, що розширюються донизу (1,0-1,5% на сторону) з метою полегшення роздягання злитків. У виливницях, призначених для відливання великих квадратних і листових злитків киплячої сталі особливо з підвищеною швидкістю розливання, внутрішня поверхня стінок виконується хвилястою з метою усунення можливості утворення тріщин на ранньому етапі кристалізації.

Енергійний відвід тепла хвилястими стінками виливниці прискорюють кристалізацію і формування більш товстої скориночки злитка. Недоліком таких виливниць є їх знижена стійкість через швидкий і нерівномірний розпал внутрішньої хвилястої поверхні.

Для підвищення продуктивності блюмінгів і слябінгів необхідно збільшити масу злитків, що надходять у прокатку. Але так як змінювати в широких межах поперечний переріз злитку не можна, то його вагу збільшують за рахунок висоти злитка. При розливанні киплячої сталі зверху у високі виливниці зі швидкістю 0,8-0,9 м/хв спостерігається мляве кипіння металу. Товщина скориночки злитку в цьому випадку знаходиться в межах 3 - 8 мм. Для поліпшення умов розливання використовують інтенсифікатори кипіння. При розливанні ж киплячої сталі сифонним спосо-

бом в такі виливниці зі швидкістю підйому металу 0,35 - 0,40 м/хв забезпечується здорова скоринка товщиною більше 15 мм.

Для виробів з киплячої сталі, що виготовляються з великою витяжкою, можна збільшити швидкість розливання до 0,6 - 0,7 м/хв. Це дозволяє при сифонному наповненні одночасно чотирьох виливниць встановлювати у ковші стаканчик діаметром 50-60 мм, і, отже, значно скоротити тривалість розливання плавки.

Виливниці пляшкового типу: після закінчення наповнення виливниці верхній отвір закривають чавунною або сталеву пробкою. Виливниці цього типу приміняють при розливанні киплячої сталі, але практикується іноді розливання полуспокійної сталі у виливниці пляшкового типу.

При розливанні киплячої сталі з підвищеним вмістом вуглецю та середнім вмістом марганцю, тобто такої сталі, яка зазвичай мляво кипить і схильна до зростання, і при фабрикації механічно закупорюваних злитків також використовують виливниці пляшкового типу. Злитки, відлиті в такі виливниці відрізняються тонкою скоринкою, але незначною сегрегацією.

Однак краще користуватися відкритими виливницями для розливання полуспокійної сталі. Це полегшує центрування струменя металу при розливанні зверху і дозволяє вибирати різні методи фабрикації хімічно закупорених злитків сталі, про які буде згадано нижче.

Для спокійної сталі застосовують глуходонні виливниці з отвором в дні для установки стаканчика (при сифонному розливанні) або сталеві пробки (при розливанні зверху). Часто застосовують квадратні виливниці з плоскими або увігнутими внутрішніми гранями. Для невеликих злитків якісної сталі іноді використовують наскрізні хвилясті виливниці, що розширюються донизу, з прибутковими надставками. Для виливки трубних злитків використовують наскрізні круглі виливниці з утепленою верхньою частиною.

Злитки, призначені для прокатки, в більшості випадків відливають у виливниці квадратного або прямокутного (еліптичного) перетину.

Злитки, призначені для кування, отримують у виливницях багатогранного профілю, в яких швидкотвердний поверхневий шар металу. Відведення тепла рідкої



сталі ребрами такий виливниці випереджає відвід тепла її гранями. Це сприяє ранньому формуванню скелета, що підвищує механічну міцність скориночки злитка. Кращими є восьмигранні виливниці.

Конусність звичайних розширених догори виливниць для зливків, призначених для прокатки, становить 2,5-3,5%.

Злитки, призначені для кування, можна отримувати у виливницях з більшою конусністю, але в допустимих межах за технологічними умовами.

*Утеплюючи прибуткові надставки.* Широке застосування мають прибуткові надставки двох типів:

1. Чавунні стаціонарні надставки, футеровані шамотною цеглою, або набивні з вогнетривкої маси. Поверх цієї футеровки наносять змінюваний шар спеціальної вогнетривкої маси. Для дрібних і середніх виливниць використовують звичайні прибуткові надставки, без замків. Для великих виливниць прибуткові надставки виконуються із замками, що значно спрощує роботу з їх встановлення і центрування на виливницях.

2. Плаваючі керамічні надставки, опускаються всередину виливниці, або чавунні каркаси, футеровані вогнетривкою цеглою. Надставки першого типу застосовують для зливків всіх видів. Для великих зливків все частіше застосовують надставки другого типу. Маса рідкого металу в прибутковій частині злитка в залежності від сорту сталі повинна бути в межах 12-20% загальної маси злитка. Зменшення маси металу нижче вказаної межі призводить до поширення усадочної раковини в тіло злитка, що викликає великі втрати металу в обрізки при прокатці.

Для полегшення зняття прибуткових надставок, а також зменшення втрат тепла дзеркалом злитку внутрішні стінки прибуткових надставок виконуються з конусністю в межах 10-15%. Існують різні форми прибуткових надставок і способи їх футеровки вогнетривкими матеріалами. Є надставка, яка виконана з шамоту без металевого облицювання. Такі надставки обв'язують дротом перед установкою, і це охороняє їх від руйнування під час служби. Така надставка служить лише один раз, але швидкість підготовки виливниці до розливання, можливість зміни маси зливка і можливість утворення поперечних тріщин від зависання при використанні такої над-

ставки виправдовують її експлуатацію. Інша надставка складається з чавунного кожуха, всередині якого поміщена шамотна воронка. Простір між ними заповнений цегляним помелом. І в цій надставці часто доводиться замінювати шамотну воронку, так як при роздяганні злитку вона руйнується. Також використовується надставка, яка має широке застосування для малих і середніх злитків. Надставку футерують вогнетривкою цеглою, на який потім наносять шар вогнетривкої глини і просушують на горні. Поверх основного шару наносять змінюваний шар товщиною 10-15 мм, а потім робочу поверхню футеровки надставки фарбують графітовим порошком. Під час експлуатації такої надставки ремонтують лише змінюваний шар. Різновид виливниці з футерованою верхньою частиною застосовують для полегшення складання каналу. Воронку з тонкої жерсті встановлюють у спеціально виготовлених уступах на внутрішніх стінках виливниці і в простір, що утворився, засипають розігрітий до 100-150 °С пісок.

Надставку застосовують при литві зливків, у яких в холодному стані відламують прибуткову частину перед подачею в нагрівальні пристрої. Для створення перетискання між тілом і головною частиною злитку прокладається шамотне кільце. Футеровку виконують так само, як для надставки другого типу. Широкого поширення така надставка не отримала. Є надставка, що опускається усередину виливниці, вона застосовується при литві великих зливків. Змінюючи висоту підпірок під надставку, можна в одній і тій же виливниці відливати злитки різної маси. Надставка складається з чавунного каркаса, футерованої вогнетривкою цеглою або вогнетривкою масою.

Проміжок між нижньою кромкою надставки і виливницею ущільнюється азбестовим шнуром. Після закінчення розливання прибирають дерев'яні підпірки, що утримують надставку, і тоді надставка може вільно опускатися разом зі злитком в процесі охолодження. Це є великою перевагою таких надставок, так як завдяки вільному скороченню злитка в період твердіння усуваються напруги, що викликають утворення поперечних тріщин.

Слід мати на увазі, що при застосуванні таких надставок необхідно робити паузу перед заповненням прибутку металом щоб уникнути прориву металу в зазорі між надставкою та виливницею.

Для виливки малих зливків такі «плаваючі» надставки взагалі не придатні. При опусканні надставки всередину невеликої виливниці відбувається енергійне охолодження верхніх обсягів металу, внаслідок чого постачання осьової частини злитка рідким металом швидко припиняється.

При вживанні стаціонарних надставок часто спостерігається зависання злитка, що є наслідком потрапляння металу в нещільності стику між надставкою і виливницею або проникнення металу в тріщини футеровки надставки. Виникаючі при затвердінні напруги в скоринці злитку призводять до утворення поперечних тріщин. Уникнути ці дефекти можна. Для цього необхідно, щоб дотичні площини виливниці та надставки були простругані, надставки повинні встановлюватися строго центровано щодо геометрії вертикальної осі виливниці, футеровка у прибутковій надставці повинна бути добре змащене, мати правильну конусність.

Прибуткові надставки для великих злитків, як вказувалося, виконуються із замком для полегшення правильної установки на виливниці.

Перехід від злитка до прибутку виконується звуженням на 10 мм на сторону у верхнього краю злитка. Це здійснюється пристроєм заплічок на нижній площості надставки.

В останні роки, з метою боротьби з заворотом скориночки і утворенням пухирців в головній частині злитка, внутрішні розміри нижнього перерізу прибуткової надставки виконують на 20 мм більше відповідних розмірів верхнього перерізу виливниці. Використання таких надставок сприяє також відриву літника, від злитка, що має велике значення при роздяганні злитків сифонного розливання.

Застосовуються також виливниці з внутрішньою постійною утеплювальною прибиллю, яка дає лише малий ефект. Занадто тонка чавунна стінка швидко прогорить, і виливниця передчасно виходить з ладу.

При правильному догляді і ремонту після кожної плавки прибуткова надставка може служити 100-120 плавок, після чого наново міняють всю футеровку.

## **1.3 Основні принципи конструювання виливниць**

### **1.3.1 Форма і розміри поперечного перерізу виливниць**

Внаслідок великого тиску стовпа рідкої сталі на спочатку закристалізовану тонку скориночку можуть з'явитися тріщини в зовнішньому шарі злитку, які в більшості випадків заліковуються рідким металом. Однак збільшенням поверхні зіткнення рідкої сталі з виливницею можна збільшити відбір тепла при твердінні і тим самим зміцнити первісну корочку і можливість утворення тріщин. У цьому відношенні круглий перетин злитку є самим не вигідним, і такі злитки в дійсності є найбільш чутливими до тріщин. Недарма круглі злитки легованої сталі масою 800-1200 кг піддаються обдиранню на верстатах перед прокаткою або куванням.

Найбільш поширеним профілем злитку для прокатки на блюмінгу є злиток квадратного перетину з увігнутими гранями. У такому зливку первинна скоринка помітно товщі в кутах, де метал твердне з більшою швидкістю, ніж на гранях. Тому стінки виливниці в кутах тонше до 0,8 товщини її в середині грані. Це зроблено з метою збільшення рівномірності відведення тепла по кутах та ракурсах. Зміцнена первісна скоринка злитку в такій виливниці добре протистоїть розтягуючим зусиллям, що виникають при усадці сталі.

Подальший крок у напрямку швидкого потовщення початкової скоринки був зроблений застосуванням виливниці з хвилястою внутрішньою поверхнею. Така форма виливниці забезпечує досить велику поверхню охолодження.

Перехід до багатогранного профілю злитку істотно поліпшив становище. Найбільш раціональним для кувального злитку виявився восьмигранний профіль з малими радіусами закруглення кутів. Перехід на злиток з великим числом граней виявився недоцільним, оскільки така форма злитку наближає його до зливка круглого перерізу. Оптимальний радіус закруглення кутів восьмигранних виливниць для великих злитків (до 120 т) лежить у вузьких межах і коливається від 22 до 38 мм.

Практика застосування багатогранних злитків показала, що різко виражені площинні слабину, пов'язані з транскристалізацією, часто спостерігаються на квадратних злитках, у цьому випадку отримують слабкий розвиток.

Як правило, зі збільшенням маси квадратного злитку зростає його поперековий перетин, оскільки існує відоме співвідношення висоти до наведеного діаметру  $H:D$ . За інших рівних умов тривалість затвердіння злитка з великим поперечним перерізом збільшується. Це сприяє видаленню газів, а також кращому спливанню неметалічних включень. Однак пов'язана з уповільненим охолодженням великих мас металу сегрегація домішок змушує всіляко уникати надмірно великого перерізу злитка.

З точки зору розвитку явищ сегрегації квадратний злиток є менш вигідним, так як кристалізація плоского злитку такої ж маси зі звичайним відношенням  $H:D$  протікає зі значно більшою швидкістю, ніж квадратного.

При проектуванні прямокутних і плоских зливків для слябінга або листових станів зазначена обставина приймається до уваги нарівні з іншим, не менш важливим, вимогою подачі до стану злитків такої форми і такої маси, які забезпечують можливо велику продуктивність агрегату та отримання якісної продукції.

Для характеристики листових виливниць вибрати відношення  $H:D$  недостатньо, так як при одному і тому ж  $D$ , тобто при однакової площі середнього поперечного перерізу, листові виливниці можуть мати різні довжини широких і вузьких граней. Тому при проектуванні таких виливниць користуються відношенням  $H:V$ , де  $V$  - середня товщина злитка.

На більшості заводів користуються виливницями з відношенням  $H:V = 2,5 - 3,0$  і відношенням  $H:D = 1,7 - 2,3$ . Довгі боки виливниць роблять трохи випуклі, а стінки виливниць з цих сторін товща, чим забезпечується прискорення кристалізації скоринки на початковому етапі твердіння зливка.

У виливницях для великих злитків довгі сторони роблять хвилястими. Виступаючі хвилі злитку тверднуть першими і служать зміцнюючими ребрами для всього каркаса злитка.

### 1.3.2 Вибір відношення висоти злитку $H$ до його товщини $D$

При конструюванні виливниць слід приділяти особливу увагу формі і розмірам порожнини для відливання злитків. У подальшому, для зручності викладу, замість розмірів порожнини виливниць слід розглядати вагу та габаритні розміри злитків.

При заданій масі злитка і обраній формі його поперечного перерізу (приведеного діаметра) висота злитка може бути визначена легко. Але, як побачимо нижче, арифметичне рішення такого завдання без урахування всіх факторів впливу висоти злитка на якість сталі є недостатнім.

Зі збільшенням висоти злитка пропорційно зростає феростатичний тиск, що викликає небезпеку появи тріщин на поверхні злитку, особливо в його нижній частині. Зі збільшенням висоти злитка погіршуються умови очищення злитка від неметалевих включень і газів.

Наочними прикладами впливу висоти злитка на дегазацію металу можуть служити високий і низький злитки киплячої сталі. У першому з них з-за великого феростатичного тиску кипіння, тобто виділення газу, відбувається дуже мляво, і він твердне з численними стільниковими бульбашками, розташованими близько до поверхні в нижній половині злитка. У злитку ж невеликої висоти стільникових бульбашок менше і розташовуються вони на значній відстані від поверхні. У злитках спокійної сталі за певного розміру поперечного перерізу збільшення висоти призводить до надмірного розвитку усадочної раковини і пухкості. Ці вади різко знижуються, як тільки ми починаємо збільшувати поперечний переріз злитка при збереженні тієї ж висоти. Таким чином, для усунення ряду дефектів злитку важлива не абсолютна висота його, а відносна, тобто відношення висоти злитка (до прибутку) до його перетину (середньому діаметру). При зниженні відношення  $H:D$  збільшується період затвердіння внутрішніх зон злитка, що сприяє спливанню включень і забезпечує живлення рідким металом усадочні порожнечі, що утворюються в зливку.

Для якісних сталей рекомендоване співвідношення між висотою зливка (без прибутку) і середнім діаметром вибирають рівним в злитках для прокатки 2,8-3,3, а в злитках для кування 2,0-2,5.

В даний час в мартенівських цехах для великих квадратних і прямокутних злитків спокійної сталі вибирають відношення  $H : D = 2,8-3,3$ , а для зливків киплячої сталі 3,0-3,5; для листових злитків спокійної сталі це відношення вибирається рівним 1,7-2,3 і для зливків киплячої сталі 2,1-2,7.

Для злитків спокійної сталі, в яких потім висвердлюється або видавлюється серцевина (бандажні і гарматні зливки) відношення  $H:D$  може бути більше. Відзначаємо, що, змінюючи конфігурацію зливка і використовуючи прибуток, що розширюється догори, на деяких заводах успішно виготовляють ковальські зливки з відношенням  $H:D = 4,5$  і конусністю на обидві сторони 4,3-5,0%.

Надмірне збільшення висоти злитків, при незмінній ширині, негативно впливає на їх якість. Так, наприклад, значне збільшення висоти злитків, що розливають зверху, сприяє збільшенню розбризкування сталі при наповненні виливниць, що, у свою чергу, призводить до збільшення кількості полон і підкіркових бульбашок на поверхні злитків. Збільшення висоти злитків спокійної сталі викликає також погіршення внутрішньої будови зливків внаслідок розвитку усадочної пухкості. При збільшенні висоти злитків спокійній сталі, що розливається сифонним способом, збільшується тривалість наповнення виливниць, внаслідок чого посилюється охолодження відкритої поверхні металу, що піднімається у виливниці при розливанні, що призводить до утворення на ній твердої окисленої «кірочки» і до завороту її.

Збільшення висоти злитку киплячої сталі, при незмінній ширині, його, погіршує кипіння сталі у виливниці, тому що при цьому підвищується феростатичний тиск у злитку, що ускладнює зародження і спливання бульбашок газу [5].

З іншого боку, збільшення поперечних розмірів виливниць, при незмінній висоті їх, як у зливків киплячої сталі, так і зливків спокійної сталі приводить до збільшення циклу, а також сприяє більшому розвитку хімічної неоднорідності, в результаті збільшення маси зливка і часу його кристалізації. Надмірне збільшення товщини злитків різко знижує продуктивність обтискних станів. При виборі товщини зли-

тку необхідно також враховувати можливість захоплення його кліщами стріперних крана.

З урахуванням вищесказаного при проектуванні виливниць для сталевих злитків застосовують [4] наступні відношення висоти до середньої ширині вгорі злитка:

При вазі злитка:

до 1 т - 5;

від 1 т до 5 т - 4;

понад 5 т -  $2,5 \div 3$ .

Виливниці, застосовувані для відливання злитків, призначених для прокатки, роблять зазвичай квадратного або прямокутного перерізу. Кути внутрішнього контуру виливниці закруглюються, при цьому значно збільшувати радіус заокруглень не допустимо, тому що в цьому випадку форма злитку наближається до циліндричної, у якої, внаслідок найменшої поверхні для даного обсягу злитка, тангенціальні напруги в стверджувальному шарі досягають найбільшого значення, що збільшує схильність до утворення на поверхні злитка поздовжніх тріщин. При малому радіусі заокруглень також з'являється можливість утворення поздовжніх тріщин на кутах злитку внаслідок того, що площинні слабини, які утворюються на стику зон трансформізації, що ростуть від суміжних граней, будуть знаходитися дуже близько від поверхні. Таким чином, необхідно вибирати оптимальний радіус заокруглень, при якому схильність до утворення поздовжніх тріщин буде найменшою [1].

### **1.3.3 Товщина стінок виливниць. Маса виливниць**

Питанню визначення оптимальної товщини стінок виливниць присвячено безліч досліджень [2,10]. Це пояснюється прагненням створити умови для отримання максимальної стійкості виливниць і найбільш швидке затвердіння злитків, оскільки якість литого металу в найбільшій мірі залежить від хімічної однорідності, яка обумовлена ліквідацією домішок і агрегацією компонентів, що входять до складу сталі, і при інших рівних умовах, значно залежить від швидкості твердіння металу у виливниці. До недавнього часу вважалось, що чим більше товщина стінок виливниці, тим



більше швидкість затвердіння злитків [4]. Однак дослідження останніх років переконливо доводять, що збільшення товщини стінок виливниці доцільніше лише до певної величини, подальше ж збільшення її на зростання швидкості затвердіння злитків не впливає значно [4].

Так, Н.Є.Скороходов, в результаті проведеного ним дослідження, показав, як змінюється швидкість затвердіння 6-ти тонного у виливницях різної товщини [5]. У зазначеній роботі злитки відливалися у виливниці однакові за ємністю і типу, але з різною товщиною стінок (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 – Розміри виливниць, підданих дослідженню

Виливниці	Вага, кг	Товщина стінок, мм		Розміри внутрішнього перерізу, мм		Внутрішня висота, мм
		Верх	Низ	Верх	Низ	
Товстостінна	9600	140	220	690	535	1900
Тонкостінна	4200	80	80	690	535	1900

Швидкість кристалізації зливків в цих умовах перевірялася шляхом вилу незатверділого металу з виливниць через певний час. Середні результати чотирьох вимірів (табл. 1.2) показали, що в тонкостінній виливниці твердіння металу відбувається навіть швидше, ніж у товстостінній, так через 30 хвилин середня товщина кірки склала 151 мм проти 139 мм у виливниці з середньою товщиною стінки 180 мм, крім того, зі збільшенням витримки ця різниця збільшується (табл. 1.3), що можна пояснити зниженням теплового потоку за рахунок більшої акумуляції тепла виливницею з більшою товщиною стінок.

Таблиця 1.3 – Динаміка затвердіння злитка у виливницях з різною товщиною стінок

Виливниці	Обсяг порожнечі (літри) після витримки (у хв).				Середня товщина твердої кірки (в мм) після витримки (у хв).		
	10	30	60	100	10	30	60
Товстостінна	319	179	60	17	89	139	205
Тонкостінна	320	160	35	0	89	151	254

Автор зазначеного дослідження пояснює більш швидке затвердіння металу в тонкостінній виливниці тим, що вона швидко прогрівається, при цьому температура її зовнішньої поверхні досягає величини більшої, ніж у товстостінній виливниці за той же проміжок часу. Поверхня, нагріта до високої температури, більше відводить тепла випромінюванням і конвекцією, що видно з рівняння:

$$q_{\text{визл}} = C_1 \left[ \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_0}{100} \right)^4 \right] \quad (1.1)$$

$$q_{\text{визл}} = \alpha(T_1 - T_0) \quad (1.2)$$

де  $C_1$  - коефіцієнт випромінювання;

$\alpha$  - коефіцієнт теплопередачі конвекцією;

$T_1$  - абсолютна температура зовнішньої поверхні виливниці;

$T_0$  - абсолютна температура середовища.

У той же час акумулююча здатність виливниць майже повністю вичерпується задовго до закінчення затвердіння злитків. Так, наприклад, за 60 хв кристалізації акумулююча здатність товстостінної виливниці, тобто здатність поглинати теплоту, що виділяється злитком при охолодженні, вичерпується на 91%, в цей час частка випромінюваного тепла такою виливницею становить 10%; в тонкостінній виливниці за 60 хвилин акумулююча здатність вичерпується на 100%, проте частка випромінюваного тепла, сприймають цієї виливницею від охолоджуваного металу, буде більшою, ніж для товстостінній виливниці.

У тонкостінній виливниці виходять менші температурні перепади між внутрішньою та зовнішньою поверхнею, ніж у товстостінній, що сприяє підвищенню стійкості тонкостінних виливниць.

Збільшення товщини стінок виливниці призводить до збільшення їх ваги, внаслідок чого витрата виливниць на одиницю сталі в злитках зростає. При цьому також можливе зменшення стійкості виливниць, оскільки із збільшенням товщини стінок перепад температур між внутрішньою та зовнішньою поверхнею зростає як при затвердінні в ній злитку, так і при охолодженні її. Збільшення перепаду температур

призводить до підвищення термічних напружень, що сприяє утворенню тріщин на робочій поверхні виливниць.

Таким чином, виливниці слід робити тонкостінними, приймаючи при конструюванні товщину стінок, рівної 0,15 - 0,20 середньої ширини злитку, при цьому нижня межа 0,15 для злитків вагою понад 7 тонн, верхній - 0,20 для злитків вагою менше 2 тонн [1].

При виборі товщини стінок слід керуватися також конструктивними міркуваннями механічної міцності та стійкості виливниць [1].

При дотриманні зазначених умов вибору товщини стінок і дна виливниць, їх загальна вага, по відношенню до ваги злитків, становитиме 0,9 - 1,1. У виливниці без дна, призначених для відливання злитків киплячої сталі, це відношення буде дорівнювати приблизно 0,7 - 0,9 [1].

Вже в процесі наповнення виливниці металом відбувається кристалізація зовнішньої скориночки злитка. У цьому переконують нас окремі випадки аварії, коли рідкий метал йшов з виливниці. При цьому залишався затверділий металевий стакан, відповідний формі виливниці. У нижній частині стакана стінка завжди товщі, ніж у верхній.

Інші спеціально поставлені досліди для визначення швидкості кристалізації методом перекидання виливниці та виливання міститься в ній ще рідкого залишку також підтверджують, що кристалізація починається з моменту контакту рідкої сталі зі стінками виливниці.

Деякі металурги вважали, що чим товща за стінку виливниці, тим енергійніше вони будуть відбирати тепло у сталі при охолодженні. Для якісної сталі застосовували виливниці з такими товстими стінками, що маса виливниць перевищувала масу злитків в 2,5-3,8 рази. Цим прийомом прагнули створити кращу структуру злитка з менш розвиненою зоною шестоватих кристалів. У перші моменти зіткнення рідкого металу зі стінками виливниці дійсно є великий перепад температур, і швидкість кристалізації в цей час найбільша. Але разом з формуванням рубашки зливка (стакана), що є для залишків рідкої складової своєрідною новою виливницею з гарячими стінками - з одного боку, і розігрівання чавунної виливниці, - з іншого, зростання

кристалізації металу помітно слабшає. Експериментами встановлено, що посилення охолоджуючої дії стінок виливниці позначається лише при збільшенні їх товщини до 55 мм. Це було виявлено при перекиданні через 13 хв після наповнення хромонікелевою сталлю двох виливниць з товщиною стінок 54 і 115 мм і виливанні залишку не застиглої сталі.

В обох випадках товщина затверділого шару сталі виявилася приблизно однаковою. Більш сильний вплив товщини стінок виливниці на прискорення кристалізації було встановлено для вуглецевої сталі (0,34% С).

Вирішальну роль відіграє хімічний склад сталі. При меншій товщині стінки виливниці зона стовбчастої кристалізації вийшла приблизно вдвічі більшою в легированій сталі, ніж в вуглецевої.

Очікувати тривалого охолоджуючого впливу стінок виливниці не можна і з тієї причини, що виливниця, поглинаючи тепло металу, починає розширюватися, у той час як злиток внаслідок кристалізації починає стискатися. Це призводить до утворення зазору між злитком і виливницею. З цього моменту інтенсивність відводу тепла знижується, так як тепло рідкої сталі передається тепер через малотеплопровідний газоповітряний прошарок між злитком і виливницею.

Встановлено, що з цим моментом збігається порушення ходу температурної кривої нагріву виливниці.

С.С.Штейнберг вказує, «що різниця в швидкості охолодження сталі в товстостінної і тонкостінної виливницях в перші моменти після заливки незначна. Потім вона збільшується, досягаючи максимуму, далі вона починає зменшуватися, вирівнюватися і, нарешті, змінює свій знак, тобто товсті стінки не прискорюють, а сповільнюють охолодження злитка.

Рекомендують приймати товщину стінок виливниць для зливків спокійної сталі масою до 4 т рівної 0,25-0,18 середнього діаметра злитка з потовщенням стінок у нижньої основи виливниці. Дуже важливо розподілити товщину стінок по висоті виливниці рівномірно, без різких переходів і так, щоб верх злитку охолоджувався повільно, а низ швидко. Для більш важких злитків ця умова буде виконана в тому

випадку, якщо площа перерізу тіла виливниці приблизно дорівнює вгорі 0,65-0,75, а внизу 0,9-1,4 площі перетину злитка.

Для невеликих злитків киплячої сталі ці співвідношення перерізів стінок виливниці і перерізів злитку приймають рівними для верху 0,6-0,7, для низу 0,8-0,9.

Широкі трохі опуклі стінки листових виливниць повинні бути на 15-20 мм товщі вузьких; вузьку стінку виливниці виконують товщиною, рівній 0,19-0,21 D, а форму вузької стінки роблять також опуклою щоб уникнути утворення закатів на злитку. Хороша стійкість листових виливниць спостерігається, коли відношення довгої сторони до короткої знаходиться в межах 2,3-2,5. Радіус закруглення біля стін дна виливниці в межах 50-80 мм.

Для великих злитків товщину стінок виливниці вибирають головним чином з міркування механічної міцності. Таким чином, загальна маса виливниць по відношенню до маси квадратних злитків коливається в межах; для спокійної сталі -1,0-1,3; для киплячої -0,7-1,0; для листових злитків -1,3-1,7.

Для збільшення стійкості тонкостінних виливниць іноді роблять обідки у низу і верху виливниці. Товщина ободків, береться рівною 0,2-0,3 товщини стінки виливниці. Стінки виливниць на кутах зазвичай тонше з метою створення умов більш рівномірного охолодження злитка і уникнення утворення площин слабини.

Зазвичай виливниці для спокійної сталі забезпечується двома парами вух-захватів; нижня пара служить для перекидання виливниці і вивантаження злитку, верхня - для переміщення виливниці.

### **1.3.4 Конусність виливниць**

Як вже зазначалося, злитки спокійної сталі найчастіше відливаються у виливниці, що розширюються догори. Розширення догори (конусність виливниці) необхідно для того, щоб забезпечити послідовне затвердіння сталі. Виробнича практика підтверджує, що злиток, відлитий в розширені догори виливниці, при всіх інших рівних умовах значно щільніше, і усадочні вади поширюються в ньому на набагато меншу глибину, ніж у злитку, відлитому в призматичну або в розширену донизу ви-

ливницю, що пов'язано з вигідним розміщенням «термічного центру» для постачання рідким металом утворюючих усадочних порожнин під час кристалізації злитка.

Конусність зазвичай виражається в міліметрах на метр висоти виливниці на бік. Іноді її виражають у відсотках. Наприклад, якщо говорять про конусності злитку в 2,5% на бік, то це означає, що на кожен метр висоти виливниць уширюється (звужується) на 25 мм на сторону.

Виливниці, розширені донизу, часто називаються виливницями з прямою конусністю, а виливниці, розширені догори, зі зворотною конусністю. При виборі величини конусності повинні враховуватися відношення Н:D злитка і особливості технології подальшого переділу злитка. Наприклад, якщо злиток має дуже велику конусність, то вже при нагріванні в колодязях перед прокаткою виникнуть перші неприємності. Поки злиток у товстому перетині прогріється до необхідної температури, його тонкий кінець перегріється, багато металу піде в чад і, можливий перепал металу в хвостовій частині злитка. Далі, при самій прокатці, внаслідок великої конусності злиток не буде рівномірно обтиснутий по довжині.

Практика показує, що в зливках з великим поперечним перерізом і конусністю 1% структура виходить цілком задовільною. У той же час дослідження злитків з малим поперечним перерізом доведено, що збільшення конусності більше 4% є марним. Рекомендується приймати конусність для зливків, призначених до прокатці, в межах 2,5-3,0%; для зливків, в ковку, - 3-4%.

При розливанні спокійної сталі в розширені донизу виливниці, потрібно вибирати найменшу пряму конусність - 0,8-1,2%; для зливків з великим поперечним перерізом конусність повинна бути ще менше - 0,7-0,9%. На деяких заводах іноді застосовували виливниці з паралельними стінками. Злитки виймали з виливниць без труднощів.

Ще раз нагадаємо, що під час охолодження металу злиток, що кристалізується, отримує достатньо велику усадку, а нагрівається в цей же час виливниця розширюється настільки, що утворюється між ними зазор, що забезпечує безперешкодне роздягання злитка, і для цієї мети можна обійтися без конусності.

Однак, щоб уникнути можливих випадків застрягання злитків у виливницях, внаслідок яких-небудь дефектів поверхні виливниць або піддонів, а також з причини зростання чавуну всі застосовані виливниці виготовляються з конусністю у зазначених вище межах.

Кипляча сталь, як правило, розливається в розширені донизу виливниці, що мають конусність в межах 1-1,2%. У листових виливницях конусність широких сторін вибирають із зазначених вище умов, а вузьким сторонам виливниць надають конусність вдвічі меншу, ніж на широкій стороні.

### **1.3.5 Радіуси заокруглень внутрішніх кутів виливниць**

При радіусі заокруглення  $0,08-0,12 D$  забезпечується менша схильність злитку до утворення кутових поздовжніх тріщин. Радіус заокруглення менше  $0,08 D$  обумовлює стоншення кутів злитка, що сприяє його перегріву і оплавлення під час нагрівання злитків перед прокаткою.

Оптимальним радіусом заокруглень кутів чотиригранних виливниць слід вважати за даними роботи [1] радіус, рівний 10 - 12% середньої ширини злитка.

### **1.3.6 Пристрій дна виливниць**

Вище вказувалося, як впливає на розвиток кристалізації нижній частині злитка товщина піддону і розміщення на ньому виливниць. У деяких цехах і тепер продовжують відливати спокійну сталь в розширені догори наскрізні виливниці без дна, встановлені на індивідуальному піддоні.

Виїмка, зроблена в піддоні, призначена для зменшення розбризкування металу; з метою запобігання піддону від розмивання гарячим струменем металу у виїмку укладений вкладиш.

Більшість розширення догори глухих виливниць виготовляють і розташованим для встановлення сталевого вкладиша при розливанні зверху або установки

шамотного стаканчика при сифонній розливці. Дно виливниці виконується за формою, близькою до півсфері.

При прокатці квадратних і прямокутних злитків зі сферичною або напівсферною формою хвостової частині зменшується утяжка. Більш важкі злитки відливають у виливниці з окремим дном - піддоном, в якому міститься так звана кюмпельна частина злитка.

Практичне застосування принципів конструювання виливниць, в кінцевому рахунку, призведе до зменшення витрат виливниць, підвищенню якості злитків, збільшення продуктивності прокатних станів і виходу придатного продукту.

### **1.3.7 Догляд за виливницями**

Якість злитків і стійкість виливниць залежить від правильно організованого догляду за виливницями.

Використання нових виливниць на канаві дозволяється тільки після нагрівання їх до 80-100°C. Практикою роботи також встановлено, що найвигіднішим для умов нанесення мастила є температура виливниць до 90-120°C.

Щоб уникнути утворення тріщин на виливницях для великих злитків рекомендується періодично робити високотемпературний відпал виливниць (через кожні 15-20 плавок).

Для нормальної роботи в розливному відділенні цеху необхідно мати в обороті кілька комплектів виливниць. При розливанні сталі в гарячі виливниці або при запізнюванні роздягання злитків виливниці швидко виходять з ладу. У сучасних цехах для охолодження виливниць влаштовані спеціальні душі поза двору виливниць. Однак, як повідомляють деякі заводи, заміна душового охолодження виливниць охолодженням на повітрі помітно збільшує стійкість через ложниці. Зі зменшенням часу перебування злитків у виливницях їх стійкість збільшується.

При сифонному розливанні термін служби виливниць більше, ніж при розливанні зверху. Стійкість виливниць збільшується при зниженій температурі і швидкості розливання сталі.



Стійкість виливниць різко знижується при недбало проведеному розливанні сталі. Нецентральне наповнення виливниці і косий струмінь передчасно розмивають стінки виливниці. Несвоєчасне відбракування виливниць з тріщинами призводить до застрягання злитків і втрати не тільки виливниці, але і металу, залитого в неї.

Не можна допускати збільшення терміну експлуатації дефектних виливниць, так як це призводить до погіршення поверхні злитка. Виправлення браку злитків завжди обходиться виробництву набагато дорожче, ніж вартість своєчасно відбракованої виливниці.

Строго налагоджений облік служби виливниць по партіях, хімічному складу, конструкції і заводам-постачальникам допомагає виявити причини кращої і гіршої стійкості виливниць. Для такого обліку необхідно, щоб на зовнішній поверхні кожної виливниці був відлитий номер; крім цього, виливниць повинні мати площадку для позначки на ній керном кількості плавок, витриманих виливницею. Ці відомості про виливниці разом з даними про температуру перед розливанням, складі і мастила, порядок та спосіб охолодження і методи чищення повинні зводитися в аналітичні таблиці та конторські книги обліку служби виливниць. Аналіз всіх даних по службі виливниць може вказати шляхи підвищення стійкості виливниць, висока витрата яких становить велику статтю в цеховій собівартості придатного злитка.

#### **1.4 Підготовка та встановлення виливниць**

В даний час на металургійних заводах застосовуються прямокутні виливниці, що мають різноманітну форму внутрішніх граней: прямі, увігнуті всередину виливниці і хвилясті.

Виливниці з раковинами, тріщинами, вимоїна і сітками, а також виливниці з відбитими краями і вушками не можна використовувати при розливанні металу. Щоб уникнути браку злитків по поганій поверхні, зависання і поперечним тріщинам необхідно ретельно стежити, щоб виливниці мали гладку внутрішню поверхню і добре простругані торці в місці стику з прибутковою надставкою.

Після звільнення виливниць від злитків їх повільно охолоджують на повітрі або під водяним душем. Потім виливниці готують до наступної плавці (чистять, встановлюють стаканчики і змащують).

Виливниці чистять залізними скребками і сталевими щітками на спеціально влаштованих стелажах або на борту канави в старих мартенівських цехах. Наскрізні виливниці (без дна) можна чистити і змащувати у вертикальному положенні. Після закінчення чищення всі виливниці продувають стисненим повітрям, потім переходять до установки стаканчиків в глухдонні виливниці. Якщо між стаканчиком і отвором в дні виливниці залишиться зазор, то це може призвести до приварювання злитка і застрягання його у виливниці. При непрямій установці стаканчика струмінь металу, що надходить у виливницю, буде бити на стінку, що призведе до утворення нею плинни. Стаканчик встановлюють урівень із зовнішньою поверхнею дна через ложниці. З внутрішньої сторони стаканчик повинен виступати над дном виливниці на 5-7 мм для того, щоб уникнути заклинювання злитку у виливниці.

Встановлюють стаканчики так: поверхню стаканчика рівномірно обмазують масою, що складається з 25% вогнетривкої пластичної глини, просіяного через сито з отворами 1 мм, та 75% шамотного порошку з розміром зерна до 1 мм.

Маса зачинається водним розчином рідкого скла і доводиться до консистенції густої сметани. Після установки стаканчика в отвір дна виливниці, шов замазують масою, що складається з 25% вогнетривкої пластичної глини, просіяного через сито з отворами 1 мм, 50% шамотного порошку з розміром зерна до 1 мм і 25% графітового порошку з розміром зерна 1 мм. Маса зачинається водним розчином рідкого скла і доводиться до консистенції густої сметани. Сушіння підмазки стаканчика відбувається за рахунок тепла самих виливниць.

Мастило виливниць можна починати негайно ж, як тільки підсохне підмазування стаканчиків. Попередньо, звичайно, виливниці повинні бути знову продуті повітрям. Температура виливниць перед змащенням повинна бути в межах 80-100 °С. Якщо використовуються нові виливниці, то їх потрібно підігрівати до вказаної температури заздалегідь. Мастило виливниць починають не раніше ніж через 30 хв після охолодження їх водою, тобто після випаровування всієї вологи.

Мастило наносять тонким шаром і рівномірно. Для цього мастило перед вживанням нагрівають до 70-80 °С. Акуратно і правильно нанесене на внутрішню поверхню виливниці мастило сприяє отриманню чистої поверхні злитка. При наповненні виливниці металом леткі речовини мастила випаровуються і утворюється газовий прошарок, що відганяє від стінок виливниці плівку оксидів на поверхні металу. На внутрішній поверхні виливниці залишається тонкий шар нелеткої фракції смоли - коксу, який запобігає безпосереднє взаємодії металу зі стінками виливниці. Товстий шар мастила буде догоряти з деяким запізненням, тобто вже під рівнем металу, що загрожує небезпекою появи підкіркових бульбашок. Чим більше швидкість наповнення виливниці, тим тонше повинен бути нанесений шар мастила на поверхню виливниці.

Мастило з в'язкістю 2,8-3,5 за Енглерам при 25 °С вважається нормальним для можливості отримання тонкого рівномірного шару. Як змащення використовують зневоднену кам'яновугільну смолу. Смола часто має багато вологи, тому перед використанням необхідно піддати її тривалому нагріванню до появи білих парів нафталіну. Зміст вологи в смолі не повинен перевищувати 0,2-0,4%.

Густу смолу розбавляють скипидаром, бензолом або терпентиновою олією. Добрим мастилом вважається зневоднена смола, розбавлена на 50% лаколем, або зневоднена смола, попередньо змішана навпіл з голландською сажею, а потім розбавлена на 50% лаколем.

Для спеціальних сортів сталі (швидкорізальної, високолегованої хромистої, хромонікелевої) як мастила застосовують мелясу. Для сталі з високим вмістом алюмінію (більше 0,5%) як мастила застосовують чотирьоххлористий вуглець, виливаючи його на дно виливниці перед самим розливанням у кількості 75-100 см<sup>3</sup>/т сталі.

Перед початком розливання на дно не змащених виливниць закидаються шматки зневодненого петролатуму (можна вживати парафін та інші органічні речовини). Завдяки низькій температурі плавлення петролатум швидко розтікається, зазнає сублімацію і пари його починають інтенсивно горіти. Але внаслідок нестачі кисню під закритими кришками виливницями утворюються відновлювальні гази і сажистий вуглець, що рівномірним шаром покриває стінки виливниць. Таке змащення випро-

бували при розливанні нержавіючої та інших марок хромистої сталі замість чотирихлористого вуглецю. Поверхня злитків виходить чистою і зменшується відбракування сталі по поверхневих дефектів. Витрата мастильного матеріалу 200-600 г/т сталі і залежить від її хімічного складу і встановленої за технологією швидкості розливання. В якості мастил застосовують також суміш алюмінієвого або феросиліцієвого порошку в мазуті, графіт, розведений водою, спеціальні лаки і інші різноманітні матеріали.

Змащення можна наносити на виливниці вручну пензлем або щіткою з щетини. Але ручне змащення, крім низької продуктивності, не забезпечувало постійної якості. Тому в багатьох цехах впроваджена механізоване змащення. Склад вагонеток з встановленими на них очищеними виливницями періодично перерухається паровозом або штовхачем під майданчиком, на якому змонтована спеціальна форсунка для змазування виливниць. Всю установку обслуговує один робітник. Змащення 30 виливниць для 250-т плавки триває 5-10 хв.

Для механізованого змащення вживають лак складу: для літнього часу-50% пеку і 50% бесфенольного масла щільністю 1,14; для зимової пори-40% пеку і 60% бесфенольного масла щільністю 1,11.

На інших заводах установка для змазування виливниць пересувається по рейці, покладеній на робочому майданчику вздовж фронту виливниць, встановлених на вагонетках. Механізоване змащення здійснюється форсункою, що опускається в виливниці за допомогою штанги. Змащення 30 виливниць триває 8-10 хв, установка обслуговується одним робітником. Застосовуваний для змащення лак складається з 50% кам'яновугільного пеку і 50% бесфенольного масла. В'язкість за Енглерам при 50 °С - 2,5-3,5. Щільність лаку - 1,15. Перед вживанням лак підігрівають до 80-90 °С, а температура виливниць повинна бути близько 100 °С.

На Магнітогорському металургійному комбінаті діє установка для гідравлічного чищення й механізованого змазування виливниць, розроблена інженерами Фотевим, Ніколаєвим і Горшковим. Температура виливниць змінюється в межах 120-180 °С, що забезпечує швидке випаровування вологи після закінчення гідравлічного чищення виливниць.

Установка для гідравлічного очищення та механізованого змащення виливниць складається з металевої колони висотою 12 м, рухомої консолі, водонапірних труб, шарнірно з'єднаних і забезпечених в нижній частині щільними форсунками, лебідки з системою блоків для вертикального переміщення рухомої консолі, водонасосної установки (фільтр, привод, відтинаючий і перепускний клапани) і рейкового штовхача з електроприводом.

Одночасну чистку трьох виливниць проводять гідравлічним способом з допомогою струменя води, яка подається під тиском 20 ат.

Установка для механічного змазування виливниць складається з металевої колони висотою 12 м, рухомої консолі, шарнірно з'єднаних лаконапорних труб (з паровою сорочкою), забезпечених в нижній частині форсунками для розпилення лаку і лакосховища з паровим підігрівом лаку до 60-80 °С .

Механічна змащення проводиться при температурі виливниць 100-160 °С. Після чищення й змащення всіх виливниць склад рухомої канави транспортують у двір виливниць для остаточної його підготовки до прийому плавки.

Використанням гідравлічного очищення і механізованого змазування виливниць скоротили витрату часу на підготовку составів, підвищили продуктивність праці і стійкість виливниць, поліпшили їх підготовку. Все це сприяло підвищенню виходу металу.

Підготовлені для сифонного розливання виливниці зі вставленими в них стаканчиками, продуті і змащені, можна починати встановлювати по черзі на зібраний піддон; дуже важливо встановити виливниці так, щоб отвори стаканчика були точно суміщені з отворами в сифон цегли. Це досягається плавним опусканням виливниць по направляючій трубі, пропущеній в отвір сифонної цегли. Встановлені на піддон виливниці як для розливання зверху, так і сифонного розливання тут же накривають сталевими листами.

На деяких заводах при підготовці составів під розливку шви сифонної цегли між центральною і виливницею і між виливницями перекриваються металевих пластинами завтовшки 2-3 мм, чим досягається значне скорочення випадків прориву металу. Для зменшення кількості полон на злитках, що виникають через відхилення

струменя, отвори сифонної проводки на кінцевих цеглинах захищені козирками з покрівельного заліза.

### **1.5 Підготовка та встановлення прибуткових надставок**

З метою зосередити усадкову раковину в головній частині злитка, а також для того, щоб підтягнути можливо вище усадкову рихлість застосовують футеровані надставки на виливниці. Нижня основа поперечного перерізу каркаса прибуткової надставки виготовляють меншим верхнього поперечного перерізу виливниці на 20 мм. У цьому випадку злиток при охолодженні і усадки вільно сідає без утворення поперечних тріщин. Поперечні тріщини можуть виникнути при вживанні надставок, у яких каркаси на нижньому торці мають приварені, вибоїни або наскрізні тріщини, а також надставок, на футеровці яких є вибоїни або поглиблення.

В даний час для боротьби з поперечними тріщинами і з метою відриву літника злитка, у верхнього зрізу виливниці роблять спеціальну виточку (фаску) по внутрішньому периметру шириною 15 мм і висотою 10 мм. При сифонній розливці рідкий метал, потрапляючи в виточку, незабаром утворює жорсткі заплечики, на яких злиток підвисає та літник після затвердіння ще в розпеченому стані легко відривається. При цьому важливо забезпечити рівномірне підвисання злитку по всьому периметру, бо тільки в цьому випадку виключається можливість утворення поперечних тріщин. Як показали спеціально поставлені експерименти, листові злитки добре підвисають і відриваються від літників при наявності фасок тільки на двох вузьких гранях виливниці.

При литві ковальських злитків також вдаються до цього засобу. Тут використовують штучні прийоми, так як у виливниці для ковальського злитку не можна виробувати фаски. Між прибутком і виливницею прокладають кільце з дроту завтовшки 8-10 мм діаметром на 15-20 мм більшим, ніж внутрішній діаметр виливниці. В утворений зазор проникає метал до дротяного кільця. Після затвердіння скоринки злиток підвисає та літник відривається.

Проте слід зазначити, що відомі випадки, коли листові злитки масою близько 3 т з-за наявності на них бортів передчасно руйнували під нагрівом котельної печі, били об ролики рольгангу та прокатні валки під час захоплення злитка. У результаті розкочування бортика утворюється плена шириною 40-60 мм на чорновому аркуші. Плена зазвичай розкочується і розташовується у вигляді дуги на тілі злитка, що іноді викликає необхідність збільшити обрізь головної частини на 2-3%.

На великих листових злитках по їх широкій межі під бортиком і паралельно йому утворюються поперечні тріщини, які виникають у разі одностороннього підвісання. При переході на вилівок цих злитків у виливниці з фасками тільки на вузьких гранях вдалося ліквідувати згадані вище недоліки.

Надставки футерують шамотною цеглою або набивають вогнетривкої масою.

Вибійку маси ведуть за шаблоном, що має обриси прибуткової частини злитка. Проміжок між каркасом і шаблоном, встановленим строго по центру, набивають масою, яка складається з 85% шамотного порошку з розміром зерна не більше 2 мм і 15% вогнетривкої пластичної глини, просіяного через сито з отворами 1 мм.

Цю масу звожують до пухкого стану водним розчином рідкого скла з розрахунку 10 л рідкого скла на 100 кг сухої маси. Рекомендовано два способи набивання надставок. При пневматичному набиванні масу підсипають невеликими порціями і утрамбовують безперервно.

При ручному способі набивання масу засипають порціями, і кожного разу утрамбовують шар товщиною не більше 15 мм. Поверхню кожного утрамбованого шару розпушують металевим шкребком, після чого насипають нову порцію маси для набивання.

Вибійку зазвичай закінчують на 30 мм нижче верхнього краю каркаса, після чого футеровку прожарюють на горні. Поверхню футеровки забарвлюють графітовою фарбою; потім на набивну і ретельно висушену футеровку наносять шар підмазки товщиною 10-15 мм. При розливанні звичайної сталі застосовують масу для підмазки, що складається з 25% вогнетривкої пластичної глини, просіяної через сито з отворами 1 мм, та 75% шамотного порошку з розміром зерна до 1 мм. Маса зачинається водним розчином рідкого скла або водою і доводиться до консистенції густої

сметани. А при розливанні якісної сталі застосовують масу, що складається з 20% вогнетривкої пластичної глини, просіяної через сито 1 мм, 60% графітового порошку з розміром зерна 1 мм і 20% шамотної порошку з розміром зерна до 1 мм. Застосовують також іншу, більш дорогу масу, що складається з 15% вогнетривкої пластичної глини, просіяного через сито 1 мм, та 85% графітового порошку з розміром зерна 1 мм. Обидві маси затворяють сульфітоцелюлозним екстрактом або водним розчином рідкого скла і доводяться до консистенції густої сметани.

Футеровані надставки викладають шамотною цеглою. Виготовлені тим чи іншим способом надставки прожарюють до червоного. Щільне прилягання надставки до виливниці може бути досягнуто різними способами. На деяких заводах між виливницею і прибутковою надставкою прокладають вузькі смуги листового азбесту; на інших - на торцеві поверхні виливниці наноситься тонкий шар вогнетривкої маси, а при розливанні особливо якісної сталі накладають на виливницю перед установкою надставки залізні тонкі листи з отворами в центрі (діафрагми) для вільного пропуску газів і шлаків.

Після установки прибуткових надставок на виливниці строго по центру приступають до остаточного очищення пилососом центрної і виливниць від пилу і вогнетривкої маси. Ретельність очищення перевіряють за допомогою електричної лампочки, опущеною на шнурі у виливницю.

## **1.6 Підготовка та встановлення центрових**

Центрова є найважливішою складовою частиною сифонної ставки. Вона призначена для прийому металу з ковша і розподілу його за допомогою зірочки по виливницям, встановленим на піддоні.

Чавунний або сталевий кожух центрної складається з двох половинок з замком в стику. Половинки кожуха закріплюють спеціальними кільцями і клинами або з'єднують болтами. Іноді застосовують нероз'ємні центрові. І ті й інші призначені для підтримки в строго вертикальному положенні вогнетривкої труби, набраної з



окремих шамотних трубок (котушок), яка служить для підведення металу з ковша в сифонні проводки піддону.

Центрові котушки перед укладанням в кожух ретельно перевіряють, відбраковуючи котушки з тріщинами і пошкодженими замками (бортики і пази). Замки та котушки обмазують масою, що складається з 25% вогнетривкої пластичної глини, просіяної через сито з отворами 1 мм, 50% шамотного порошку з розміром зерна до 1 мм і 25% графітового порошку з розміром зерна 1 мм. Масу готують на водному розчині рідкого скла і доводять до консистенції густої сметани.

Зібрану на дерев'яному стержні трубу з вогнетривких котушок поміщають в одну з половинок кожуха, на яку попередньо наносять шар пухкої маси завтовшки 8-10 мм, що складається з 25% вогнетривкої пластичної глини, просіченої через сито з отворами 2-3 мм, і 75% шамотної порошку з зерном не більше 2 мм (замість шамотного порошку цієї маси може бути використаний сухий кварцовий пісок). Важливо простежити, щоб при укладанні труби нижня шамотна трубка припадала врівень з основою чавунного кожуха. Верхня ж шамотна котушка повинна виступати над чавунним кожухом не більше ніж на 30 мм - тоді шамотна воронка, що встановлюється пізніше, буде міцно триматися і мати незначний зазор з металеву лійкою.

На покладену таким чином шамотну трубку в одній половинці кожуха центровий наносять рівним шаром масу зазначеного вище складу, накладають другу половину кожуха і стягують центрову кільцями з клинами або болтами з чеками.

Висота центровий при розливанні киплячої сталі повинна бути більше висоти виливниці, а при розливанні спокійної сталі - вище краю прибутковою надставки на 400-500 мм. Це забезпечує достатній напір металу за сифона до моменту закінчення наповнення виливниць сталлю.

Висушену центрову після очищення йоржем від засохлої всередині обмазки встановлюють у середину черевика, точно підганяючи, щоб паз нижньої шамотної котушки центровий сідав на буртик зірочки.

Для ущільнення стику у центровій і зірочки навколо останньої укладають кільце з тієї ж вогнетривкої маси, яку застосовували для підмазки замків котушок центровий. Потім центрову розклинюють в черевіку боєм цегли, що надає їй кращу

стійкість. Після того як на піддон встановлять виливниці, на кожух центрової навогнетривкій глині монтують металевий каркас воронки і в нього вставляють шамотну воронку для прийому металу. Проміжок між шамотної воронкою і каркасом засипають дрібною чавунною стружкою або дрібною залізною рудою, призначення яких - швидко остудити цівки металу, які можуть проникнути при розтріскуванні шамотної воронки. Не можна користуватися піском, так як при утворенні тріщин в шамотної воронці пісок буде захоплюватися металом в центрову та виливниці.

### **1.7 Класифікація експлуатаційних дефектів виливниць**

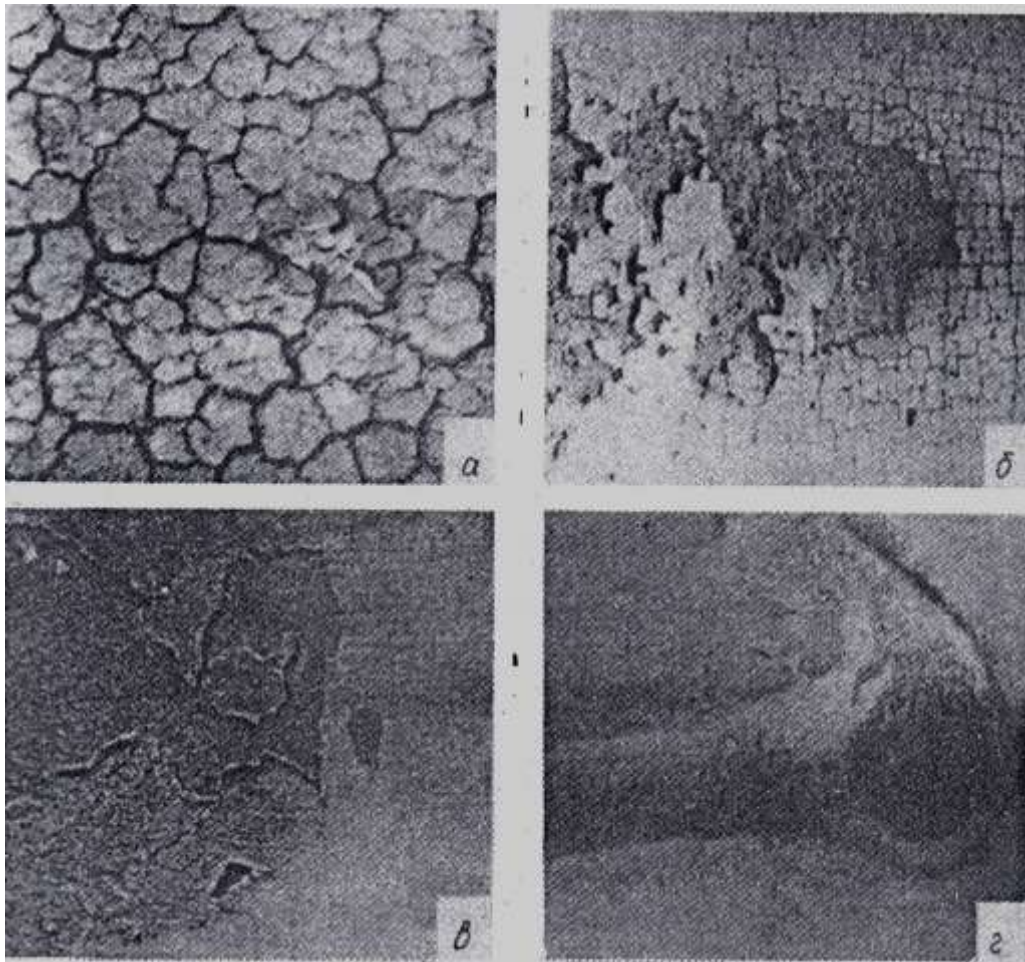
У результаті наукових досліджень [7 - 10] з'явилися нові резерви підвищення ефективності стійкості виливниць, особливо проти утворення тріщин. Обнадійливі результати отримані при експлуатації виливниць (у тому числі і великих) з чавуну, модифікованого магнієм [7,8]. Застосування високотемпературних датчиків [9] розширює можливості дослідження температурних напруг і різниці принципів конструювання виливниць. Проте за рахунок підвищення тріщиностійкості виливниць не можна повністю вирішити проблему зниження їх витрат. За даними роботи [10] 45 - 55% виливниць виходить з ладу в результаті утворення сітки розпалу і її відколів на робочій поверхні, причому частка цих виливниць безперервно зростає.

Відповідно до класифікації А.А.Горшкова [11] тріщини бувають першого, другого і третього роду. Причиною утворення тріщин першого роду є термічні напруги, що розвиваються внаслідок великого перепаду температур між внутрішньою і зовнішньою поверхнями виливниць. Але більш певні уявлення з цього питання складаються при аналізі роботи [4], де показано, що температура внутрішньої і зовнішньої поверхні істотно залежить від початкової температури виливниці (до заливки сталі). Так, при початковій температурі 80, 100 і 130°C максимальна температура внутрішньої поверхні на  $\frac{1}{2}$  висоти виливниці дорівнює 915, 940 і 960°C, а зовнішньої 600, 620 і 635°C, відповідно. Підвищення температури внутрішньої поверхні на 45°C тягне за собою збільшення перепаду всього лише на 10°C. Отже, посилення

температурного режиму роботи виливниць не створює особливої небезпеки для утворення тріщин першого роду.

Причиною утворення тріщин другого роду є напруги, що розвиваються внаслідок перепаду температур між осьовою зоною стінки виливниці та внутрішньою поверхнею. Після видалення злитку температура глибинних шарів вище поверхневих на 40 - 60°C. У зв'язку з цим на внутрішній поверхні візка розтягуючи напруги, що призводять до тріщин другого роду [2].

Сформовані умови високотемпературного режиму експлуатації виливниць найбільшою мірою впливають на знос її внутрішньої поверхні. Підвищення температури внутрішньої поверхні виливниць збільшує інтенсивність утворення сітки розпалу і вигарів.



а - сітка розпалу; б - вигар; в - зрив шару; г - розмив стінки

Рисунок 1.1 – Види експлуатаційних дефектів на робочій поверхні виливниць

Представляється доцільним для характеристики експлуатаційних дефектів на робочій поверхні виливниць користуватися наступними визначеннями:

- Сітка розпалу - тріщини, що утворюються в різних напрямках на по поверхні виливниці при багаторазовому її використанні;
- Вигар - поглиблення з окисленої поверхнею, що утворюється внаслідок ви-кришування осередків сітки розпалу;
- Зрив робочого шару - поглиблення з окисленої зернистою поверхнею, що утворюється при вилученні з виливниці приварившогося злитка;
- Розмив стінки, дна - поглиблення, що утворюється на робочій поверхні в ре-зультаті прямого впливу струменя сталі, що розливається.

### 1.8 Вимоги до матеріалу виливниць

В якості головного критерію, що визначає придатність матеріалу для вилив-ниць, вважають [9] здатність його протистояти впливу напружень. Після ряду уточ-нень формула для оцінки придатності матеріалу виливниць пропонується в наступ-ному вигляді [12]:

$$\mu = f\left(\sigma_B \delta \lambda / E a \sqrt{S}\right); \quad (1.3)$$

де  $\mu$  - здатність матеріалу протистояти впливу напружень;

$\lambda$  - коефіцієнт теплопровідності;

$\sigma_B$  - межа міцності на розтяг;

$a$  - коефіцієнт лінійного розширення;

$E$  - модуль пружності;

$\delta$  - відносне подовження;

$S$  - температурний фактор, що враховує зменшення границі текучості при збі-льшенні температури і виражається у вигляді тангенса кута нахилу кривої межа те-кучості - температура.

У роботі [12] на підставі дисперсійного аналізу стійкості виливниць прийшли до висновку, що основними властивостями чавуну, визначальними стійкість виливниць (C) є: циклічна в'язкість (Q), температуропровідність (D), модуль пружності (E) і коефіцієнт теплового розширення ( $\alpha$ ), що виражається наступною статистичною залежністю:  $C = 147,68 (QD (E\alpha)) + 40,6$

Стійкість виливниць зростає із збільшенням перших двох складових і зі зменшенням других. Порівняння цих двох функціональних залежностей, що включає багато найважливіших властивостей матеріалів, свідчить про суттєві розбіжності думок про питання вибору чавуну для виливниць. У деяких роботах [12] першорядна важливість віддається хімічним складом чавуну. В інших [9] вказується на необґрунтованість цього висновку. В даний час чітко встановлений зв'язок між службовими властивостями виливниць і макро- і мікроструктурою чавуну [2]. Завдяки великій пластичності чавуну з кульовидним графітом, знижується ймовірність появи наскрізних тріщин, а менша схильність його до зростання сприяє уповільненню освіти сітки розпалу.

Це положення підтверджується спеціальним експериментом [13]. Виливниці відливали по стрижнях, півграні яких по вертикалі покривали (дослідна ділянка) хромо-графітовою фарбою. У поверхневому шарі чавуну на звичайній ділянці була перліто-феритна структура з крупними включеннями графіту, а на дослідній ділянці спостерігалось багато карбідів хрому в перлітній основі і незначна кількість дрібного графіту.

Тріщини сітки розпалу на ділянці, збагаченій хромом, розвивалися значно повільніше, ніж на звичайній. У даному випадку підвищення стійкості чавуну в робочому шарі позитивно позначилося на розпалостійкості виливниць [2].

Основне значення для зростання чавуну в поверхневому шарі виливниць має процес окислення. Каналами для проникнення окисних агрегатів є графітові включення: чим більше їх кількість і величина, тим інтенсивніше йдуть процеси окислення і зростання. Графітові включення є не тільки каналами для проходження окисних агрегатів в чавун, але і концентраторами напружень. Від графітових включень бе-

руть свій початок тріщини [2]. Як вже відзначалось, виливниці з феррито-перлітного чавуну гірше протистоять утворенню сітки розпалу, ніж з перлітного; хоча перлітний чавун володіє зниженою пластичністю в порівнянні з феритним.

Окислювальні процеси в фериті протікають значно швидше, ніж у перліті. При випробуванні зразків перліто-феритного чавуну на розпалостійкість встановлено, що прикордонне окислення фериту спостерігається після 10 - 20 циклів, в першу чергу навколо графіту. При збільшенні числа циклів оксид просувається від графітових включень вглиб матриці в основному по феритних полях, огинаючи перлітним ділянками, і тільки при значному числі циклів (150 - 200) може проходити по перліту [15].

Виливниці з чавуну з перлітною структурою краще протистоять утворенню сітки розпалу, ніж з перлітно-феритною. З іншого боку, розпалостійкість чавуну з дрібними включеннями графіту, отриманого авторами в поверхневому шарі виливниць при дослідженні стрижнів з матеріалів з високою теплоакумулюючою здатністю, вище перліто-феритного.

Отже, для уповільнення розвитку сітки розпалу на робочій поверхні виливниць необхідно підвищувати пластичність (в умовах помірною окислення), або підвищувати ростостійкість, навіть на шкоду пластичності [2].

Представляє інтерес досвід роботи металургійного комбінату «Запоріжсталь» [16] у якому показано важливе значення змочування й адгезії. Виливниці з ваграночного чавуну, використовувані для розливання високолегованих сталей, володіли більшою схильністю до приварювання злитків. Після заміни ваграночного чавуну доменним стійкість виливниць різко підвищилася, але сітка розпалу розвивається більш інтенсивно. Це пояснюється наявністю в доменному чавуні більшої кількості великих включень графіту, що сприяє зменшенню змочування поверхні виливниць сталлю, але, в той же час, призводить до інтенсифікації процесів окислення і зростання чавуну в поверхневому шарі.

Виконаний аналіз дослідження з цього питання дозволяє зробити висновок, що при оцінці придатності матеріалу для виливниць не обов'язково і недоцільно брати до уваги будь-то строго певний фактор (температура, хімічний склад, макростру-

ктура і т.д.) характеристики виливниці, а тільки декілька найважливіших з них. Принциповий підхід до вибору матеріалу повинен базуватися на аналізі умов роботи виливниць і причин їх відбраковування. Якщо дотримуватися такого принципу, то деякі характеристики, визнані найважливішими, можуть бути віднесені до розряду вторинних без шкоди для стійкості виливниць [2].

### **1.9 Способи підвищення стійкості виливниць**

Численні дослідження в галузі підвищення стійкості виливниць присвячено, головним чином, питанням, пов'язаним з утворенням наскрізних тріщин [14 - 17]. Шляхи запобігання цих дефектів визначені досить чітко. Проте за рахунок підвищення тріщиностійкості виливниць не можна повністю вирішити проблеми зниження їх витрат.

Характерними причинами браку виливниць на більшості вітчизняних заводів в даний час є приварювання злитків, сітка розпалу і вигари [13].

Так за даними роботи [14] слід розрізнити два види приварювання:

1) приварювання на ранніх етапах експлуатації, що виникає в результаті зсуву струменя, підвищеної температури сталі і високої початкової температури виливниць;

2) пізніше приварювання, «заклинювання злитку», що відбувається в результаті проникнення рідкої сталі в тріщини сітки розпалу.

Підвищення температуростійкості робочої поверхні виливниць може бути досягнуто двома шляхами: створенням захисних покриттів на робочій поверхні і поліпшенням якості чавуну в процесі виливки виливниць. Використання захисних покриттів у вигляді замазок, екранів і вставок вимагає значних матеріальних витрат. Тому на вітчизняних заводах захисні екрани, покриття не знайшли широкого застосування. Більш перспективними є способи поліпшення якості чавуну виливниць в процесі їх відливання.

Поширеним способом поліпшення структури і властивостей чавуну є модифікування.

В якості модифікаторів були випробувані феротитан, титанові губки, ферованадій, гранульований феросиліцій, чавунна стружка та ін. [7]. Виробничі випробування дослідних партій показали, що модифікування титаном, що сприяє укрупненню графіту, ефективно для уповільнення процесу утворення наскрізних тріщин.

Слід зазначити, що при добавці титану (у вигляді губок) в ківш і особливо в ливникову чашу досягнуто більший ефект, ніж при введенні його в вагранку (при однаковому залишковому вмісті титану в чавуні 0,05%). Титан більшою мірою ефективний як модифікатор і меншою як легуючий елемент.

Подрібнення евтектичного зерна і графіту під впливом ферованадію і гранульованого феросиліцію негативно позначається на тріщиностійкості виливниць, однак розвиток розпалу сповільнюється. В умовах інтенсивної експлуатації при розливанні високолегованих сталей стійкість виливниць з чавуну, модифікованого гранульованим феросиліцієм, підвищилася в порівнянні зі звичайними на 42% [3].

Таким чином, для підвищення термостійкості поверхні виливниць без шкоди для тріщиностійкості необхідно подрібнювати структуру чавуну тільки в робочому шарі [15].

Серед відомих способів поліпшення структури в робочому шарі виливків найбільш підходящим для виливниць є поверхове модифікування та легування. В якості легуючих компонентів у складі активних фарб для стрижнів виливниць випробувані телур, ферохром і різні сполуки на основі бору. При виборі цих компонентів передбачалося підвищити окалиностійкість чавуну в робочому шарі виливниць. У структурі поверхневого шару спостерігалось подрібнення і утворення окремих включень карбідів. Активні складові фарб у даному випадку відіграють роль і модифікаторів, і легуючих елементів. Заміна частини графіту в робочому шарі карбідами підвищує термостійкість в результаті уповільнення окислення, що розвивається по графітовим включенням. Розкладання карбідів в процесі охолодження вилівка у формі і при експлуатації сприяє ущільненню чавуну [16].

У цьому аспекті представляє інтерес наступний експеримент [2].

Виливницю відливали по стрижні, який після коксо-графітової фарби покривали шаром ферохрому. Після 10 наливів з неї висвердлювали кернові проби. У



структурі поверхневого шару ще зберігалися карбіди хрому. Однак на одній ділянці, там, де відсутні карбіди, уже добре помітно окислення. На ділянці з перлітно-карбідною структурою чавун практично не окислений, тобто карбіди хрому сповільнюють процес окислення чавуну.

Поверхнєве модифікування і легування істотно впливає на формування структури чавуну в поверхневому шарі виливниць, і сприяє підвищенню стійкості на 14 - 33%. За даними досліджень [17] більш технологічним є модифікування борною кислотою. Товщина поліпшеного шару при використанні борної кислоти коливається в межах 5 - 10 мм. У виливницях з доменного чавуну в цьому шарі графіт розташовується у вигляді окремих включень, а при звичайних умовах кристалізації - у вигляді мало ізольованих колоній. Велике подрібнення графітових включень спостерігається в ваграночному чавуні.

Поверхнєве модифікування і легування ефективно для уповільнення процесу розвитку сітки розпалу і для підвищення стійкості виливниць проти заклинювання злитків. Стійкість промислової партії виливниць з поліпшеною структурою робочого шару на 11 -14% вище, ніж у звичайних.

Виливниці з металокерамічним робочим шаром товщиною 1,5 - 2 мм добре протистоять ранньому приварюванню [15]. При експлуатації дослідних 6-и тонних виливниць на Дніпропетровському заводі ім. Петровського при розливанні рельсової сталі, випадків приварювання не спостерігалось.

У той же час 75% звичайних виливниць вийшли з ладу в результаті приварювання злитків. Середня стійкість 30 дослідних виливниць виявилася на 48% вище стійкості контрольних. Випробування виливниць з металокерамічним робочим шаром в умовах інтенсивного розвитку сітки розпалу не дало позитивних результатів внаслідок низької термостійкості цього шару.

Для запобігання приварювання злитків з високолегованих сталей виявилось ефективним створення захисної плівки з оксидів алюмінію на робочій поверхні виливниць [5].

## 2 КОНСТРУКЦІЙНА ЧАСТИНА

### 2.1 Характеристика виливниць ПАТ «Запоріжсталь»

На комбінаті «Запоріжсталь» застосовують і виготовляють виливниці різних типів, розмірів та сфер використання. Основні з них представлені на рис. 2.1-2.4.

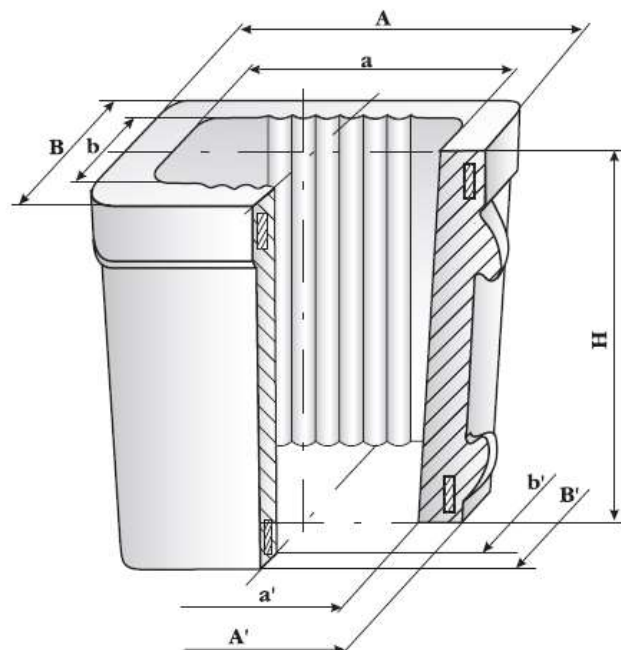
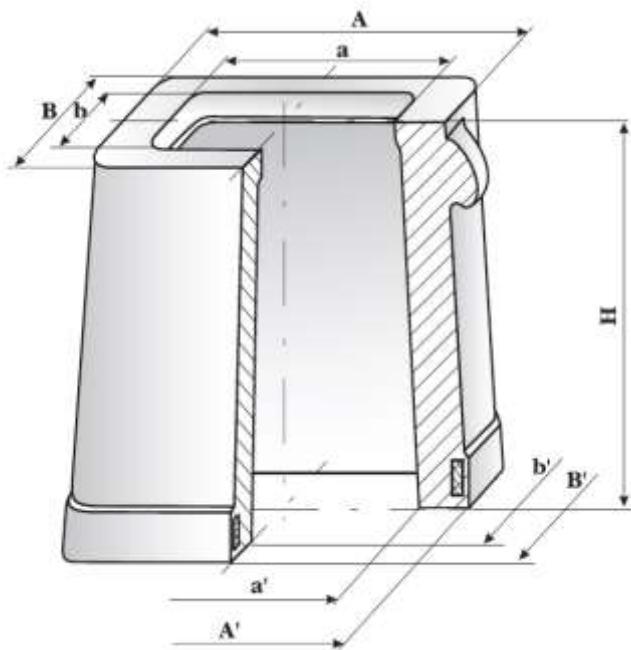
Розливні візки вантажопідйомністю 250 т по 4-5 штук у кожному складі в залежності від маси злитків. У кожному складі на один з візків встановлюється двомісний піддон і по обидва боки його - одномісні піддони з кюмпельними прокладками для відливання окремих злитків в плавці зверху.

Піддони 4-х місткі зі здвоєними струмками наступних основних параметрів:

- Товщина, мм	365
- Ширина, мм:	
- по осях установки виливниць	2100
- По осях установки центровий	1360
- Довжина, мм	6750
- Маса, кг	30000

Центрові висотою 2950мм, внутрішній діаметр 230 мм, вага 4,8 т

Виливниці, які найбільш часто використовують для розливання сталі в умовах мартенівського цеху тип 1Б, 2Б, 4А, ХВА, основні характеристики представлені в таблиці 2.1.



Розміри	Тип		
	К-ПУ	К-ША	К-ШУ
A	1728	1800	2030
B	1288	1290	1430
a	1288	1340	1480
b	808	800	850
A'	1850	1915	1910
B'	1440	1420	1290
a'	1330	1385	1440
b'	880	860	790
H	2630	2630	2630
виконання	б	б	
Маса, т	21,0	20,15	22,8

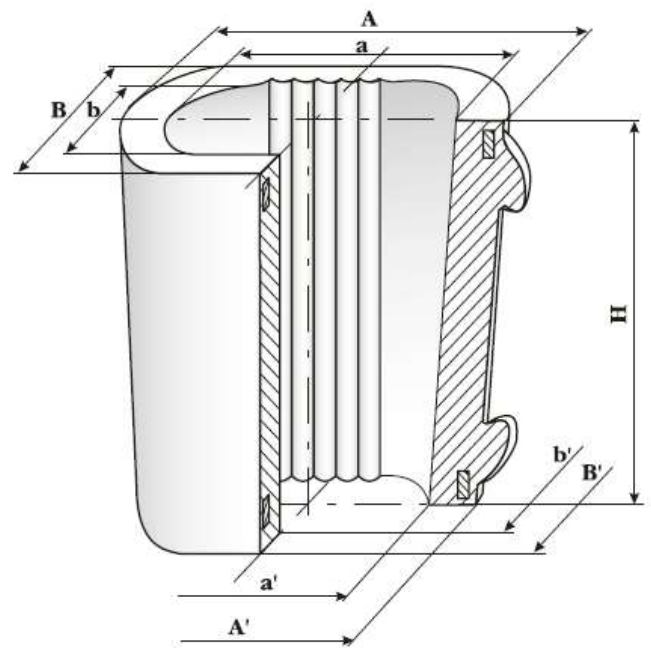
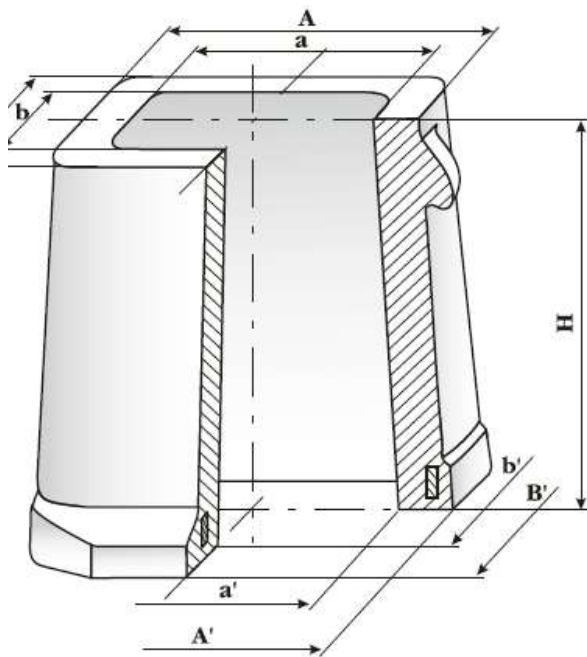
Рисунок 2.1 - Виливниці листові великі для розливання киплячої сталі

Розміри	Тип			
	С-ПУ	С-ШУ	ВС-24	С-12,5
A	1870	2060	2200	1840
B	1430	1430	1460	1210
a	1350	1520	1660	1390
b	830	852	860	740
A'	1690	1852	2080	1680
B'	1228	1227	1270	1050
a'	1280	1442	1580	1310
b'	724	755	750	660
H	2180	2180	2180	1765
виконання	б	б	б	б
Маса, т	17,8	18,0	19,7	11,55

Рисунок 2.2 - Виливниці для розливання спокійної сталі

Таблиця 2.1 – Виливниці наскрізні комбінату «Запоріжсталь» з опуклими гранями

Тип/параметри	XV «А»	1 «Б»	2 «Б»	4 «А»
Перетин				
- Більший, мм	790x1010	780x1200	780x1400	780x1600
- Менший, мм	730x970	720x1170	720x1370	720x1570
- Висота, мм	2425	2450	2450	2450
- Маса, кг	13700	$\frac{15850}{15300}$	$\frac{17100}{18050}$	21000



Розміри	Тип			
	1Б	2Б	4А	ХВБ
А	1540	1750	2000	1350
В	1120	1140	1160	1110
а	1170	1370	1570	970
б	720	720	720	730
А'	1650	1870	2140	1460
В'	1450	1450	1450	1450
а'	1200	1400	1600	1010
б'	780	780	780	790
Н	2450	2450	2450	2425
виконання	б	б	б	б
Маса, т	15,85	17,1	21,25	13,7

Рисунок 2.3 - Виливниці листові великі конструкції комбінату «Запоріжсталь»

Розміри	Тип	
	ЛП-20	ЛП-27
А	2236	2420
В	1370	1500
а	1686	1870
б	780	860
А'	2120	2260
В'	1195	1290
а'	1610	1780
б'	645	720
Н	2170	2360
виконання	б	б
Маса, т	21,7	24,6

Рисунок 2.4 - Виливниці великі з округленими торцями

Витратний коефіцієнт виливниць на 1 тону сталі на комбінаті «Запоріжсталь» складає: 1Б - 11кг/т сталі, 2Б - 12,5 - 12,7 кг/т сталі, 4А - 9 - 30 кг/т сталі, ХВА - 12 - 22кг/т сталі.

## 2.2 Підготовка сталерозливних составів в умовах ПАТ «Запоріжсталь»

Під перший налив використовуються виливниці для розливання киплячої (полуспокійної) сталі. Виливниці для розливання всіх марок сталі повинні мати якісну

внутрішню поверхню, при цьому не допускається встановлення виливниць з наявністю дефектів більше допустимих. Виливниці, що встановлюються під розливу повинні мати температуру 50-150 °С.

Тривалість витримки злитків у виливницях від кінця розливання до початку роздягання або до початку підриву злитків - відповідно до норм витримки злитків у виливницях.

Зняття виливниць зі злитків проводиться від початку складу (по ходу розливки) до його кінця. При знятті виливниць одночасно двома кранами, другим краном проводиться стриперування злитків, починаючи із середньої частини складу до його кінця. Для створення нормальних умов охолодження зняті виливниці встановлюються в кількості не більше трьох на чотиривісні і не більше п'яти на шестивісні візки холостих составів.

Охолодження виливниць до температури змащення проводиться тільки на повітрі. Тривалість охолодження виливниць на повітрі після стриперування, в залежності від пори року повинна бути, в годинах, не менше, представлених нижче даних.

Таблиця 2.2 – Тривалість охолодження виливниць на повітрі після стриперування

Тип виливниць	Період					
	березень-жовтень			листопад-лютий		
	до 350 °С	до 250 °С	до 150 °С	до 350 °С	до 250 °С	до 150 °С
XV"А", 1"Б",	6	8	8,5	5	7	8
2"Б"	6	8	10,5	5	7	9,5
4"А"	7	9	11	6	8	10

Для прискорення охолодження рекомендується розташовувати холості склади з виливницями на якомога більшій відстані один від іншого.

Внутрішня поверхня всіх охолоджених виливниць перед змащенням оглядається і очищається від нагару і шлаку механічним способом на установках очищення й змащення виливниць, при необхідності доочищення застосовують сталеві скребки та щітки. При цьому обов'язковій очистці піддаються покажчики висоти наливу на

гранях виливниць. Зовнішня поверхня виливниць також очищується від скрапу. Установка на сталерозливні склади заскраплених виливниць не допускається.

Все, за винятком призначених для розливання спокійної вуглецевої і низьколегованої сталі сифонним способом, виливниці після очищення підлягають змащенню. Температура виливниць перед змащенням 80-200 °С; при більш низькій температурі виливниці не змащуються. Визначення температури провадиться безконтактним термометром.

Змащення здійснюється водним розчином лігносульфонатів щільністю 1,04 - 1,06 г/см<sup>3</sup>. Склад мастила: лігносульфонати технічні щільністю 1,24 г/см<sup>3</sup> - 1 об. частина, вода - 3,6 об. частини. Витрата мастила на одну виливницю - 5,5-6,0 дм<sup>3</sup> (контролюється не менше одного разу за зміну і визначається по зниженню рівня мастила в видатковому баку після фарбування комплекту виливниці).

Допускається змащення виливниць водним розчином графіту з додаванням рідкого скла; склад мастила (% вага): графіт - 35, рідке скло (густина 1,4 г/см<sup>3</sup>) -14, вода-40.

Змащення виливниць проводиться механізованим способом в один цикл хода штанги (вниз - вгору) шляхом розпилення повітря через дві спарені форсунки.

Нові виливниці, при відсутності іржі на внутрішній поверхні, подають під перший налив без змащення.

### 3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

## ТЕОРЕТИЧНІ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЙКОСТІ ТА УМОВ ВІДБРАКУВАННЯ ВИЛИВНИЦЬ З МЕТОЮ ЗБІЛЬШЕННЯ ЇХ РЕСУРСОЄМНОСТІ НА ПАТ «ЗАПОРІЖСТАЛЬ»

### 3.1 Аналіз стійкості виливниць і розробка способів підвищення стійкості виливниць

Виливниці виходять з експлуатації в результаті утворення поздовжніх і поперечних тріщин, розпалу внутрішньої поверхні, механічних пошкоджень. Вивчення причин руйнування виливниць і аналіз промислових даних характерні для всіх заводів. Різниця полягає лише в переважному впливі тих чи інших факторів, що пов'язано з конкретними умовами на кожному підприємстві. На стійкість виливниць впливає велика кількість факторів, основними з яких є:

1. Фізичні та механічні властивості чавуну.
2. Хімічний склад чавуну.
3. Макро- і мікроструктура чавуну.
4. Технологія виготовлення виливниць.
5. Умови експлуатації виливниць.
6. Конструкція виливниць.
7. Марка сталі, що розливається у виливниці.

Як правило, виливниці виходять з ладу в результаті руйнування внутрішньої поверхні, що пов'язано з появою дрібних тріщин, розмивів і опіків, утворення наскрізних і глибоких тріщин на стінках.

Важливою причиною руйнування виливниць є нерівномірний прогрів стінок. У період розливання сталі, різниця температури внутрішніх і зовнішніх шарів виливниці досягає 650-800°C. У результаті в стінках виливниці виникає високе напруження, що приводить до утворення тріщин [19].

Багаторазове циклічне повторення нагріву і охолодження призводить до повного руйнування виливниць.

Тріщини, що утворюються при експлуатації, можна класифікувати наступним чином [2].

1. Тріщини першого роду - утворюються на робочій поверхні при односторонньому нагріванні, в перші хвилини після зіткнення виливниці з рідким металом.

2. Тріщини другого роду - виникають на робочій стороні виливниці, у вигляді волосовин, які при тривалій експлуатації виливниць, збільшуються і проходять через всю стінку.

3. Тріщини третього роду - з'являються на внутрішній поверхні виливниці після значного числа наливів. Це так звана сітка розпалу.

Всі ці тріщини є результатом впливу високих температур, окислення складових домішок чавуну, що призводить до його зростання, в результаті чого виникають внутрішні напруження.

Поздовжні тріщини до недавнього часу були (а на ряді заводів є і зараз) основним пороком, що різко знижує стійкість виливниць (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Процентне співвідношення вад у виливницях різних типів

Завод (комбінат)	Тип виливниці	Сталь	Поздовжні тріщини	Поперечні тріщини	Сітка розпалу	Вигар	інші
Кузнецький	Л-4	Спокійна	19,1	-	23,6	56,5	0,8
Магнітогорський	Ф-1		19,0	2,4	72,4	3,0	3,6
Каметсталь	110А		54,0	0,2	8,0	35	3,0
Алчевський	Б-3		31,2	4,4	4,4	48,2	11,8
Кузнецький	6.5	Кипляча	72,7	18,7	10,9	3,6	31
Магнітогорський	7		53,6	43,2	-	0,6	2,6
Каметсталь	27		64,0	16,0	-	4	16

Основні причини утворення поздовжніх тріщин наступні:

1) різностінність, що виникає при литві виливниці внаслідок незадовільного модельно-опочного оснащення;

2) наявність сталевих монтажних скоб (або цапф) в тілі виливниці;

3) незадовільний хімічний склад і структура чавуну, з якого виготовлена виливниця;



4) низька якість вихідних шихтових матеріалів (при литві з ваграночного чавуну);

5) незадовільна конструкція виливниць;

6) порушення режиму експлуатації.

В якості заходів боротьби з поздовжніми тріщинами можна рекомендувати:

1) бандажування виливниць литими бандажами, виготовленими зі сталі марок 50, 60, 40ГЛ, 50ГЛ, 60ГЛ;

2) рівномірний підігрів зовнішньої поверхні виливниці перед змащенням, якщо виливницю подано під налив вперше або після тривалої перерви. При цьому в зовнішніх шарах її створюються стискаючі напруги;

3) зменшення вмісту в шихті передільних чавунів, бою виливниць і включення добавок феросиліцію;

4) поліпшення структури чавуну: збільшення вмісту фериту і укрупнення графіту;

5) виключення водяного душування виливниць.

Поперечні тріщини, які виникають в прямокутних листових і наскрізних з футерованим верхом виливницях, є наслідком термічних напруг.

Небезпека виникнення цих тріщин тим більше, чим більше відношення довжин сторін поперечного перерізу виливниці. Факторами, що збільшують ймовірність виявлення поперечних тріщин, є:

1) душування виливниць спрямованими струменями води;

2) недостатня жорсткість розширених стінок у прямокутній виливницях зі збільшеним відношенням довжин сторін;

3) внутрішні вади (прихований спай, великі згрупування неметалічних включень);

4) неповний налив сталі в виливницю;

5) різкий перехід від товстої до тонкої стінки виливниці.

Шляхи боротьби з поперечними тріщинами в кожному конкретному випадку визначають на основі аналізу умов експлуатації виливниць. Майже всіма технологічною інструкції з експлуатації виливниць передбачено душування їх при температурі

не вище 200-300°. Проте в даний час немає портативних і надійних вимірювальних приладів, за допомогою яких можна було б швидко визначати температуру окремих частин виливниці після видалення з них злитків. Тому судити про точному дотриманні рекомендацій по душуванню виливниці не можна. Звичайно окремі ділянки виливниць, поданих на душування, нагріті до 600 ° і більше.

Дослідженнями, виконаними на комбінаті «Запоріжсталь», встановлено, що при душуванні стійкість виливниць знижується на 30%.

Таким чином, найкращим рішенням є повне виключення душування. Найкращі результати досягаються при охолодженні виливниць тільки на повітрі.

Ефективним заходом щодо запобігання поперечних тріщин є збільшення акумулюючої здатності тих ділянок виливниці, які максимально нагріваються під час розливання сталі і наступної кристалізації злитка. Про це свідчить досвід комбінату «Запоріжсталь», де в результаті додання широким стінкам бочкоподібної форми стійкість виливниць збільшилась на 30%. При цьому вага виливниць збільшилась всього на 6%.

Крім описаних вище типових вад, зустрічаються й інші види руйнування виливниць. Причинами їх можуть бути: необачність кранівника, яка веде до механічного руйнування виливниці, приховані ливарні дефекти, що ослабляють механічну міцність її частин, неуважний огляд виливниць перед розливанням та ін..

Крім того, завжди мають місце порушення в процесі підготовки виливниць до експлуатації. Значний вплив на стійкість виливниць оказують спосіб очищення їх і змащення. Встановлено, що при механізації операцій очищення й змащення стійкість виливниць зростає на 25-50% [14].

Для збільшення стійкості виливниць особливе значення має пошук способу зміцнення торців стінок, щоб запобігти утворенню поздовжніх тріщин.

На комбінаті «Запоріжсталь» були досліджені наскрізні виливниці з використанням у верхній і нижній частинах стінок у вигляді пасків («спідниць»). Випробування дали суперечливі результати. Для одних типів виливниць потовщення стінок призвело до підвищення стійкості виливниць (типи III, VI), для інших - до зниження (типи I, V). Стійкість виливниць типів II і IV майже не змінилася (табл. 3.2).

Зважаючи на незначній ефективності потовщення стінок пасками досліди на заводі «Запоріжсталь» були проведені з виливницями, верхні і нижні торці яких, крім пасків, зміцнюються сталевими бандажами.

Таблиця 3.2 - Порівняльна стійкість виливниць з потовщенням і без потовщення стінок у верхній і нижній частинах

Конструкція виливниць	Тип виливниць					
	I	II	III	IV	V	VI
	Стійкість (в наливах)					
Без потовщення стінок	68,5	54,4	39,7	50,1	48,4	20,6
З потовщенням стінок	53,4	54,0	77,5	52,7	42,2	33,5

Істотний вплив на стійкість виливниць як вказувалося раніше, оказують: конструкція виливниці, структура і властивості матеріалу, з якого вони виготовлені, тривалість періоду між роздяганням виливниць (тривалість перебування металу в виливницях) і розливанням сталі, а також умови наповнення виливниць. Розрізняють внутрішні напруги першого роду зональні, що виникають між стінками зонами перетину і різними частинами виливниці, другого роду - які виникають всередині зерна або між сусідніми зернами. І третього роду - виникають всередині кристалічної решітки. Всі ці напруги в кінцевому підсумку викликають пружну деформацію, яка призводить до спотворення кристалічної решітки і коли ці напруги перевершують переділи міцності чавуну, в виливниці утворюються тріщини [13].

Під дією рідкої сталі в разі прямого попадання струменя на стінку відбувається розмив внутрішньої поверхні виливниці. Розмивом називаються поглиблення на внутрішній поверхні стінок або донної частини виливниці, що виникає в результаті тривалої термічної і динамічної дії струменя сталі. Поверхня цього поглиблення гладка.

У наскрізних виливницях, заливаються знизу (сифоном), розмив виникає в результаті збільшення кута між осями струменя та виливниці, а також при зміщенні літникового отвору (рис. 3.1).

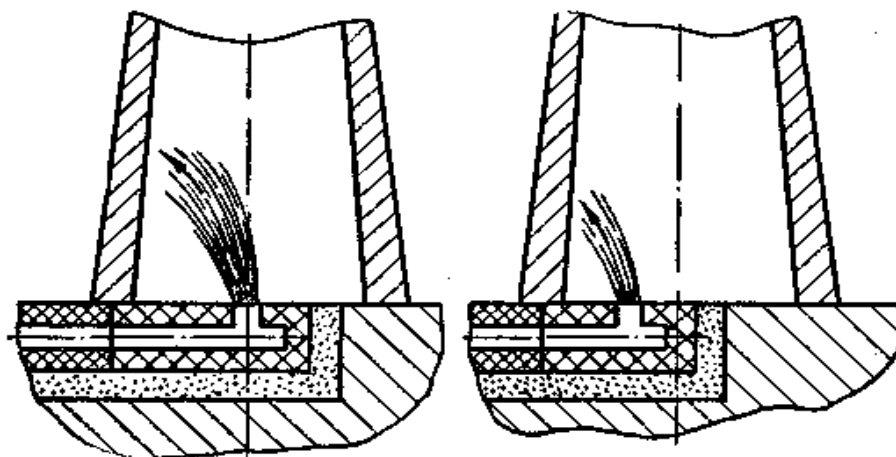


Рисунок 3.1 – Зсув осі струменя при наливі сталі сифонним способом

В якості боротьби з розмивом наскрізних виливниць, що заливаються сифоном, застосовують:

а) встановлення козирків з листового заліза (рис. 3.2), що гасять живу силу фонтануючого струменя сталі в перші секунди наливу, до початку закінчення;

б) застосування кінцевої цегли з двома ливниковими отворами (рис. 3.3)

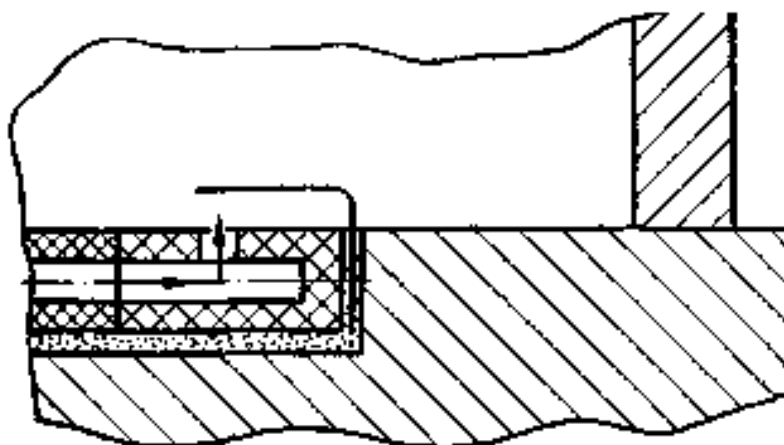


Рисунок 3.2 – Схема установки козирка для запобігання розмиву

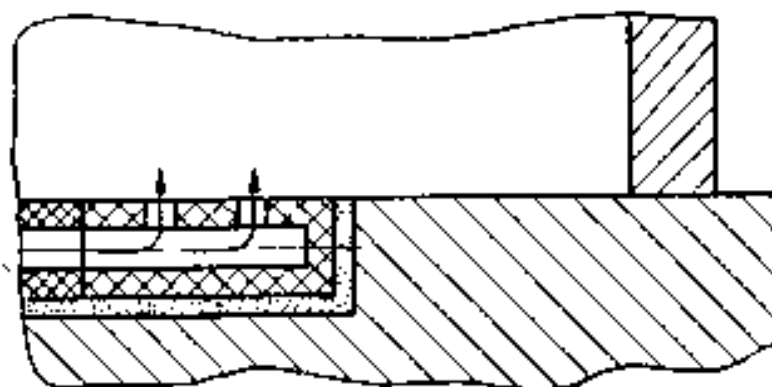


Рисунок 3.3 – Цегла з двома ливниковими отворами

У глухонних виливницях, заливаються сифоном, розмив виникає внаслідок неточності установки шамотного скляночки з ливникових отвором (рис. 3.4), а при заливці зверху-внаслідок неспівпадіння осі струменя сталі з віссю через ложниці.

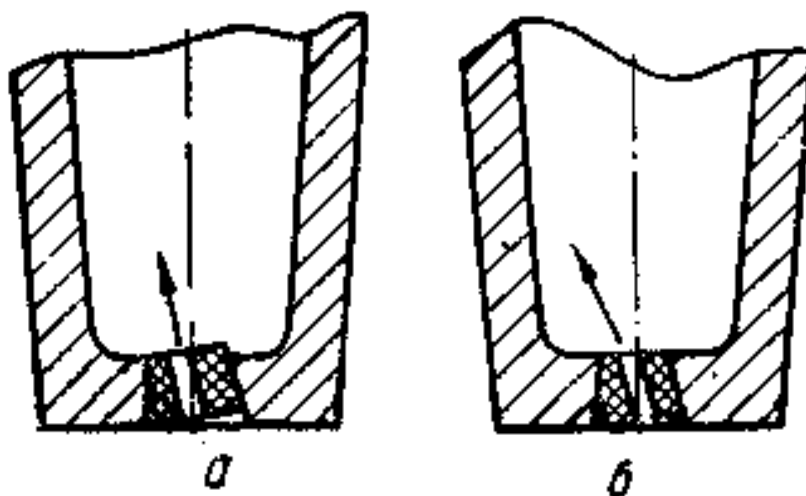


Рисунок 3.4 – Перекіс шамотного стаканчика (а) і отвору в ньому (б)

На рис. 3.5 показано три випадки: а - вісь струменя сталі паралельна осі виливниці, але зміщена на більшу чи меншу відстань від центру; б - вісь струменя складає деякий кут з віссю виливниці внаслідок перекосу сталерозливного ковша або стопорного стакана на ньому; в - виливниця встановлена похило на піддоні або візок з піддоном перекошений через неотріжтованості залізничного шляху. У практиці зустрічаються різні поєднання цих випадків.

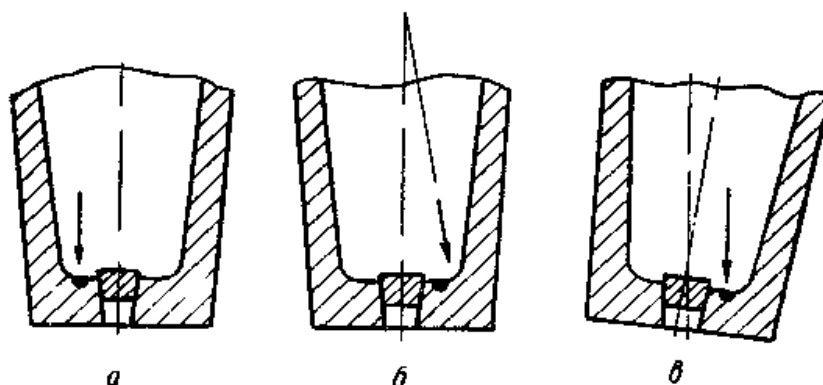


Рисунок 3.5 – Зсув осі струменя сталі при наливні виливниць зверху

Заходами запобігання розмиву в виливницях є:

а) суворо горизонтальна установка піддонів;

б) повсякденний контроль за станом залізничних шляхів;

в) установка шамотного стаканчика в донній частині виливниці за допомогою спеціального пристосовування, що забезпечує точне співпадіння осей літникового отвору та виливниці;

г) установлення стаканчиків в сталерозливних ковшах за допомогою приладу, що забезпечує сувору паралельність (вертикальність) їх осей;

д) збільшення діаметру сталеві «пробки» в донній частині виливниці.

Циркуляційні потоки в рідкій сталі викликають нерівномірне нагрівання робочої поверхні виливниць залежать від способу розливання. При сифонній розливці зона інтенсивної циркуляції розташовується в нижній частині виливниці. Інтенсивна циркуляція затримує утворення зазору в нижній частині виливниці, гальмує усадку сталі і сприяє більш високому нагріванню внутрішніх стінок виливниці, що сприяє появі найбільш ранньої стадії сітки розпалу.

Розпалом називають сітку тріщин на внутрішній поверхні виливниць.

Розпал виникає тільки на центральних частинах граней. Це пояснюється тим, що при кристалізації злиток намагається прийняти форму, показану пунктиром на рис. 3.6.

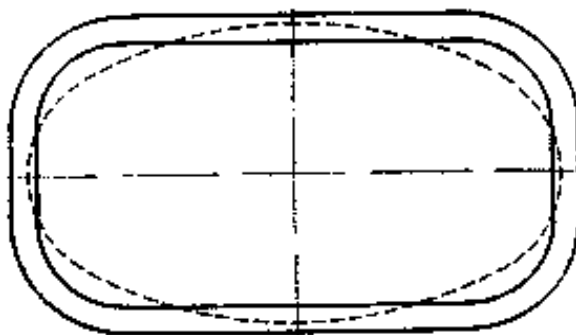


Рисунок 3.6 – Схема зміни форми злитка при охолодженні його у виливниці

Сітка тріщин може бути дрібною і великою. Величина її залежить від матеріалу виливниць, максимальної температури нагріву ділянки виливниці в місці розпаду, тривалості впливу тепла злитка на матеріал виливниці і величини термічного удару при наливі.

Встановлено, що розпал менше вражає виливниці, виготовлені з чавуну з перлітною структурою, з дрібними включеннями графіту. Тому в тих випадках, коли основною причиною виходу виливниць з ладу є розпал, для виливниці рекомендується застосовувати перлітний чавун.

Зменшення тривалості перебування злитку в виливниці (а отже, і зменшення температури нагріву виливниці на ділянках зіткнення зі злитком) уповільнює розвиток розпалу.

Це підтверджується дослідженнями, виконаними у нас і за кордоном. Так, наприклад, на «Запоріжсталь» було показано, що в результаті зменшення часу витримки злитків у виливницях типу III з 125 до 100 хв. стійкість виливниць збільшилася з 88 до 100 наливів. Цікаво відзначити, що сумарна тривалість перебування злитків у виливницях (до моменту виходу з ладу через розпал) виявилася приблизно однаковою для всіх дослідних виливниць, хоча кількість наливів була різною.

Вплив тривалості витримки злитків у виливницях на стійкість останніх показано на рис. 3.7.

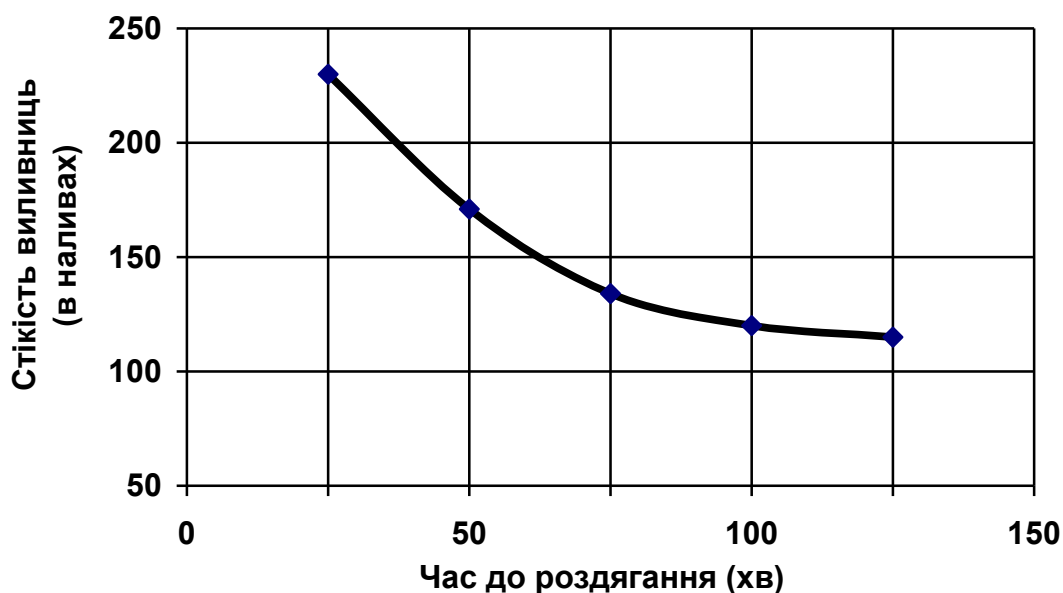


Рисунок 3.7 – Графік залежності стійкості виливниць від тривалості перебування в них злитків

Таким чином, необхідно всіляко знижувати тривалість перебування злитків у виливницях, тим більше, що це збігається також з інтересами прокатних цехів.

При розливанні зверху зона інтенсивної циркуляції сталі переміщається знизу вгору, тепло, що поглинається стінкою виливниці, розподіляється рівномірно по висоті, що призводить до більш пізньої і рівномірної появи сітки розпалу по висоті виливниці.

Максимальний феростатичний тиск у цьому випадку сприймається більш міцною скоринкою злитка, що утворюється значно раніше, ніж при сифонній розливці. При розливанні зверху так само можливі опіки (оплавлення) на стінках виливниці, якщо струмінь металу, що заливається в момент запису або при відкритті (закритті) шибера, частково потрапляла на стінку виливниці.

Неточна центрівка струменя часто призводить до приварюванні злитка до виливниці, в деяких випадках настільки міцно, що злитки практично неможливо витягнути і тому виливницю доводиться розбивати. Для боротьби з приварками розливання сталі зверху слід починати плавним, але досить швидким відкриттям шибера до отримання повного струменя, що забезпечує підйом металу в виливниці зі швидкістю 0,6 - 0,7 м / хв.

Перехід від розливання пригальмованим струменем на максимальну швидкість має відбуватися не ривками, а дуже плавно, тому що температура поверхні піддону в цей період досягає свого максимального значення. Крім раціонального режиму розливання необхідно застосовувати спеціальні матеріали мастила, що перешкоджають приварюванню злитка до виливниці і загальмовують появу сітки розпалу.

Вигаром називається поглиблення, що виникає в результаті розм'якшення шару чавуну і приварки його до зливка (рис. 3.8).



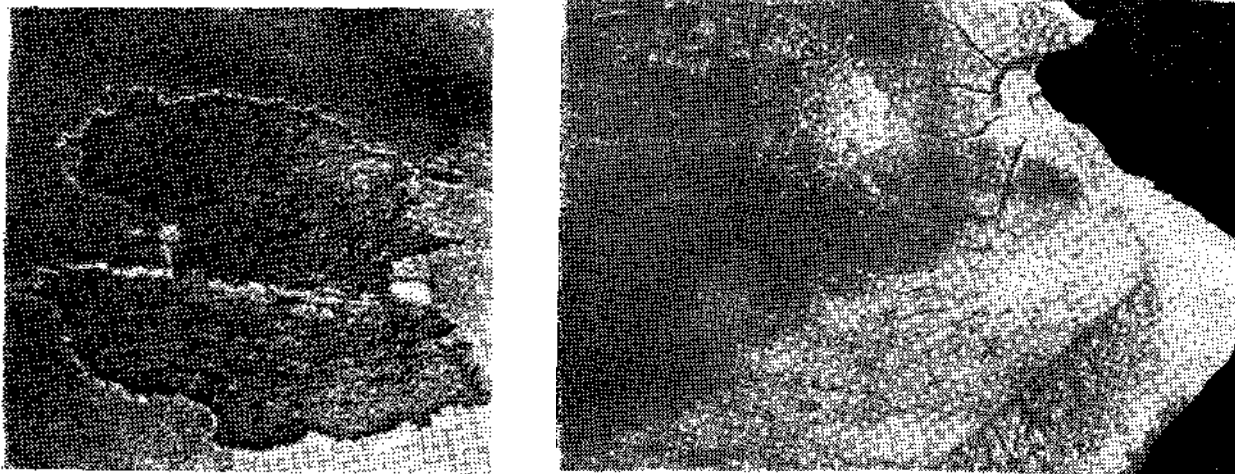


Рисунок 3.8 – Вигари в бічній стінці виливниці

Розташовується він на внутрішніх гранях нижньої або верхньої частини виливниці в залежності від умов заповнення її сталлю, способу розміщення на піддоні і конструкції.

При видаленні (або усадки) злитку виходить відрив від основної маси виливниці шару чавуну, що приварився. Товщина його звичайно не перевищує 5-10 мм.

На Кузнецькому і Магнітогорському металургійних комбінатах з переходом на двохсторонню розливку відстань між сусідніми виливницями скоротилося до 50 мм. У результаті на внутрішніх гранях виливниць став з'являтися вигари, в той час як раніше, коли відстань між виливницями становила 450-500 мм, випадків вигару не було.

На гранях, які вільні для доступу повітря, вигар - явище доволі рідкісне.

При розливанні сталі сифонним способом у виливниці прямокутного перерізу вигар виникає на широких гранях. Про це свідчить, наприклад, досвід заводу «Запоріжсталь».

Якщо при сифонному розливанні має місце зміщення струменя металу, то вигар вражає грань, найближчу до струменя.

На уражену ділянку виливниці впливають напружений теплової потік і результуюча сила від ваги зливка і зусилля, що виникає при усадці. Сумісна дія викликає зсув перегрітого шару.

Нами спостерігалися три фази виникнення цього пороку: спочатку виникала тріщина зсуву, потім зрушення з відшаруванням і, нарешті, зрив шару. Розміри його незначні: по ширині 70-100 мм, товщиною 4-8 мм і по висоті (від кромки до дна) 50-60 мм.

Вигар піддається виправленню (зварюванню), що і практикується на деяких заводах.

Як боротьбу з вигаром можна рекомендувати:

- 1) точну установку шамотного стаканчика при сифонному розливанні сталі;
- 2) розстановку виливниць на піддоні таким чином, щоб полегшити тепловіддачу;
- 3) збільшення акумулюючої здатності ділянок максимального нагріву виливниць;
- 4) збільшення теплопровідності матеріалу виливниць.

Аналіз наведених даних показує, що з причини сітки розпалу і вигарів виходить з ладу виливниць типу 1Б - 80,6%, 2Б - 77,9%, 4А - 51,5%, ХВБ - 31,8%. Унаслідок приварювання злитку, розмиву дна, стін виходить з ладу виливниці типу 1Б - 1,4%, 2Б - 0,7%, 4А - 18%, ХВБ - 17,1%. Що викликано поряд з недостатньою міцністю чавуну через відсутність його модифікування як в об'ємі, так і в поверхневому робочому шарі в цеху виробництва виливниць, так і експлуатаційними напругами пов'язаними з температурою виливниці і температурою сталі, часом витримки металу у виливниці, напругами викликаними гальмуванням усадки злитку у виливниці. Так відомо, що чим вище ливарна напруга, тим більше значення одержують експлуатаційні, особливо на перших 10 - 15 наливу, тому на перших наливах необхідно прагнути по можливості не допускати під розливу виливниці з температурою нижче 50°C.

### **3.2 Вплив дефектів виливниць на якість злитків і прокату**

У багатьох дослідженнях ставилося за мету пов'язати стан робочої поверхні виливниць з якістю злитка і прокату. У більшості з них отримана залежність. Але

серед наявних даних є протиріччя. Деякі фахівці вважають, що без збитку для якості злитків виливницю можна експлуатувати до утворення сітки розпалу будь-якого ступеня, що не заважає їх роздяганню. В інших дослідженнях наводяться фактичні дані, що свідчать про негативний вплив достатньо розвиненої сітки розпалу на якість злитків. Наприклад, на ММК виливниці відбраковують при глибині тріщин сітки 8 мм і шириною 5 мм, так як зростає трудомісткість зачистки злитків.

Яковлев Ю.М. і Тимофеев В.Л. встановили, що в результаті звертання нерівності на злитку, в його поверхневому шарі виникають додаткові усадочні напруги, що сприяють утворенню гарячих тріщин, іноді прихованих на глибині 3-5 мм. Ці тріщини при осаді під пресом розкриваються, і утворюються рваніни. Є відомості, що за наявності на виливницях розвиненою сітки розпалу, внаслідок попадання в тріщини шлаку, надмірної кількості мастила і вологи, у зливках утворюються флокени. Немає певних даних і про вплив зривів робочого шару виливниць на якість злитків і прокату. Деякі дослідники вважають, що допустима глибина зриву не повинна перевищувати 1,0-1,2% ширини вузької межі злитка. Показано, що приварювання злитків призводить до утворення тріщин і подальшого їх руйнування при прокатці або куванню.

Встановлено, що при розливанні киплячої сталі у великі листові виливниці зрив шару глибиною до 25 мм не можна пов'язати з дефектами на слябах і листах. Зрив глибиною від 25 до 50 мм не дає постійних результатів у передачі дефектів. Якщо ж глибина зриву перевищує 50 мм, то на слябах виходять грубі плени, а на листах - рваніни і підповерхневі окисли, навіть при вогневому зачищенні слябів.

На Запоріжсталі цілодобово контролювали стан робочої поверхні виливниць перед кожним наливом, порядок підготовки, температури сталі, що розливається, технологію розливання, тривалість витримки злитків в виливниці, характер стріперування. Крім того, фіксували наявність рванін на зливках при прокатці на слябінгах і вихід з них рейок першого сорту.

До появи дефектів на виливницях всі рейки клеймилися поплавочно, після появи дефектів - послиточно. Вплив зношування виливниць на якість металу вивчали по всіх злитках, за винятком тих, які відливали в холодних виливницях розсіяним

струменем і при зниженій температурі сталі. У цих випадках число злитків з рванінами становило 71 і 50% відповідно. При обробці результатів спостережень не приймалися до уваги рейки, які були переведені у нижчі сорти внаслідок відхилень від встановлених нормативів хімічного аналізу, копрових випробувань, а також рейки, отримані із злитків, відлитих з порушеннями встановленої технології.

При оцінці, якості злитків в залежності від стану виливниці (при наявності декількох дефектів на їх поверхні) брався до уваги вплив найбільш значущого дефекту або двох істотних (табл. 3.3). Так, наприклад, вплив розмиву донної частини виливниці враховували тільки до появи вигарів або зриву робочого шару на її гранях. Якщо ж на виливниці був зрив робочого шару, то менш значущі дефекти не приймалися до уваги. Злитки з рванінами виходять і при литві їх у виливниці без дефектів, що визначається впливом факторів, обумовлених технологією розливання.

Найбільш значущим дефектом виливниць є зрив робочого шару. Звертає на себе увагу той факт, що число дефектних злитків практично однаково при різних за величиною зривах робочого шару. Отже, при появі навіть незначного зриву робочого шару виливницю необхідно ремонтувати. Це дозволить не тільки попередити подальше швидке розвиток дефекту, але й істотно поліпшити якість злитків і полегшити стриперування.

Таблиця 3.3 - Вплив дефектів робочої поверхні виливниць на якість злитків

Дефект на робочій поверхні виливниці	Загальне число злитків, шт.	Злитки з рванінами, %	Злитки, не витягнуті з виливниць, %
Виливниці без дефектів	867	2,25	-
Скол торцевої крайки	21	9,52	-
Розмив донної частини	281	5,72	0,36
Дрібні викришування робочого шару на гранях	67	2,98	-
Розмив донної частини і відкол торцевої крайки	311	6,18	1,00
Дрібні викришування робочого шару на гранях і відкол торцевої крайки	288	3,96	0,44
Зрив робочого шару на площі до 10 дм <sup>2</sup> і глибиною до 10 мм	183	5,23	6,40
Зрив робочого шару на площі до 20-30 дм <sup>2</sup> і глибиною до 10-20 мм	179	5,96	15,9

Приблизно в такій же мірі на якість злитків впливає розмив донної частини виливниці. Основний спосіб боротьби з цим дефектом - суворе центрування струме-

ня. Таким чином, стан робочої поверхні виливниць оказує великий вплив і на якість прокату.

Дані спостережень дозволяють припустити, що дефекти виливниць впливають на якість злитків і прокату. При ретельному огляді великого числа злитків в холодному стані у місцях виступів на зливках не вдалося виявити дефекти, але під виступами часто утворюються тріщини. Мабуть, вплив дефектів на поверхні виливниць проявляється головним чином у тому, що вони сприяють виникненню додаткових внутрішніх напруг, підвисань злитку у виливниці і ускладнюють стриперування. Це тягне за собою утворення надривів, що призводять до рванін при прокатці.

Великий вплив роблять відколи внутрішньої торцевої крайки, про що свідчать і збільшення числа дефектних злитків, відлитих у виливницях, у яких поряд з розмивом донної частини чи викришуваннями на гранях були відколи. Заварка крайок, як показує досвід багатьох заводів, неефективна, тому необхідно посилити контроль за підготовкою прибуткових надставок.

При визначенні впливу дефектів виливниць на якість прокату через складність маркування та врахування його прийняття останній ділили на дві групи: з злитків, відлитих у виливницях з хорошим станом робочої поверхні, і з злитків, відлитих у виливницях зі зривами робочого шару. При хорошому стані робочої поверхні виливниць з 1370 шт. оглянутих продуктів 84% були прийняті першим сортом, при зривах робочого шару з 186 рейок першим сортом прийнято лише 70%.

### **3.3 Матеріали для виготовлення виливниць**

Шихта, застосовувана при литві виливниць, складається з ливарного і передільного чавуну і бою виливниць. У окремих випадках додають сталь. Стандартизувати склад шихти не представляється можливим, але межі в ній окремих компонентів повинні бути твердо встановлені. Значні відхилення від нормального складу шихти знижують стійкість виливниць. Дослідження, проведені на «Запоріжсталь», показали, що чим більше в шихті бою виливниць, тим нижче їх стійкість (табл. 3.4).

Таблиця 3.4 – Залежність стійкості виливниць від змісту бою в шихті

Вміст бою виливниць в шихті (%)	Кількість виливниць	Стійкість (у наливах)
20-35	40	50,8
36-50	549	50,6
60-70	127	37,0

Добавки феросиліцію завжди знижують стійкість виливниць.

Рекомендований склад шихти наведено в табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Рекомендований склад шихти (%)

Компоненти	1 тип	2 тип
Ливарний чавун ЛК-0, ЛК-1, ЛК-2	50-55	35-45
Переробний чавун	10-15	10-15
Бій виливниць	30-40	40-50

Приблизний склад чавуну:

C	Si	Mn	P
3,8	1,8	0,9	до 0,2

Вміст сірки тут не обумовлено, але численні дані свідчать про необхідність всебічного його зниження. Дослідженнями, виконаними на «Запоріжсталь», встановлено, що збільшення вмісту сірки від 0,05-0,06 до 0,09-0,1% призводить до значного зниження стійкості виливниць.

Тут же були поставлені досліди по знесірченню рідкого чавуну для відливання виливниць шляхом введення соди і отримані позитивні результати.

Таким чином, необхідно будь-якими засобами знижувати вміст сірки в чавунах. Одним із способів знесірчення є перемішування рідкого чавуну з тонко помеленим вапном в барабанних печах протягом 15-30 хв. Витрата вапна при цьому становить 1% від ваги чавуну. Ємність барабанних печей досягає 30 т.

Цей спосіб, який одержує зараз поширення, дозволяє знизити вміст сірки в чавуні з 0,1 до 0,01%.

Вмісту фосфору в чавуні для відливання виливниць не приділяють стільки уваги, скільки змістом сірки. Технічними умовами передбачено отримання фосфору до 0,25%. З точки зору поліпшення ливарних властивостей чавуну вміст фосфору в

межах 0,20-0,25% корисний, оскільки фосфор сприяє отриманню чистої внутрішньої поверхні виливниць і зменшує ізотермічне зростання чавуну. Проте вичерпних даних про ступінь впливу фосфору на якість виливниць при концентрації його 0,20-0,25% в літературі немає.

Мінімальний вміст марганцю, передбачений переважною більшістю заводських технічних умов, становить 0,6%. Спроби виготовлення виливниць з чавуну з меншим вмістом марганцю не можна вважати обґрунтованими.

Так, наприклад, дані комбінату «Запоріжсталь» свідчать про те, що чим нижчий вміст марганцю в чавуні, тим менше стійкість виливниць (табл. 3.6).

Таблиця 3.6 – Залежність стійкості виливниць від вмісту марганцю в чавуні

Вміст марганцю (%)	Кількість виливниць	Середня стійкість (в наливах)
0,6-0,65	229	41,9
0,7-0,75	443	47,3
0,8-0,85	345	45,8
0,9-0,95	103	49,4

Марганець збільшує опір росту чавуну і тим самим перешкоджає утворенню сітки розпалу. Зниження міцності у марганцевистих чавунів починається при більш високій температурі.

Однак виливниці, виготовлені з марганцевистих чавунів, більше схильні до тріщин. Тому вміст марганцю в чавуні для виливниць не повинен перевищувати 2%. При цьому рекомендується поряд зі збільшенням концентрації марганцю на кожні 0,2% понад 0,8% збільшувати вміст кремнію на 0,1%.

Вплив кремнію на стійкість виливниць вивчено у достатній мірі. Доказано, що висококременисті чавуни тендітні і не витримують термічних ударів.

Зміст кремнію в чавуні для виливниць коливається в межах 1,0-2,8% і визначається вмістом вуглецю і характеристикою ливарної форми.

Температура чавуну при заливанні виливниць коливається зазвичай у межах 1180-1220°C. Нижня межа температур рекомендується при ступінчастій та дощовій літниковій системах, верхній - при сифонній.

Температура чавуну на жолобі не повинна перевищувати 1250-1300°C. Дослідженнями, проведеними на «Запоріжсталь», встановлено, що зниження температури випуску чавуну сприятливо відбивається на стійкості виливниць (табл. 3.7).

Таблиця 3.7 – Залежність стійкості виливниць від температури чавуну на жолобі

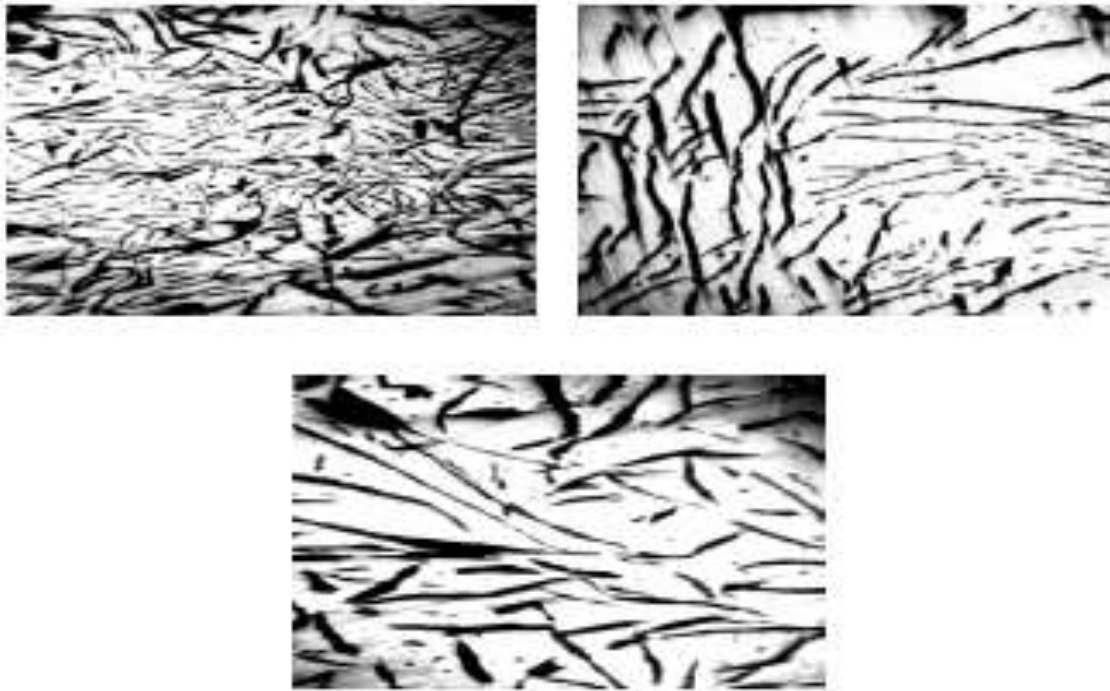
Температура, °С	Виливниці без бандажів		Виливниці з бандажами	
	Кількість	Середня стійкість (в наливах)	Кількість	Середня стійкість (в наливах)
1240-1260	-	-	22	112
1270-1290	292	52,6	145	107,6
1300-1310	210	49,5	101	104,5
1320-1330	72	45,9	17	99,5

#### *Дослідження мікроструктури чавуну*

Відомо, що доменний чавун, що має низький вміст Mn (0,5 ... 0,7%) і Si (0,6 ... 1,0%), при коливаннях вуглецю в межах (4,1 ... 4,8%) може кристалізуватися з утворенням різних структур. Вміст і співвідношення зазначених хімічних елементів визначає будову металевої основи, а також розподіл, будова і розмір графітової фази чавуну. Кожна структура чавуну, в свою чергу, володіє характерним для неї діапазоном механічних властивостей. Так як хімічний склад чавуну для виготовлення виливниць є нестабільним, а процеси макро- і мікроліквіації всередині ливарної форми лише підсилюють хімічну неоднорідність розплаву, отримати однорідну і стабільну структуру і властивості чавуну в виливках вельми скрутно.

Для виливниць процес графітизації білого чавуна недоцільний через великі енерговитрати, низьку продуктивність, він мало придатний для одержання пластівчастого графіту у великогабаритних виробках, якими є виливниці. Оптимальною формою включення графіту є куляста або вермікулярна, яку можна одержувати безпосереднього у рідкому стані. Найбільш простою є технологія одержання чавуна для виливниць із структурою пластинчастого графіту, який проти не забезпечує потрібну стійкість виливниць. Проведеними дослідженнями показано, що на заводі за існуючою технологією одержують чавун для виливниць із грубопластинчастим графітом (рис. 3.9).





а) форма, розподіл, розмір графітних включень зовнішньої сторони виливниці (збоку кокілю); б) форма, розподіл, розмір графітних включень у середній частині перетину стінки виливниці; в) форма, розподіл, розмір графітних включень з внутрішньої поверхні виливниці (збоку стрижня)

Рисунок 3.9 – Грубопластинчастий графіт сірого немодифікованого чавуну виливниць по товщині стінки (0,180 м), х 100

У рамках проведених металографічних досліджень цей факт був підтверджений експериментально. При вивченні фрагментів проб були виявлені різні типи мікроструктури чавуну, в тому числі: перлітна, перліто-феритна і ферито-перлітна. Більш того, зареєстрований випадок, коли в межах одного зразка були значні відмінності як по вигляду металевої матриці, так і за формою і розмірами графітових включень.

### 3.4 Підготовка виливниць до розливання

Якість поверхні злитка в значній мірі залежить від стану внутрішньою поверхні виливниці. Незадовільно очищені і змазані виливниці, служать причиною вини-

кнення підкіркових міхурів і місцевих тріщин, на поверхні злитків, що крім цього зменшує стійкість виливниць [20].

Якісна та продуктивна підготовка виливниць, чистка та змащування їх може бути досягнута тільки шляхом комплексної механізації цих робіт, які виконуються в спеціальних відділеннях, куди виливниці надходять після їх охолодження.

На «Запоріжсталі» в цеху підготовки составів чистку виливниць роблять у спеціальному відділенні, де поєднані дві операції - чищення і змащення. Виливниці з відділення роздягання злитків подаються на шлях відстою для їх охолодження на повітрі. Після охолодження до необхідної температури (90 - 120°C) виливниці надходять у відділення чищення. У відділенні чищення встановлений рейковий штовхач 1 (рис. 3.10), за допомогою якого проводиться пересування візків з виливниця. Привід рейкового штовхача електричний.

Штанга, що штовхає, 1 забезпечена штовхаючими пальцями 2 з пружинними амортизаторами 3. При русі штанги вперед в опорних катках 4 пальці впираються в торець штанги і штовхають перед собою візок 5. При русі штанги тому і наявності на візку 6 наступних виливниць пальці відхиляються вгору, і головка штанги безперешкодно повертається у вихідне положення, після чого пружина 7 притискає штовхаючі пальці до торця штанги. З нижньої сторони штанги укріплена зубчаста рейка 8, за допомогою якої на штангу передається зусилля від приводу через приводну шестерню 9.

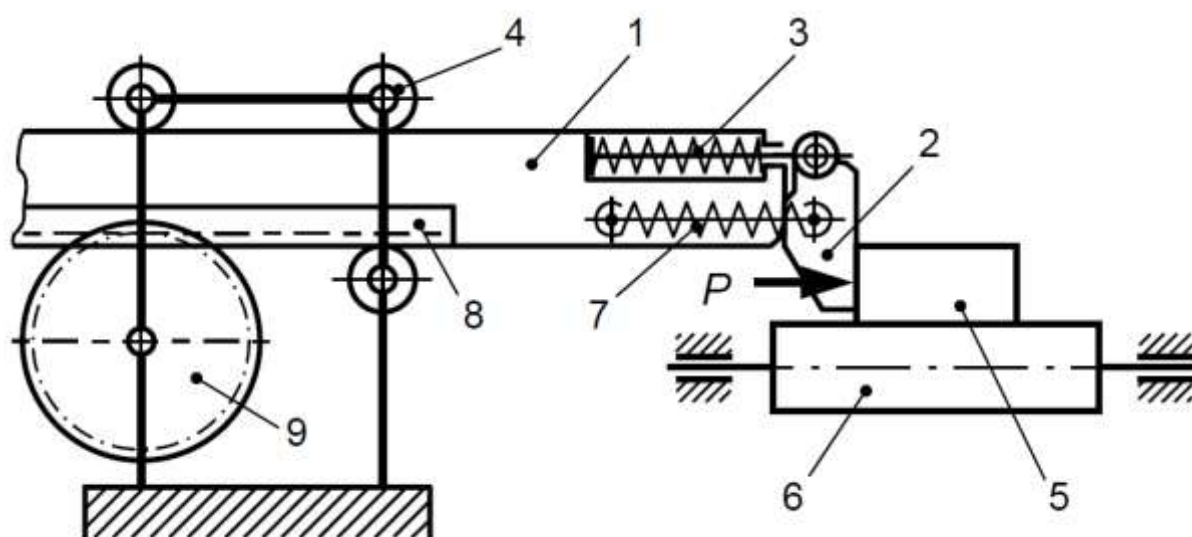


Рисунок 3.10 – Схема рейкового штовхача

Машина чищення змонтована на пересувному візку. Щітки для чищення являють собою дві металеві пластини, між якими закріплені мірні обрізки сталевого канату. Чистка виливниць проводиться шляхом пересування штанги у вертикальній площині по внутрішній поверхні виливниці.

Шар металу, що утворився на верхньому торці виливниці в результаті підтікання шиберного затвора при переїзді сталерозливного ковша з виливниці на виливниці, видаляється у відділенні підготовки составів за допомогою кранів спеціальним скребком.

Виливниці, після «аварійних плавок» (підтікання металу між плитами, розливання холодних плавок з пропаленням, не криє шибер і т.д.) з залитими торцями викладають на спеціальному майданчику для видалення настилів за допомогою вогневої різки. Виливниці зі шлаковими поясами піддаються чищенню у відділенні підготовки составів на стаціонарному йоржі. Стаціонарний йорж представляє собою металеву плиту, вага якої дорівнює вазі виливниці, в якій встановлено квадратний стрижень. Висота стрижня відповідає висоті виливниці. На стрижні встановлені три металеві щітки. Очищення виливниць на стаціонарному йоржі проводиться за допомогою електромостових кранів.

Після очищення виливниць проводиться їх змащення. Відділення змащення складається з рейкового штовхача, аналогічного як у відділенні чищення, пересувного візка і ємності з розчином для фарбування. Візок складається з механізму його пересування та механізму підйому штанги. Штанга виконана у вигляді труби, усередині якої розташовані трубопроводи подачі розчину і стислого повітря. У нижній частині штанги трубопровід з'єднаний з форсункою, яка забезпечує рівномірне покриття внутрішньої поверхні виливниці мастильними матеріалами.

На комбінаті «Запоріжсталь» змащення виливниць роблять розчином лігносульфонатів, а на комбінаті «Криворіжсталь» – на основі дістенсіліманітового концентрату або вапна.

Склад сумішей:

1. Дістенсіліманітовий концентрат 100%. Вода понад 100% до щільності розчину 1,18 - 1,22 г/см<sup>3</sup>.

2. Вапно 100%. Вода понад 100% до щільності розчину 1,05 - 1,12 г/см<sup>3</sup>.

Дістенсіліманітовий концентрат має наступні співвідношення інгредієнтів у %:

Таблиця 3.8 - Хімічний склад дістенсіліманітового концентрату

Хім. елемент	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>	MgO	TiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O
Процентний вміст	40,7	0,7	57,3	< 1,0	0,23	0,95	0,05	< 1,0

Товщина покриття складає - 1,1-1,4 мм, при цьому наносяться покриття розташовані рівним шаром по всій поверхні виливниць без будь-яких напливів і пропусків. Температура 90 - 120°C виливниць забезпечує швидке висихання покриття та видалення з нього вологи, яка під час розливання сталі може викликати кипіння металу біля стінок виливниць, що призводить до погіршення якості поверхні злитка і зниження стійкості робочого шару виливниці особливо тих у яких вже є сітка розпалу.

Рівний шар якісного змащення покликаний зменшити тепловий удар в перший момент зіткнення рідкого металу та виливниці, згладити поверхневі нерівності на робочій поверхні виливниці, попередити потрапляння металу в поглиблення сітки розпалу, що загальмує подальше її окислення і при цьому буде служити отриманню більш рівної й гладкої поверхні виливниць.

Так що, дослідження, що проводяться на комбінаті, з нанесення металевого алюмінію показали, що нанесення на внутрішню поверхню металевого алюмінію за допомогою металізації виключає добавки сполучних речовин (водний розчин рідкого скла, вода, кремнезоль, сірчаноокислий магній тощо), а тим самим виключається джерело газовиділення і додаткових неметалічних включень. Крім того, такий метод дозволяє підвищити стійкість робочої поверхні виливниць за рахунок алітування чавуну [2].

### 3.5 Вплив часу перебування металу у виливниці на його стійкість

Як показали дослідження в роботі [21], затримка роздягання злитку викликає термічну втому через збільшення чавуну і його зростання, що призводить до зміни структури матеріалу виливниці до більш ранньої появи сітки розпалу з відповідним

зниженням її стійкості. Значне підвищення стійкості виливниць може бути досягнуто шляхом зниження максимальних температур, що досягаються в тілі виливниць та скорочення часу перебування виливниці при максимальних температурах. Цим способом не можна усунути переродження структури чавуну виливниці, але воно може бути загальмовано з підвищенням її стійкості.

За даними роботи [22] між стійкістю виливниць і часом перебування в ній злитку існує залежність:

$$A = A_{\infty} \frac{K}{S}; \quad (3.1)$$

де:  $A$  - число наливів (циклів),

$A_{\infty}$  - 20 - мінімальне число наливів (при скільки завгодно тривалому перебуванні злитку у виливниці),

$K$  - коефіцієнт рівний  $\approx 5000$ ,

$S$  - тривалість перебування злитку у виливниці, хв.

Відповідно до вищевказаної залежності, отриманої шляхом збільшення тривалості перебування злитка в виливниці  $S$  скорочує допустиму кількість наливів.

Результати експлуатації виливниць та аналіз їх стійкості на комбінаті «Запоріжсталь» показують, що у виливниці, що працює тільки з киплячою та напівспокійною сталлю, сітка розпалу розвивається значно повільніше, ніж у виливницях, що працюють зі спокійною сталлю, що можна пояснити двома причинами: перша - це наскрізна виливниця має менші ливарні напруги ніж глуходонна, і друга - час витримки злитків менше, що підвищує стійкість наскрізних виливниць. Згідно технологічної інструкції з розливанні сталі [23] час витримки металу в глуходонних виливницях для спокійної сталі складає 50 - 110 хвилин, для киплячій і напівспокійної (наскрізні виливниці) складає 30 хвилин.

Стійкість виливниць для спокійних марок сталі в 2 рази менше ніж виливниць для киплячих і напівспокійних марок сталі.

У 2023 році було досягнуто збільшення стійкості виливниць в порівнянні з 2022 роком. Ці результати були досягнуті завдяки введенню нового регламентованого графіка № 2 доставки зливків з підвищеною тепломісткістю зі сталеплавильних в обтискні цехи комбінату [24]. Сутність цього регламентованого графіка полягає в тому, що для напівспокійних марок сталі зменшили час відстою плавки в розливному відділенні сталеплавильних цехів комбінату з 30 хвилин до 10 хвилин, отже, зменшився час знаходження злитків у виливниці до стриперування на 20 хвилин, що призвело до підвищення стійкості виливниць на 4%. Був переглянутий і скорочений графік перебування гарячих злитків у виливницях. За старим графіком час перебування гарячого злитка в виливниці становив 3,5 - 4 години. Шляхом теоретичних розрахунків і тривалого спостереження за пересуванням гарячих составів було встановлено, що для зливків масою в 3,5 тонни час витримки гарячих злитків у виливницях без шкоди для якості злитка можна скоротити на 1 годину, тобто до 2 год 30 хв - 2 год 40 хв.

У результаті температура гарячого посаду підвищилася з 715 до 810°C. При роботі за новим графіком протягом року відзначене поліпшення показників: зниження чаду металу в колодязях слябінга на 0,3%, підвищення продуктивності колодязя на 0,6%, скорочення витрати палива на 4%, підвищення стійкості виливниць на 2 - 4 наливу, прискорення оборотності составів на 8%, збільшення пропускної здібності розливного прольоту на 12%.

### **3.6 Вплив коефіцієнта оборотності виливниць на їх стійкість**

Однією з основних експлуатаційних характеристик стійкості виливниць є коефіцієнт оборотності виливниць, який характеризує температурний режим експлуатації виливниць.

Фактичний коефіцієнт оборотності виливниць залежить від цілого ряду чинників:

1. Маса і конструкції виливниці;
2. Способу охолодження виливниць;
3. Теплофізичних властивостей чавуну виливниці;
4. Температури сталі, що розливається;
5. Тривалості розливання сталі;

6. Відстані поруч виливницями;

7. Температури навколишнього повітря;

8. Кількості типів застосовуваних виливниць, планування виробництва по сортаменту продукції і, відповідно до цього за типами виливниць;

9. Забезпеченості змінним обладнанням, у тому числі: сталерозливними візками, виливницями;

10. Пропускної спроможності ділянок, у тому числі залізничних шляхів для охолодження составів з виливницями [25].

Технологічна інструкція цеху підготовки составів регламентує для створення оптимальних умов експлуатації виливниць наступний коефіцієнт за типами виливниць:

- Для розширених донизу 1,3 - 1,4;

- Для розширених догори 1,0 - 1,1.

З аналізу графіка оборотності виливниць (рис. 2.15) випливає, що при збільшенні коефіцієнта оборотності виливниць більше 1,4 або його зниження до 0,9 суттєво зменшується стійкість виливниць. Це пов'язано насамперед з великим розміром виливниці та її вагою. Йде нерівномірний прогрів стінок виливниці, виникають великі внутрішні напруги [15], що різко знижує стійкість виливниці.

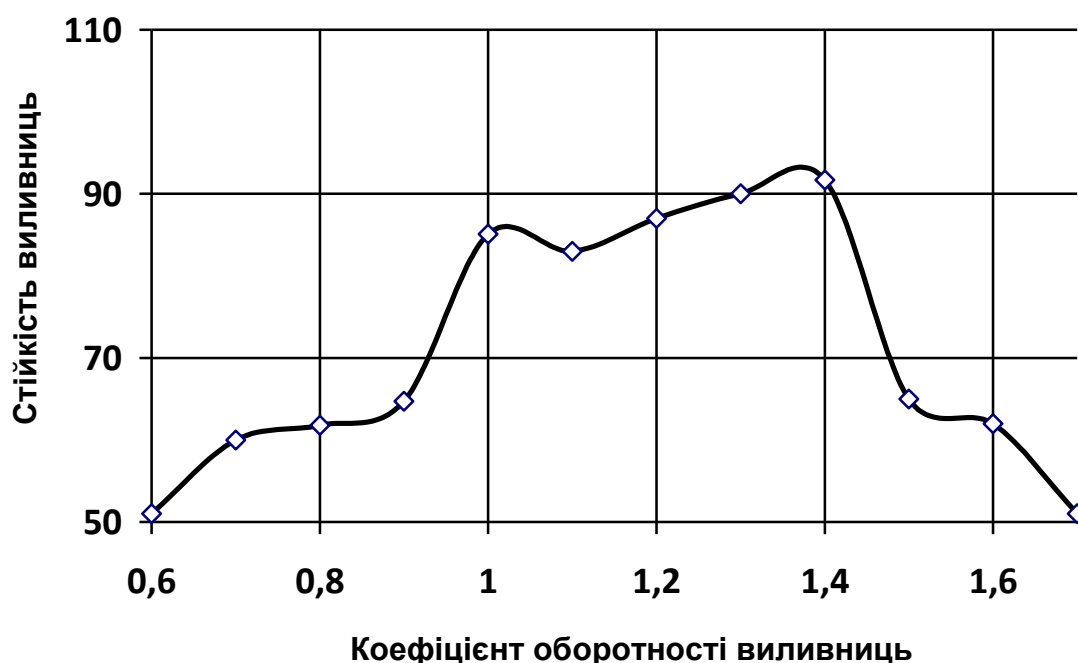


Рисунок 3.11 – Графік оборотності виливниць

Необхідна кількість виливниць для підтримки оптимального коефіцієнта оборотності в залежності від виробництва на комбінаті «Запоріжсталь» визначається за номограмами. Так, необхідну кількість виливниць типу 1Б у відділенні підготовки составів для виробництва сталі, що розливають в ці виливниці в кількості 30 ковшів на добу при коефіцієнті оборотності виливниці 1,3 складе 520 шт.

Суттєвим недоліком у роботі металургійних заводів довгий час був факт відсутності або недостатнього обліку стійкості виливниць через складність їх обліку без комп'ютерної техніки. Наявність такого обліку в даний час (з наявністю комп'ютерної техніки) дає можливість ліквідувати передчасне відвантаження виливниць з ладу, оперативно вживати заходів до усунення причин передчасного виходу виливниць з ладу і головне виконувати аналіз стійкості виливниць (визначати головні фактори, що впливають на їх стійкість). В даний час на комбінаті «Запоріжсталь» облік стійкості виливниць ведеться в цеху підготовки составів із застосуванням комп'ютерної техніки. Він має таку структуру.

У цеху виробництва виливниць на кожну відлиту і прийняту виливницю працівниками ВТК виливниць виписується паспорт. Паспорт включає в себе наступні дані:

1. Тип виливниці
2. Номер виливниці
3. Вага виливниці
4. Дата заливки
5. Дата приймання
6. Хімічний склад чавуну
7. Геометричні розміри

А так само є таблиця з обліку стійкості виливниці, яка включає в себе:

1. Дата введення виливниці в експлуатацію
2. Кількість наливів
3. Дата виходу з експлуатації
4. Причина виходу з експлуатації



Паспорти на виливниці разом з виливницями передаються з цеху виливниць на склад злитків ЦПС, де вони зберігаються до моменту відвантаження виливниць у відділення підготовки составів [18].

При відвантаженні виливниць у дворі підготовки составів паспорти на них передаються у відділення підготовки составів.

У паспорті зазначається дата введення виливниці в експлуатацію, тобто дата подання виливниці під перший налив.

Облік введення і виведення виливниць з експлуатації в цеху підготовки составів виробляють у тій зміні, яка готує состав з виливницями до розливання плавок [18]. Нові виливниці при введенні в роботу маркуються вапном на 2-х гранях з попереднім записом у журнал обліку введення в експлуатацію нового змінного обладнання з позначкою їх введення, номер виливниці, номер візка, на яку встановлено виливниці. При відбракуванні та вилученні з експлуатації робиться відмітка в журналі обліку виливниць. Відбраковування виливниць проводиться в цеху комісією з передачею інформації в обчислювальний центр щодня.

Оператор ЕОМ на підставі даних вводить номери виливниць в базу даних комп'ютера.

Щодня ведеться роздруківка працюючого парку виливниць, яка включає в себе:

1. Кількість виливниць
2. Тип виливниць
3. Номери виливниць
4. Дату введення
5. Дату останньої оборотності
6. Кількість наливів
7. Коефіцієнт оборотності на кожну виливницю

Після виведення виливниці з експлуатації, на неї складається акт, у якому робиться відмітка причини відбракування, ці дані заносяться в комп'ютерну базу даних. Аналіз причин виводу виливниць з ладу робиться лабораторією технічного управління комбінату.

Роздруківка за відбракованими виливницями включає в себе:

1. Аналіз відбракованих виливниць по оборотності
2. Аналіз відбракованих виливниць за видами дефектів та кількістю наливів
3. Узагальнений аналіз відбракованих виливниць за групами дефектів [18].

### **3.7 Вплив технології розливання сталі на стійкість виливниць і піддонів**

Відомо, що розливочні прольоти сталеплавильних цехів є вузьким місцем у сталеплавильному виробництві в плані його збільшення. Щоб своєчасно розлити всю виплавлену сталь, багато заводів змушені застосовувати двохстопорну розливку і розливання через стакан збільшеного діаметра. Ці фактори мають негативний вплив на стійкість виливниць і піддонів: швидкісне розливання збільшує тепловий удар, що сприймається виливницею і піддоном; двохстопорне розливання викликає необхідність щільного розташування виливниці на піддоні, що ускладнює центрування струменя, в результаті чого трапляється «розмив» стінки виливниці і піддону і передчасне виведення їх з експлуатації і крім того, погіршуються умови кристалізації зливків, що знижує їх якість [26]. Дослідженнями в роботі [26] було встановлено, що жорсткість в плані дотримання температурного режиму при випуску і розливанні сталі дає можливість не тільки варіювати швидкість розливання в потрібних межах без шкоди для якості злитка, але підвищити при цьому стійкість виливниць. Так, швидкісне розливання дозволяє знизити приблизно на 10% температуру металу що, при дотриманні інструкції при розливанні (повільне відкриття стопора, центрування струменя і ін), призводить до збільшення стійкості виливниць.

Метал не можна перегрівати, а також розливати з надмірно високою швидкістю, так як виливниці і піддон сприймають велике теплове навантаження. У результаті цього зростає небезпека утворення тріщин у виливниці, особливо при перших наливах.

Крім того, перегрітий метал при порушенні центрування та організації струменя призводить до оплавлення внутрішніх граней виливниці, що в свою чергу обу-

мовлює застрягання злитку, і надалі механічне пошкодження при добуванні злитка, що негативно позначається на його якості.

Розливка холодного металу і аварійних плавок (з неприкритим стопором) так само чинить негативний вплив на стійкість виливниць. Наприклад, при сифонному розливанні такий метал змушені розливати зверху, що призводить до розмивання дна виливниць і виводить її з ладу.

Щоб усунути розмивання низу і граней виливниці, необхідно при розливанні зверху струмінь суворо центрувати по осі виливниць, а при розливанні сифоном забезпечити правильну (по центру) установку стаканчика, щоб не було перекосу.

При застосуванні двухстопорного розливання сталі (мартенівський цех, ємність ковша 300т), одночасно наповнюються сталлю два виливниці через два стакана в ковші. При розливанні сталі у виливниці, розширені догори, отвори в донній частині закривають вкладишами, які оберігають виливницю від розмивання струменем сталі в донній частині і від приварювання злитків [1]. Вкладиші для цієї цілі виготовляють литими або кованими у вигляді підкладок, що прикривають дно виливниці. У процесі розливання через 2 стопора, дуже складно забезпечити центрування струменя металу одночасно в двох виливницях, хоча відомо, що правильне центрування струменя при розливанні зменшує приварювання злитків, поліпшує їх якість і підвищує термін служби виливниць [1].

Одним з недоліків розливання сталі з ковшів великої ємності вважається велика швидкість витікання струменя сталі з ковша, яка призводить до розбризкування сталі при наповненні виливниць, що веде до запороченості низу злитків пленою. Швидкість витоку струменя сталі найбільшою мірою залежить від рівня металу в ковші, що видно із залежності:

$$V = R\sqrt{2q(H_1 + H_2)} \quad (3.2)$$

де:

$H_1$  - висота рівня сталі в ковші над сталерозливним стаканом;

$H_2$  - висота сталерозливного стакана над рівнем сталі у виливниці;

$R$  - коефіцієнт опору руху струменя сталі.

Внаслідок великої швидкості витікання струменя сталі відбувається сильне розбризкування її на початку наповнення виливниць, приварювання злитків до виливниць і піддонів, збільшується знос піддонів [1].

Розбризкування сталі при наповненні виливниць утворюються внаслідок неправильної організації струменя, що виливається з ковша (через погане промивання стакана киснем), або внаслідок недостатнього плавного регулювання швидкості наповнення виливниць стопорним механізмом. Розбризкування сталі і сплески її при наповненні виливниць викликають утворення вад на поверхні злитків, плен і інших дефектів.

## 2.10. Техніко-економічні показники впровадження результатів НДР

У роботі був досліджений регламентований графік доставки гарячого металу на нагрівальні колодязі слябінга.

Суть полягає в тому, щоб підвищити температуру посаду гарячих злитків. Виходячи з цього метал витримується 25-30 хвилин, а не 45 хвилин як раніше. Скорочення часу на 15-20 хвилин сприяє зниженню розпалу робочої поверхні виливниці і збільшує термін їх експлуатації. Це в свою чергу знижує витратний коефіцієнт виливниць, а отже витрати по переділу, тобто знижується собівартість виробництва сталі.

Таблиця 3.9 – Показники виливниць типу 1Б і 4А

Найменування показника	2023 г.	
	Виливниці типу 1Б	Виливниці типу 4А
1. Виробництво сталі, т	766 268	1 358 134
2. Вага виливниці, т	15,85	21,25
3. Вага злитка, т	15	20,7
4. Вартість 1т. виливниці, грн	1500	1500

Витратний коефіцієнт виливниці типу 1Б на 1 т виплавленої сталі склав у 2023 р.

$$K_0 = \frac{Q_{изл}}{Q_{сл} \cdot n} = \frac{15,85}{15,0 \cdot 86,7} = 12,1 \text{ кг/т сталі} \quad (3.3)$$

де:

$Q_{изл}$  - вага виливниці типу 1Б;

$Q_{сл}$  - вага зливка, т;

$n$  - середня стійкість в наливах.

Таблиця 3.10 – Абсолютні і відносні зміни стійкості виливниць типу 1Б і 4А

Найменування показника	Значення показника		Зміни		Джерело інформації
	2022 до впровадження регламентованого графіка	2023 після впровадження регламентованого графіка	абсолютні	відносні	
1. Стійкість виливниці типу 1Б	86,7 наливів	97,3 наливів	10,6	+12,23	Норми цеха
2. Стійкість виливниці типу 4А	78,2 наливів	81,4 наливів	3,2	+4,09	

Витратний коефіцієнт виливниці типу 4А на 1 т виплавленої сталі склав у 2022 р.

$$K_0 = \frac{Q_{изл}}{Q_{сл} \cdot n} = \frac{21,25}{20,7 \cdot 78,2} = 13,1 \text{ кг/т сталі}$$

Витратний коефіцієнт виливниці типу 1Б на 1 т виплавленої сталі склав у 2023 р.

$$K_1 = \frac{Q_{изл}}{Q_{сл} \cdot n_1} = \frac{15,85}{15,0 \cdot 97,3} = 10,86 \text{ кг/т сталі}$$

Витратний коефіцієнт виливниці типу 4А на 1 т виплавленої сталі склав в 2023 р.

$$K_2 = \frac{Q_{2изл}}{Q_{сл} \cdot n_2} = \frac{21,25}{20,7 \cdot 81,4} = 12,6 \text{ кг/т сталі}$$

До впровадження нової технології прискореної доставки зливків в колодязі слябінга, витрати на виробництво сталі у виливниці типу 1Б склали:

$$Z_0 = Q_{год} \cdot K \cdot C = 766\,268 \cdot 0,0121 \cdot 1500 = 13907764 \text{ грн} \quad (3.4)$$

де:

$Q_{год}$  - кількість розливої сталі у виливниці типу 1Б, т;

$K$  - витратний коефіцієнт виливниць типу 1Б, т;

$C$  - собівартість 1т виливниці, грн.

Після впровадження нового регламентованого графіка прискореної доставки зливків в колодязі блюмінга, що відображає суть нової технології, витрати на виробництво сталі в виливниці типу 1Б склали:

$$Z_0 = Q_{год} \cdot K \cdot C = 766\,268 \cdot 0,01086 \cdot 1500 = 12482506 \text{ грн}$$

Економічний ефект після впровадження нового регламентованого графіка прискореної доставки зливків в колодязі слябінга у виливниці типу 1Б склав:

$$\Xi_1 = Z_0 - Z_1 = 13907764 \text{ грн} - 12482506 \text{ грн} = 1425258,4 \text{ грн}$$

До впровадження нової технології прискореної доставки зливків в колодязі блюмінга, витрати на виробництво сталі у виливниці типу 4А склали:

$$Z'_0 = Q_{год} \cdot K' \cdot C = 1\,358\,134 \cdot 0,0131 \cdot 1500 = 26687333 \text{ грн} \quad (3.5)$$

де:  $Q_{год}$  - кількість розливої сталі у виливниці типу 4А;

$K'$  - видатковий коефіцієнт виливниць типу 4А;

$C$  - собівартість 1т виливниці, грн.

Після впровадження нового регламентованого графіка прискореної доставки зливків в колодязі слябінга, що відображає суть нової технології, витрати на розлив сталі в виливниці типу 4А склали:

$$Z'_0 = Q_{\text{год}} \cdot K' \cdot C = 1358134 \cdot 0,0126 \cdot 1500 = 25668733 \text{ грн}$$

Економічний ефект після впровадження нового регламентованого графіка прискореної доставки зливків в колодязі слябінга у виливниці типу 4А склав:

$$\mathcal{E}_2 = Z'_0 - Z'_1 = 26687333 \text{ грн} - 25668733 \text{ грн} = 1018600 \text{ грн}$$

Загальний економічний ефект становить:

$$\sum \mathcal{E} = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 = 1425258,4 + 1018600 = 2443858 \text{ грн}$$

Таблиця 3.11 - Вплив підвищення стійкості виливниць типу 1Б і 4А на загальний обсяг витрат розливої сталі цими виливниці

Найменування показника	Вплив на витрати (+,-), грн
1. Зниження витрат на розливу сталь у виливниці типу 1Б	1425258,4
2. Зниження витрат на розливу сталь у виливниці типу 4А	1018600
Усього	2443858

З наведеної вище таблиці 2.13 випливає, що запроваджений регламентований графік доставки зливків з підвищеною тепломісткістю на нагрівальні колодязі слябінгів зменшує витратний коефіцієнт виливниць типу 1Б на 1,3 кг/т виплавленої сталі і витратний коефіцієнт виливниць типу 4А на 0,5 кг/т сталі, що виплавляється, тим самим знижуючи витрати на відливу сталь в ці виливниці в сумі 2443858 грн.

У результаті впровадження регламентованого графіка доставки зливків з підвищеною тепломісткістю на нагрівальні колодязі слябінгів, змінилися і техніко-економічні показники цеху підготовки составів (див. табл. 3.12).

Таблиця 3.12 - Техніко-економічні показники цеху підготовки составів

Найменування показника	Значення показника		Зміни	
	До впровадження регламентованого графіка	Після впровадження регламентованого графіка	Абсолютні	Відносні, %
1. Річний обсяг розливання сталі, т				
в виливниці типу 1Б	766268	766268	---	---
в виливниці типу 4А	1358134	1358134	---	---
2. Фактичний час роботи обладнання (виливниць), година	8760	8760	---	---
3. Чисельність ППП цеху підготовки составів, чол.	337	337	---	---
4. Капітальні вкладення	---	---	---	---
5. Витрати на виробництво продукції, грн.	50389679	47500212	- 2889467	- 5,73
6. Зниження норм витрати, кг/т сталі				
виливниці типу 1Б	12,1	10,86	-1,24	10,24
виливниці типу 4А	13,1	12,6	-0,5	3,79



## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

### 4.1 Аналіз потенційно шкідливих і небезпечних чинників цеху підготовки составів (ЦПС)

ЦПС має ділянки: підготовки составів під сифоновий розлив сталі, для розливу спокійних марок сталі, роздягання злитків, механічного чищення і змащування виливниць, склад. Виробнича потужність цеху дозволяє розливати у виливниці 13 тисяч тонн сталі на добу. Цех оснащений 16 електромостовими кранами, включаючи 4 стріперних. Має 27 сталерозливних составів і 25 холостих - для перевезення виливниць.

Цех підготовки составів відноситься до виробництва з підвищеною небезпекою. У процесі підготовки виливниць й роздягання злитків металурги мають справу з гарячим металом, працюють в умовах підвищених температур. Важка фізична робота в безпосередній близькості від джерел тепла приводить до перегріву організму. У процесі підготовки виливниць та роздягання злитків у робочу зону виділяється значна кількість пилу, променистої енергії, оксидів азоту й сірки й інших шкідливих факторів. Насиченість цеху електромостовими кранами й прочим електричним і механічним устаткуванням створює небезпеку механічної поразки й поразки електричним струмом. Серйозну небезпеку представляють обертові механізми й механізми, що переміщуються. Гаряча сталь являє собою вибухо- і пожежонебезпеку, створюють загазованість і збільшують тепловиділення.

При підготовці виливниць і розливанні сталі виникають шкідливі виробничі фактори, які впливають на умови безпеки. До числа таких факторів відносять теплові й світлові випромінювання, виділення пилу й газу у виробниче приміщення, а також шум і вібрація.

Оцінка факторів виробничого середовища й трудового процесу на робочому місці підготовлювача составів наведено в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Оцінка факторів виробничого середовища й трудового процесу на робочому місці підготовлювача составів

№ п/п	Фактори виробничого середовища й трудового процесу	Нормативне значення (ПДК)	Фактичне значення	III клас шкідливі й небезпечні умови й характер праці			Тривалість дії факторів за зміну, %
				I	II	III	
1	Пил фіброгенної дії, мг/м <sup>3</sup>	4	19		4,75		80
2	Шкідливі хім. речовини, мг/м <sup>3</sup>						
	1 клас: хром	0,01	0,012	1,2			30
	нікель	0,05	0,07	1,4			30
	марганець	0,05	0,06	1,2			25
	2 клас: натр їдкий	0,5	1,5		3		35
	сода кальцинована	2,0	6,0		3		25
3-4 клас:	кислота соляна	5,0	10,2	2,4			30
	CO	20,0	40	2			75
	SO <sub>2</sub>	10,0	28,5	3			70
3	Вібрація, дБ	92	90				100
4	Шум, дБ	80	79				80
5	Мікроклімат у приміщенні в теплий період:						
	- t <sup>0</sup> C повітря;	21	25	1			80
	- швидкість руху повітря;	0,2	0,3	1			80
	- відносна вологість повітря;	75	95	1			80
- інфрачервоне випромінювання, Вт/м <sup>2</sup>	140	700-1400			1400	80	
6	Вага праці - категорії Пб Напруженість праці - помірковано - напружений						

Висновок: робота підготовлювача по енерговитратах відноситься до категорії Пб - середньої ваги.

Відповідно до класифікації переважними на виробничих ділянках ЦПС, діють наступні небезпечні виробничі фактори:

- залізничний і автомобільний транспорт, що пересувається, вантажопідійомні крани, що рухаються, мульдіві, сталерозливні, шлакові состави;
- переміщувані вантажі, що рухаються, частини механічного встаткування;
- наявність рідких продуктів плавки й розпечених злитків, краплі металу й шлаків, що розлітаються;
- висока напруга (до 380 В);

- стиснене повітря, газоподібний кисень і аргон.

Забруднення повітря впливає на організм людини. Всі забруднюючі повітря речовини у ЦПС зустрічаються у вигляді сировини, проміжних і робочих продуктів, готової продукції, випадкових домішок, допоміжних речовин і відходів. Токсичними є гази, які утворюються і потрапляють в організм через шкіру, причому не пошкоджену. Таким газом є окис вуглецю. Це газ без диму, запаху і смаку. Дія на організм складається у витісненні кисню з крові з утворенням карбооксігемоглобіна, результатом цього є удушся. Перші ознаки отруєння: головний біль, запаморочення, нудота, блювота, загальна слабкість, у важких випадках втрата свідомості. Загазованість на робочих місцях визначається за вмістом CO в повітрі.

Вплив пилу на організм залежить від його складу і походження. Нетоксичний пил дратує шкіру, очі й уші. В умовах ЦПС утворюється дрібнодисперсний пил. Дисперсність пилу впливає на його поведження. Чим вище дисперсність пилу, тим легше і швидше вона проникає в організм людини. При вдиханні в легені людини падають пилоподібні частки розміром 0,01-10 мкм; частки розміром 0,01 мкм видаються назад з повітрям; частки розміром 5- 10 мкм осідають у носоглотці.

Ще одним виробничим фактором в умовах підготовки составів ЦПС, що робить часом вирішальний вплив на організм людини, є тепловиділення. Тепловий вплив на організм може бути причиною швидкого стомлення, зниження працездатності, ослаблення опірності організму до шкідливих впливів, різних захворювань, теплового виснаження, теплового удару.

#### **4.2 Розробка заходів захисту від впливу небезпечних і шкідливих чинників виробничого середовища ЦПС**

При виконанні робіт необхідно користуватися необхідною формою спецодягу. Приступаючи до роботи, необхідно бути акуратно одягненим і взутим, спецодяг повинен бути застебнута на всі гудзики. Підготовлювач – в суконний одяг, вачагі, черевики, каску (брюки поверх взуття, куртка поверх штанів, волосся прибране під головний убір). Майстер - в суконний одяг, рукавиці, черевики, каску. В залежності від виконуваної роботи і місця роботи, необхідно користуватися засобами індивіду-

ального захисту (ЗІЗ) - окуляри (сині від інфрачервоного випромінювання, білі – від потрапляння пилу), беруші (від шуму), безклапанний респіратор «Пелюстка», протигази (від пилу, шкідливих речовин), каска, вачагі (для захисту від контакту з нагрітими поверхнями).

Для захисту від впливу виробничого шуму в умовах ЦПС, застосовують протишумові вкладиші з матеріалу ФПП-Ш. Ці вкладиші («Беруші») розраховані на користування протягом одного дня. Застосовують шумозахисні навушники.

Захист від шуму та вібрації в цеху складається в забезпеченні належної щільності повітроводів, газопроводів, арматури, кожухів печі та повітронагрівачів. Особливу роль у ліквідації впливу шуму і вібрації грають автоматизація і механізація процесів.

Від електричного струму захищають гумові рукавиці, гумовий килимок, вся металева поверхня цеху повинна бути заземлена.

### **4.3 Заходи з електробезпеки**

При впливі електричного струму виникають електротравми - електричний удар, опік. Електричний удар можливий при зіткненні з струмопровідними частинами устаткування. Опік обумовлений електричною дугою, що супроводжує комутаційні процеси в електричних колах.

Внутріцехову електричну мережу ЦПС виконують ізольованими проводами або кабелем із захисною оболонкою, яка по механічній міцності й стійкості до впливів навколишнього середовища відповідає умовам експлуатації.

Для освітлювальної мережі загального освітлення допускається напруга не вище 250 В. У приміщеннях з підвищеною небезпекою й особливо небезпечних для світильників місцевого й ремонтного освітлення й для ручного інструмента напруга не повинна перевищувати 36 В.

Для захисту від дотику здійснюють недоступне розташування струмоведучих частин (на висоті, під підлогою або приховано в стінах). Мінімальна висота підвісу голих проводів 3,5 м (якщо не потрібна більша висота через можливість зачіпання

їх якими-небудь предметами із землі або проїжджаючим транспортом); найменша припустима відстань до працюючих при напрузі 15 кВ - 0,7 м, а 220 кВ - 3 м.

Голі струмоведучі частини, до яких можливий дотик людей, надійно обгороджують у всіх випадках, коли напруга перевищує 65 В в приміщеннях без підвищеної небезпеки, 36 В – у приміщеннях з підвищеною небезпекою. При напрузі більше 250 В захищають не тільки голі, але й ізольовані струмоведучі частини. Електричне устаткування офарблюють у встановлені кольори. Це має не тільки розпізнавальне й естетичне значення; фарбування відіграє певну захисну роль, тому що завдяки своїм ізолюючим властивостям при аваріях устаткування виключає небезпеку утвору електричного кола через тіло працівника або знижує її.

#### **4.4 Заходи пожежної безпеки**

Пожежонебезпека будівель ЦПС відноситься до категорії "Д" - горючі і негорючі речовини в холодному стані. Будівля цеху виконана з вогнестійких матеріалів: сталь, залізобетон. По вогнестійкості конструкцій цех відноситься до II ступеня.

Для зменшення небезпеки виникнення пожежі важливе значення має раціональне улаштування цеху. З метою обмеження поширення пожеж, проектом передбачається використання негорючих конструкцій, протипожежних перешкод, покриттів, що легко скидаються, регульованих отворів, протипожежних стін і перекриттів. Для видалення з будівлі при пожежі диму, передбачаються димові люки в даху або стінах, особливо за відсутності вікон. Кабелі та трубопроводи пропонується захищати від прямих ударів блискавки, передбачаються громовідводи - пристрої сприймають блискавку і відводять її струм в землю.

Для гасіння пожеж пропонуються тверді, рідкі та газоподібні речовини, що володіють високим ефектом гасіння, що не заподіюють шкоди організму людини, а так само не надають шкідливого впливу на предмети і матеріали при гасінні пожеж.

Швидка ліквідація пожеж може бути забезпечена тільки при правильному виборі засобів і способів гасіння. Так для гасіння металів і їх сплавів пропонуються сухі порошкові матеріали, для гасіння електрообладнання необхідно перш за все

знеструмити його і в якості вогнегасних засобів пропонується використовувати вуглекислоту. Гасіння горючих газів розпорошують струменем води та інертними газами, але перш за все необхідно знизити тиск газу в магістралі. Для гасіння нафтопродуктів застосовується розпорошений струмінь води, піна, флюси. Передбачаються автоматичні системи сигналізації, які здійснюють захист:

- Запобіганням утворення займистого середовища;
- Евакуацією горючих речовин в аварійні ємності;
- Перекриттям комунікацій;
- Включенням подачі засобів;
- Закриття прорізів (для запобігання поширення вогню). Для евакуації людей

у випадку виникнення пожежі в ЦПС передбачені евакуаційні шляхи. Швидкість руху людей при змушеній евакуації дорівнює 16 м/хв. Припустима довжина шляхів евакуації не більше 100 м.

## 4.5 Технічні рішення виробничої санітарії

### 4.5.1 Опалення та вентиляція цеху

Внаслідок виділення великої кількості надлишкового тепла в ЦПС потрібен значний повітрообмін, особливо в літню пору.

Значення прийнятих припустимих (оптимальних) параметрів повітряного середовища в робочій зоні ЦПС наведено в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Значення прийнятих припустимих (оптимальних) параметрів повітряного середовища в робочій зоні ЦПС

Характеристика промислових приміщень при підвищеному тепловиділенню	Категорія роботи з важкості	Період року (теплий, холодний) На постійних робочих місцях			Температура повітря поза постійними робочими місцями, °С
		t <sub>повітря</sub> , °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с	
Більше 23 Вт/м <sup>2</sup>	Важка-3	15-26(18-20)	75(40-60)	0,2-0,6(0,4)	15-25(20) 0-10(10)
		13-19(16-18)	75(40-60)	Не більше 0(0,1)	

#### 4.5.2 Освітлення виробничих приміщень

Для створення природної освітленості в будівлі ЦПС є світлові прольоти в стінах. Площа віконних прольотів складає 20 % стосовно площі підлоги. Нормативне значення коефіцієнта природної освітленості складає 1%.

Роботи в ЦПС відносять до VIII розряду зорової роботи, до підрозділу А. У цеху застосовується бічне й верхнє освітлення.

Для штучного освітлення в ЦПС застосовуються лампи накаливання потужністю 750 і 500 Вт. Коефіцієнт запасу світильників залежно від запиленості дорівнює 1,7.

Особливістю в цеху є наявність у поле зору працюючих саме предметів, що освітлюються, (полум'я, розплавленого і нагрітого металу і шлаку). Яскравість нагрітого металу складає 71500-112000 нт. Умови роботи вимагають розглядання світих поверхонь для спостереження за ходом процесу, визначення на око температури, якості металу і шлаку й іншого.

Тому, необхідно створювати визначену яскравість поля адаптації (тобто забезпечити визначений рівень освітленості навколишніх предметів).

Освітленість території прийнята до 5 лк. Електропостачання освітлювальних установок намічається від проєктованих джерел 380/220В цеху. Коефіцієнт запасу світильників у залежності від запиленості дорівнює 1,7.

Відповідно до норм робота з матеріалами, що світяться, і з виробами в гарячих цехах найменший розмір об'єкта для розрізнення складає більш 0,5 мм. Коефіцієнт природної освітленості при комбінованому висвітленні  $E_H = 2,7 \%$ , при звичайному освітленні  $E_H = 0,9 \%$ .

#### 4.5.3 Санітарно-побутові приміщення

Велике значення для нормалізації роботи персоналу ЦПС в умовах значних тепловиделень має раціональний режим праці і відпочинку, що включає регламентований відпочинок, улаштування кімнат відпочинку з подачею кондиціонованого повітря, а також водянні процедури - напівдуші, обмивання, обтирання.

Для забезпечення адаптації до умов роботи в перші 2-3 тижні молоді робітники, а також робітники після перенесених захворювань і після відпустки повинні виконувати роботу легкої і середньої ваги з поступовим збільшенням навантаження. Обов'язкові 8-10 хв. перерви на відпочинок.

Кімнати відпочинку обладнаються в герметичному, звукоізолюваному (рівень шуму не більш 50 дБ) приміщенні з кондиціонуванням повітря, установками-автоматами ОМ-1 для проведення оксигенопрофілактики, напівдушом, кріслами для прийняття зручної для розслаблення м'язів пози.

Поряд з технологічними, планувальними, технічними й іншими заходами щодо зниження інтенсивності впливу виробничих факторів велика увага приділяється заходам для підвищення опірності організму працюючих їхній дії. Зазначені міри здійснюються в рамках медико-санітарного обслуговування працюючих і включають:

- а) медичні огляди (попередні при надходженні на роботу, і періодичні - протягом терміну трудової діяльності) працюючих у шкідливих умовах;
- б) використання лікувально-профілактичного харчування;
- в) використання адаптогенів, лікарських засобів природного походження з метою патогенетичної профілактики несприятливої дії факторів виробничого середовища.

Для підтримки вітамінного балансу в організмі робітників ЦПС рекомендується вітамінізований напій на чайній основі, молочнокислі напої. Питні пункти повинні бути розташовані поблизу робочих місць. Їжа працюючих повинна бути різноманітною, багатою вітамінами.

Для підвищення опірності організму до контрастних температур, простудним і іншим захворюванням рекомендується відвідування оздоровчого комплексу: водяні процедури (сауна-басейн-душа-обтирання), інгаляторій, фізіотерапевтичний кабінет і ін.

В ЦПС передбачені побутові та допоміжні приміщення:

- Вбиральні з розрахунку 0,2 на працюючого, всього на 688 працюючих 137,6;
- Душові з розрахунку 1 духова сітка на 3-х робочих;
- Підприємство громадського харчування;



- Кімната прийому їжі з розрахунку 1 м<sup>2</sup> на кожного відвідувача;
- Червоний куточок площею 134 м<sup>2</sup>;
- Комора площею 80 м<sup>2</sup>.

#### **4.5.4 Індивідуальні засоби захисту**

При неможливості технічними засобами забезпечити припустимий рівень шкідливості і небезпек на виробництві, використовуються засоби індивідуального захисту - спецодяг, спецвзуття, для захисту голови, очей, рук.

Залежно від призначення в ЦПС передбачаються такі:

- від опіків - рукавиці сукняні, брезентові, комбіновані зі шкіри;
- від теплових випромінювань, іскор і бризгів металу - повстяний капелюх, захисна каска з підшоломником, каски текстолітові або з полікарбонату, взуття шкіряне спеціально для працюючих у гарячих цехах. Щиток теплозахисний з окулярами, що додаються до нього, зі світлофільтрами, маски захисні із прозорим екраном, окуляри захисні, козиркові зі світлофільтрами. Для захисту ніг від теплового випромінювання, іскор і бризгів розплавленого металу, контакту з нагрітими поверхнями - взуття шкіряне спеціально для працюючих у гарячих цехах;
- від шуму застосовують беруші;
- від пилу для захисту органів подиху працюючих служить респіратор (пелюсток).

Спецодяг повинен мати захисні властивості, які включають можливість нагрівання її внутрішніх поверхонь на якій-небудь ділянці до температури 40<sup>0</sup>С у відповідність із класифікацією.

#### **4.5.5 Виробничий шум, виробнича вібрація**

Рівень шуму в ЦПС на ділянці підготовки составів не перевищує 80 дБ, що не вище ГДР шуму, тому не передбачаються спеціальні будівельні рішення, конструкції й устаткування. Шум може викликати загальнобіологічні зміни, функціональні розлади, механічні ушкодження, що ведуть до виникнення професійних захворю-

вань - приглухуватості, розриву барабанної перетинки (при рівні 120-140 дБ), зміні серцево-судинної системи, порушенню функцій шлунка.

Шум виникає при русі, ударі, терті деталей машин і механізмів, при русі пару, газу, при горінні газу, а також при миттєвому змінненні інтенсивності виділення тепла.

Для зниження шуму в приміщенні ЦПС передбачені наступні заходи:

- вентоустаткування розміщується в окремих приміщеннях і поза будівлею цеху;
- вентилятори встановлюються на віброізолюючих підставах приєднаних до повітропроводів через гнучкі вставки;
- застосування звуковбирних матеріалів на стінах;
- використання індивідуальних засобів захисту (спеціальні шоломи й антифони, що мають спеціальну конструкцію (протишум-підшоломник і заглушки чашки).

Систематичний вплив вібрації на людину викликає вібраційну хворобу (неврит) із втратою працездатності, при якій наступають зміни в серцево-судинній, нервовій і кістково-мускульній системах. Супроводжуються такими ознаками: механічні коливання, робота кранів і допоміжних машин, виникаюча при русі транспортних засобів або составів.

#### 4.6 Розрахунок аерації

При відомому повітрообміні мета розрахунку аерації - визначення потрібної площі аераційних отворів ЦПС для забезпечення заданої температури повітря в робочій зоні в теплий період року.

Визначаємо площу аераційних отворів за формулою

$$F_{mp} = \frac{G_{np}}{3600 \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta P_{np} \cdot \rho_n}{\xi_{np}}}}, \quad (4.1)$$

где  $G_{np}$  - кількість припливного повітря, кг/год;

$\Delta P_{np}$  - втрати тиску на прохід повітря через припливні отвори, Па,

$$\Delta P_{np} = (0,1 \dots 0,4) \cdot P,$$

де  $P = 9,81 \cdot h \cdot (\rho_n - \rho_{yx})$  - природний (гравітаційний) тиск, Па,

$h$  - Відстань між центром припливних та витяжних прорізів в ліхтарі, (верхні стулки вікон);

$\rho_{n,yx}$  - щільність зовнішнього (припливного) і повітря, що видаляється, кг/м<sup>3</sup>;

$\xi_{np}$  - коефіцієнт місцевого опору припливних отворів, для подвійних обидві стулки на верхньому підвісі (одна - назовні, інша - всередину);

$$\alpha = 90^\circ; \xi_{np} = 2,4; b/l = 0,5;$$

$$\rho_n = \frac{353}{21,8 + 273} = 1,19 \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho_{yx} = \frac{353}{27,8 + 273} = 1,17 \text{ кг/м}^3;$$

$$P = 9,81 \cdot 3 \cdot (1,19 - 1,17) = 0,58 \text{ Па};$$

$$\Delta P_{np} = 0,2 \cdot P = 0,4 \cdot 0,58 = 0,118 \text{ Па};$$

$$F_{mp} = \frac{51031}{3600 \sqrt{\frac{2 \cdot 0,118 \cdot 1,19}{2,4}}} = 41,4 \text{ м}^2$$

$F_p = b \times h = 2,1 \times 4,5 = 9,45 \text{ м}^2$  - Площа одного розрахункового отвору.

Для 5 отворів  $F_p = 9,45 \cdot 5 = 47,25 \text{ м}^2$

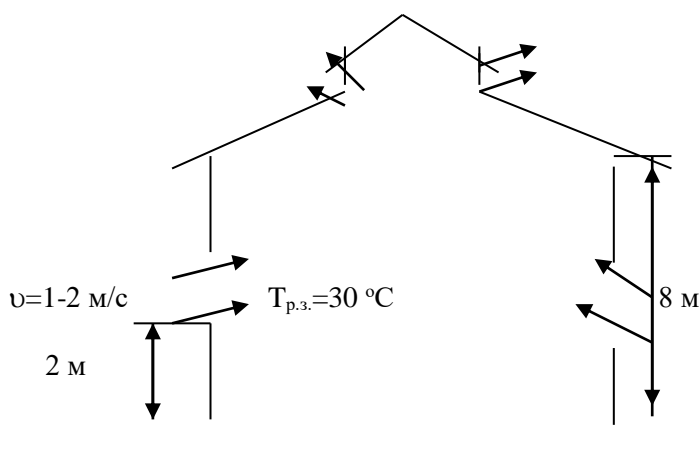


Рисунок 4.1 – Схема аерації ЦПС

$F_{mp} < F_p \Rightarrow$  даний повітрообмін може бути забезпечений природною загально-обмінною вентиляцією в теплий період року.

## ВИСНОВКИ

У ході виконання кваліфікаційної роботи розглянуті питання підвищення стійкості виливниць, удосконалення технології їх експлуатації:

1. Час перебування гарячого злитка в виливницях.
2. Коефіцієнт оборотності виливниць.
3. Облік виливниць.
4. Підготовка виливниць до розливання.

1. Перебування гарячого злитка в виливниці понад регламентованого графіка позначається на стійкості виливниці, тобто зменшення часу відстою плавки напівпокійних марок сталі в розливному відділенні сталеплавильних цехів комбінату «Запоріжсталь» на 20 хвилин призводить до підвищення стійкості виливниць типу 1Б на 10,24% і 4А на 3,79%, і зменшує собівартість річної виплавки сталі цими виливницями на 2443858 грн.

2. Одним з основних параметрів, що впливає на стійкість виливниць є коефіцієнт оборотності. У ході проведення дослідницької роботи був запропонований оптимальний коефіцієнт оборотності виливниць типу 1Б і 4А, який повинен бути в межах 1,2 - 1,3 наливу на добу. При такому коефіцієнті оборотності досягається максимальна стійкість виливниць: 1Б - 97,3 наливу, 4А - 81,4 наливу.

3. У кваліфікаційній роботі запропоновано облік виливниць з повною інформацією про причини передчасного виходу їх з ладу, який є важливим способом, що дає можливість аналізувати режим роботи виливниць.

4. У роботі досліджено вплив якості підготовки виливниць до розливання на їх стійкість і запропоновано оптимальний варіант чищення й змащення виливниць, який дає якісне очищення і рівномірне фарбування робочої поверхні виливниць, підвищуючи їх стійкість і покращуючи якість поверхні злитка.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Прохоренко К.К. Разливка стали и качество стальных слитков. Київ : Наука, 1995. 118с.
2. Основи металургійного виробництва металів і сплавів : підручник для металург. спец. вищ. навч. закл. / Д. Ф. Чернега, В. С. Богушевський, Ю. Я. Готвянський [та ін.] ; за ред. Д. Ф. Чернеги, Ю. Я. Готвянського. Київ : Вища шк., 2006. 503 с.
3. Мовчан В.П., Бережний М.М. Основи металургії. Дніпропетровськ: Пороги, 2001. 334 с.
4. Охотський В.Б. Феноменологія сталеплавильних процесів. Навч. посібник. Дніпропетровськ: НМетАУ, 2011. 90 с.
5. Атаманюк В.В. Технологія конструкційних матеріалів. Київ: Кондор, 2006. 528 с.
6. Готвянський Ю.Я. Фізико-хімічні та металургійні основи виробництва металів: Навч. посібник. Київ: ІЗМН, 1996. 392 с.
7. Маликов И.И. Оптимизация количества разливочных составов и запаса изложниц в сталеплавильных цехах. *Сталь*. 1989. №7. 164с.
8. Скрыбцев А.М. Повышение срока службы сталеразливочных изложниц путем внедрения в производство новых летучеизоляционных смазок. *Повышение технического уровня и совершенствование технологических процессов производства отливок*. Днепропетровск, 1990. 116с.
9. Наказ МОЗ від 14.07.2020 № 1596 «Про затвердження гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин у повітрі робочої зони».
10. Алиев Г.М.-А. Техника пылеулавливания и очистки промышленных газов. — Москва: Металлургия, 1986. 544 с.
11. ДНАОП 1.1.10-1.01-97 (НПАОП 40.1-1.01-97) ПРАВИЛА безпечної експлуатації електроустановок.
12. СНиП 2.01.02-85\*. Протипожежні норми (Діє ДБН В 1.1-7-2002) ( 2.01.02-85\* ) (СНиП 2.01.02-85\*. Противопожарные нормы (Действует ДБН В 1.1-7-2002)).

13. ДБН В.2.5-28-2006 Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення.
14. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування.
15. ДСТУ 2867-94 Шум. Методи оцінювання виробничого шумового навантаження. Загальні вимоги.