

**НАУКОВІ ОСНОВИ ПОЄДНАННЯ ПРОЦЕСІВ ЛИТТЯ  
ТА ПРОКАТКИ**

методичні вказівки до виконання  
індивідуально -аналітичних завдань для студентів  
спеціальності 136 Металургія усіх форм навчання  
другого (магістерського) рівня вищої освіти

*Рекомендовано Науково-методичною  
радою ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»  
(протокол № 1 від «22 » вересня 2022 р.)  
Обов'язково до розміщення в репозитарії*

Запоріжжя 2022

Наукові основи поєднання процесів лиття та прокатки: методичні вказівки до виконання індивідуально-аналітичних завдань з дисципліни «Наукові основи поєднання процесів лиття та прокатки» ОПП Металургія сталі, 136 Металургія (магістерській рівень) / Укл.: Х.В. Малій, Є.В. Синегін,. – Запоріжжя: ТОВ «ТУ Метінвест Політехніка», 2022.


Методичні вказівки до виконання індивідуально-аналітичних завдань з дисципліни «Наукові основи поєднання процесів лиття та прокатки» включають теоретичну частину, приклад розв'язання індивідуальних робіт та вихідні дані за номером варіанта.

Рекомендовано для студентів спеціальності 136 Металургія другого (магістерського) рівня освіти.

*Самостійне електронне текстове мережеве видання*

Затверджено на засіданні кафедри  
базових галузей промисловості  
Протокол № 2 від «6» вересня 2022 р.

Узгоджено:  
Секретар Редакційної ради

 Малій Х. В.  
«9 » вересня 2022 р.

© ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2022

## **ЗМІСТ**

ВСТУП	4
Індивідуальне завдання №1	
Розрахунок параметрів хитання кристалізатора і профілю технологічної осі МБЛЗ	5
Індивідуальне завдання №2	
Вибір шлакоутворювальної суміші і розрахунок її витрат для розливки сталі на МБЛЗ	13
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА	19

## ВСТУП

Наукові основи поєднання процесів лиття і прокатки – обов'язковий курс металургійної підготовки, який дозволить Вам зрозуміти основні наукові і технічні виклики, що постають перед інженерами та науковцями при поєднанні технологічних процесів безперервного лиття заготовки і її наступної прокатки.

Індивідуальні завдання є однією зі складових опанування дисципліни та розроблені для поглиблення отриманих знань та навичок та оволодіння певними професійними компетентностями.

Звіт з виконаної роботи повинен містити:

- назву і мету роботи;
- основні теоретичні положення;
- таблицю з вихідними даними для розрахунку;
- розрахунок основних параметрів ШУС;
- висновок, у якому слід вказати тип сталі за вмістом вуглецю та схильністю до утворення певного виду дефектів при розливанні, приблизний хімічний склад запропонованої ШУС та головні її властивості (основність, динамічну в'язкість та температуру затвердіння).

## Індивідуальне завдання №1

### Розрахунок параметрів хитання кристалізатора і профілю технологічної осі МБЛЗ

**Мета роботи:** ознайомитись з методикою розрахунку параметрів хитання кристалізатора МБЛЗ та їхнім впливом на якість заготовки; виконати розрахунок технологічної осі радіальної і криволінійної МБЛЗ.

#### Теоретичні положення

Призначенням механізму хитання кристалізатора є створення умов, що перешкоджають виникненню проривів рідкого металу на виході заготовки з кристалізатора. У процесі розливання через різні причини можливе різке збільшення сили тертя між стінками кристалізатора і сформованою кіркою. В результаті тонка, неміцна скоринка в районі меніска прилипає до стінок кристалізатора і, зависнувши на цьому рівні, припиняє ковзати відносно стінок кристалізатора. Під дією зусиль, що витягують зливоч, напруження, які розтягують, призводять до розриву кірки і витіканню рідкої сталі на агрегати зони вторинного охолодження (ЗВО) заготовки.

Переміщення та швидкість кристалізатора в зворотно-поступальному режимі за синусоїдальним законом (рис. 1.1) описується рівняннями

$$S = A \sin \omega t \quad (1)$$

$$V_k = \frac{dS}{dt} = \omega A \cos \omega t \quad (2)$$

де  $S$  – шлях руху кристалізатора;

$A$  – амплітуда хитання (крок кристалізатора);

$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$  – фазова частота коливань;

$T$  – період циклу;

$f$  – частота хитання кристалізатора;

$t$  – час хитання;

$V_k$  – лінійна швидкість руху кристалізатора.

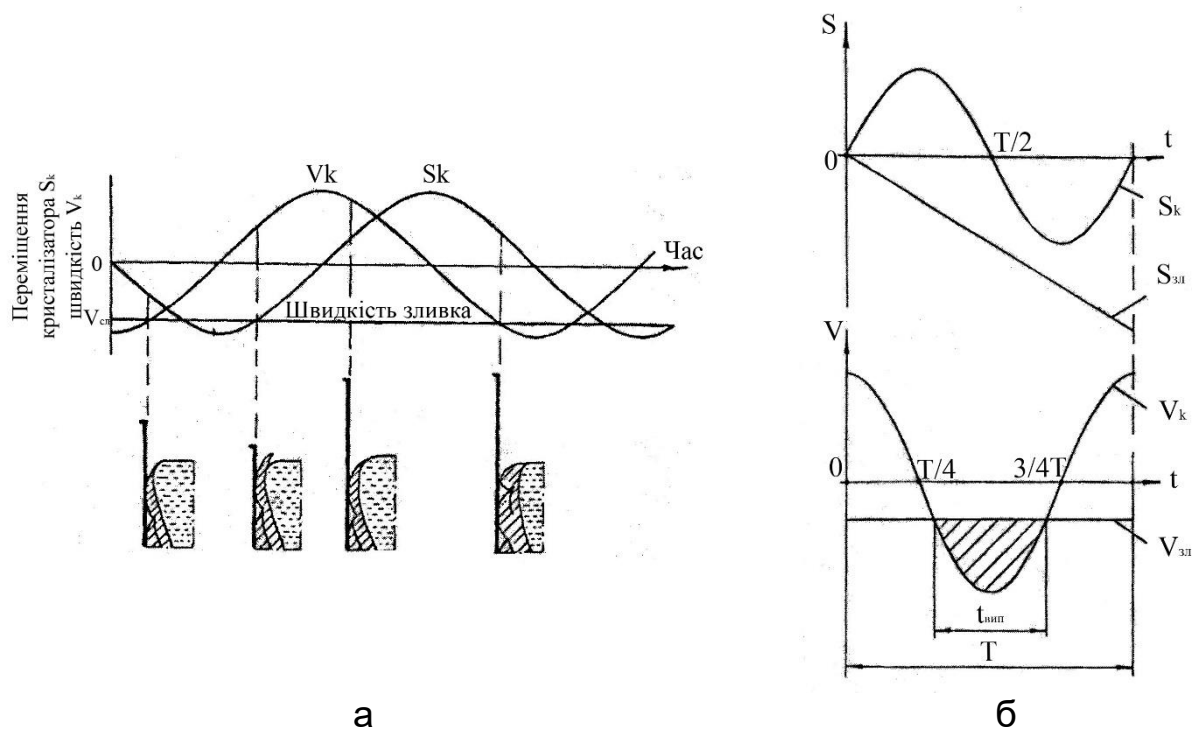


Рисунок 1.1 - Механізм формування слідів хитання на поверхні заготовки в кристалізаторі (а) і схема синусоїдального закону хитання кристалізатора з випередженням (б):  $S_k$ ,  $S_{зл}$  – переміщення кристалізатора і заготовки;  $V_k$  і  $V_{зл}$  – швидкість руху кристалізатора і заготовки;  $t_{вип}$  – час випередження;  $T$  – період хитання

Для забезпечення високої якості поверхні заготовки і зниження імовірності проривів заготовки важливо вибрати оптимальні параметри хитання кристалізатора (частоту хитання і крок кристалізатора), що забезпечують достатній час заліковування скоринки металу (час випередження кристалізатора або відставання заготовки).

Крок кристалізатора звичайно варіюється в межах 3÷10 мм. Зі збільшенням кроку пропорційно зростає час випередження, збільшується глибина слідів хитання і витрата шлакоутворюючої суміші (ШУС).

Традиційні гідравлічні механізми хитання кристалізатора забезпечують частоту хитання кристалізатора в межах 100÷250 циклів на хвилину

(1,7÷4,2 Гц). Зі збільшенням частоти хитання зростає час випередження заготовки, зменшується глибина слідів хитання і витрата ШУС.

Глибина слідів хитання залежить від вибору ШУС, ходу кристалізатора, частоти хитання і швидкості розливання. Орієнтовну оцінку її величини можна зробити за емпіричною формулою

$$d = 0,065 \cdot 1,145^A \cdot (200 \cdot 0,9^A)^{t_{\text{eun}}}, \text{ мм}, \quad (3)$$

де  $A$  – крок кристалізатора, мм;

$t_{\text{eun}}$  – час випередження, с.

Оптимальна величина часу відставання заготовки складає 0,11 с, але може змінюватись для конкретних умов розливки. Максимально припустима глибина слідів хитання складає 0,25 мм для ультранизьковуглецевистих і 0,60 мм – для інших марок сталі.

### Порядок виконання роботи

#### 1) Розрахунок параметрів хитання кристалізатора

Визначаємо частоту хитання й крок кристалізатора

$$f_{\text{opt}} = \frac{0,274}{t_{\text{eun}}}, \text{ Гц}, \quad (4)$$

$$A = 14,8 \cdot V_{\text{max}} \cdot t_{\text{eun}}, \text{ мм}, \quad (5)$$

де  $V_{\text{max}}$  – максимальна швидкість розливання заготовки, м/хв.

Розраховані параметри хитання кристалізатора повинні забезпечувати належну якість поверхні заготовки й зниження ймовірності проривів кірки під кристалізатором.

Для перевірки оцінюємо глибину слідів хитання за формулою (3) і порівнюємо її з максимально припустимою для заданої марки сталі.

## 2) Розрахунок базового радіуса радіальної МБЛЗ

Базовий радіус радіальної МБЛЗ визначаємо виходячи з марочного й розмірного сортаменту заготовок за формулою (параметри  $a$  і  $k$  необхідно перевести у метри!)

$$R_o = \frac{0,39k^2 \cdot \theta^2}{V_{\max} \varepsilon_{\partial}^2} \left( \sqrt{1 + \frac{1,17 \cdot a \cdot V_{\max} \cdot \varepsilon_{\partial}}{k^2 \cdot \theta^2}} - 1 \right)^2, \text{ м}, \quad (6)$$

де  $k$  – коефіцієнт тверднення заготовки: 24÷26 – для слябових заготовок і 28÷30 – для сортових, блюмових і круглих заготовок, мм/хв<sup>0,5</sup>;

$\theta = 0,7 \div 0,85$  – коефіцієнт, прямо пропорційний інтенсивності охолодження;

$\varepsilon_{\partial}$  – величина припустимої деформації шарів металу в температурному інтервалі крихкості залежить від марочного сортаменту сталі (див. табл. 1.1);

$a$  – товщина заготовки, м.

У формулі (6) коефіцієнт тверднення й товщину заготовки слід підставляти в метрах.

Для розрахованого базового радіуса радіальної МБЛЗ ділянка твердіння заготовки (металургійна довжина) складе

$$L = \frac{\pi R_o}{2}, \text{ м}. \quad (7)$$

Таблиця 1.1 - Припустима деформація металу в температурному інтервалі крихкості для різних марок сталі

Марочний сортамент	Низьковуглецева сталь	Середньовуглецева і легована сталь	Високовуглецева і високолегована сталь
$\varepsilon_{\partial}$	$(0,5 \dots 0,8) \cdot 10^{-2}$	$(0,3 \dots 0,5) \cdot 10^{-2}$	$(0,15 \dots 0,3) \cdot 10^{-2}$

Повний час тверднення заготовки даного перерізу складе

$$\tau = \frac{a^2}{4k^2}, \text{ хв.} \quad (8)$$

Мінімальна металургійна довжина заготовки (глибина рідкої лунки) складе

$$L_{\min} = V_{\max} \cdot \tau, \text{ м.} \quad (9)$$

У випадку, якщо мінімально припустима металургійна довжина машини перевищує розрахункову, необхідно або збільшувати базовий радіус МБЛЗ або зменшувати швидкість витягування заготовки.

### 3) Розрахунок базового радіусу криволінійної МБЛЗ

Товщина кірки, що закристалізувалася до моменту розгину зливка

$$\delta = \frac{a \cdot c}{2}, \text{ мм,} \quad (10)$$

де  $c$  – відносна товщина кірки, що закристалізувалася до моменту розгину заготовки, звичайно складає 0,4...0,65.

Час руху заготовки до точки розгину

$$\tau_{кр} = \left( \frac{\delta}{k} \right)^2, \text{ хв.} \quad (11)$$

Відстань від нейтральної осі до небезпечного шару, де можливе зародження гарячих тріщин

$$y_{on} = \delta \theta, \text{ мм} \quad (12)$$

Час знаходження заготовки в температурному інтервалі крихкості складає

$$\tau_{mik} = \tau_{kp} (\theta^{-2} - 1), \text{ хв.} \quad (13)$$

Радіус точок виправлення заготовки складає ( $y_{оп}$  необхідно перевести в метри)

$$\frac{1}{R_i} = \frac{1}{R_o} - i \cdot \frac{l \varepsilon_\delta}{y_{оп} V_{\max} \tau_{mik}}. \quad (14)$$

Якщо прийняти за початок координат точку закінчення радіальної ділянки, то координата  $i$ -ої точки виправлення буде

$$x_i = x_{i-1} + l \cos \frac{l}{R_i} \quad (15)$$

$$y_i = y_{i-1} - l \sin \frac{l}{R_i} \quad (16)$$

де  $l$  – відстань між точками виправлення, м;

$x_{i-1}$ ,  $y_{i-1}$  – координати точок розгину, що було отримано на попередньому етапі розрахунку (на першому етапі розрахунку  $x_{i-1}=y_{i-1}=0$ ).

Розрахунок радіуса кривизни точок технологічної осі і їхніх координат проводимо доти, доки радіус кривизни не буде дорівнювати нескінченності або негативній величині. Результати розрахунку технологічної осі криволінійної МБЛЗ заносимо в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 - Параметри профілю технологічної осі криволінійної МБЛЗ

№ з/п	Радіус точки розгину		Координати точок розгину	
	$1/R_i$	$R_i$	$x_i$	$y_i$
Базовий радіус	-		0	0
1				
2				
...	-	$\infty$		

За результатами розрахунку будемо профіль технологічної осі радіальної і криволінійної МБЛЗ: профіль радіальної виходячи зі знайденого базового радіуса, а профіль криволінійної – по координатах точок з табл. 1.2. Початком координат є точка закінчення радіальної ділянки криволінійної МБЛЗ (точка початку розгину).

Отримані криві будуть розташовуватися в другій і четвертій чвертях декартової системи координат, а центр окружності радіальної МБЛЗ – у першій (див. рис. 1.2). Координати центру радіальної МБЛЗ і радіальної ділянки криволінійної МБЛЗ знаходимо за формулами:

$$y_o = R_o \sin \frac{180^\circ \cdot V_{\max} \cdot \tau_{кр}}{\pi R_o} \quad (17)$$

$$x_o = \sqrt{R_o^2 - y_o^2} \quad (18)$$

Зі знайденої точки спочатку проводимо циркулем дугу радіусом  $R_o$ , яка відповідає технологічній осі радіальної МБЛЗ, а потім по знайденим раніше координатам точок (див. табл. 1.2) будемо криву, що відповідає технологічній осі криволінійної МБЛЗ. По отриманому рисунку оцінюємо, наскільки висота криволінійної МБЛЗ менше, ніж радіальної.



Рисунок 1.2 - Профіль технологічної осі радіальної і криволінійної МБЛЗ із однаковим базовим радіусом

Таблиця 3 – Вихідні дані для розрахунку

№ з/п	Максимальна швидкість витягування $V_{max}$ , м/хв.	Час випередження $t_{вип}$ , с	Переріз заготовки, мм		Інтенсивність охолодження $\theta$	Гранична деформація металу в температурному інтервалі крихкості $\epsilon_d$	Відстань між точками правки $l$ , м	Точка переходу від радіальної ділянки до криволінійної $c$
			товщина $a$ , мм	ширина $b$ , мм				
1	1,0	0,1	120	120	0,75	0,0025	0,30	0,55
2	1,5	0,2	150	150	0,70	0,0020	0,50	0,50
3	1,5	0,25	170	170	0,75	0,0015	0,60	0,50
4	1,2	0,1	180	180	0,70	0,0020	0,40	0,45
5	0,8	0,2	180	1000	0,75	0,0020	0,35	0,45
6	1,6	0,25	150	150	0,75	0,0015	0,50	0,50
7	1,7	0,1	150	180	0,75	0,0015	0,55	0,50
8	0,7	0,2	200	1000	0,80	0,0015	0,55	0,50
9	0,6	0,3	250	1200	0,70	0,0025	0,65	0,50
10	0,6	0,1	220	1800	0,70	0,0030	0,35	0,45
11	0,5	0,2	300	1500	0,70	0,0025	0,40	0,40
12	1,2	0,3	280	300	0,70	0,0015	0,60	0,40
13	1,2	0,1	250	350	0,70	0,0015	0,55	0,40
14	0,5	0,2	300	800	0,75	0,0020	0,60	0,45
15	0,5	0,3	350	2000	0,70	0,0020	0,55	0,40
16	0,4	0,1	350	2500	0,70	0,0030	0,80	0,50
17	0,4	0,2	380	2500	0,75	0,0020	0,50	0,40
18	0,5	0,3	350	2500	0,75	0,0015	0,60	0,40
19	0,6	0,1	380	2000	0,70	0,0015	0,80	0,40
20	1,0	0,2	300	350	0,70	0,0015	0,65	0,40

## Індивідуальне завдання №2

### Вибір шлакоутворювальної суміші і розрахунок її витрат для розливки сталі на МБЛЗ

**Мета роботи:** ознайомитися з методикою вибору ШУС та визначення її питомої витрати для безперервного розливання сталі різних марок.

#### Теоретичні положення

*Шлакоутворювальні суміші (ШУС)* у практиці безперервного розливання застосовують для поліпшення процесу ковзання твердої скоринки уздовж поверхні кристалізатора, а також захисту дзеркала металу від контакту з атмосферою й від втрат тепла випромінюванням. Введення ШУС у кристалізатор найбільш доцільно здійснювати за допомогою автоматизованих систем шнекового типу, які дозволяють рівномірно розподіляти ШУС на поверхні дзеркала металу у кристалізаторі.

Розташована на дзеркалі металу ШУС, під впливом тепла рідкої сталі утворює три яскраво виражених шари (рис. 2.1): рідкий шар, розташований безпосередньо на дзеркалі сталі; розм'якшений (спечений) шар, який розташований над рідким шаром і в міру витрати рідкого шару підживлює його; порошкоподібний шар, розташований над розм'якшеним шаром, що зменшує відведення тепла через дзеркало металу.

Рідкий шар ШУС виконує наступні основні технологічні функції:

- запобігає вторинному окисленню за контакту дзеркала металу з атмосферою;
- асимілює неметалеві включення, які спливають у шлак;
- зменшує силу тертя між заготовкою й стінкою кристалізатора за рахунок наявності рідкого прошарку шлаків;
- підвищує рівномірність і дозволяє регулювати інтенсивність тепловідведення від твердої скоринки до стінки кристалізатора;
- підвищує якість поверхні безперервнолитої заготовки.

Основними властивостями ШУС прийнято вважати:

- в'язкість рідкої ШУС по всьому робочому діапазону температур;
- температуру «зламу» (температура початку виділення кристалічної фази);
- температури розм'якшення, плавлення й розтікання ШУС.

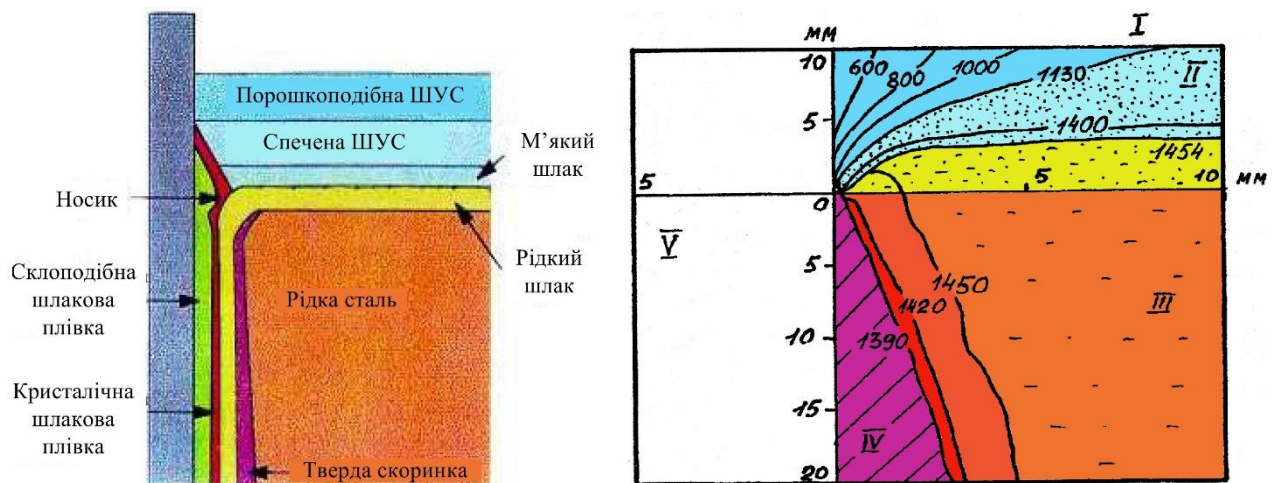


Рисунок 2.1 – Схема розташування шарів ШУС у кристалізаторі (а) і розподіл температур в області меніску (б): I – сипка шлакоутворювальна суміш; II – розм'якшений рідкий шлак; III – рідка сталь; IV – тверда скоринка; V – стінка кристалізатора

В залежності від цих параметрів вибирають хімічний склад ШУС кристалізатора являє собою дрібнодисперсну багатокомпонентну систему, основними складовими якої є С, CaO, SiO<sub>2</sub>, B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Na(K, Li)<sub>2</sub>O й з'єднання фтору, якими можуть бути CaF<sub>2</sub>, NaF та ін. Крім основних компонентів, у ШУС присутня деяка кількість домішок: Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, BaO, MnO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

На рис. 2.2 наведена псевдо-потрійна діаграма для вибору орієнтовного хімічного складу ШУС для розливання різних марок сталей.

## Порядок виконання роботи

Вихідні дані для розрахунку виписуємо з табл. 2.1. Відповідно до хімічного складу сталі визначають тип сталі (перитектичні, низько-, середньо- або високовуглецеві) та приблизний хімічний склад ШУС за псевдопотрійною діаграмою на рис. 2.2.

Обчислюємо параметр кристалізатора

$$R = \frac{2(a+b)}{a \cdot b}, 1/\text{м}. \quad (1)$$

Оптимальна питома витрата ШУС на 1 м<sup>2</sup> поверхні заготовки складає

$$Q_s = \frac{2}{R-5}, \text{ кг/м}^2. \quad (2)$$

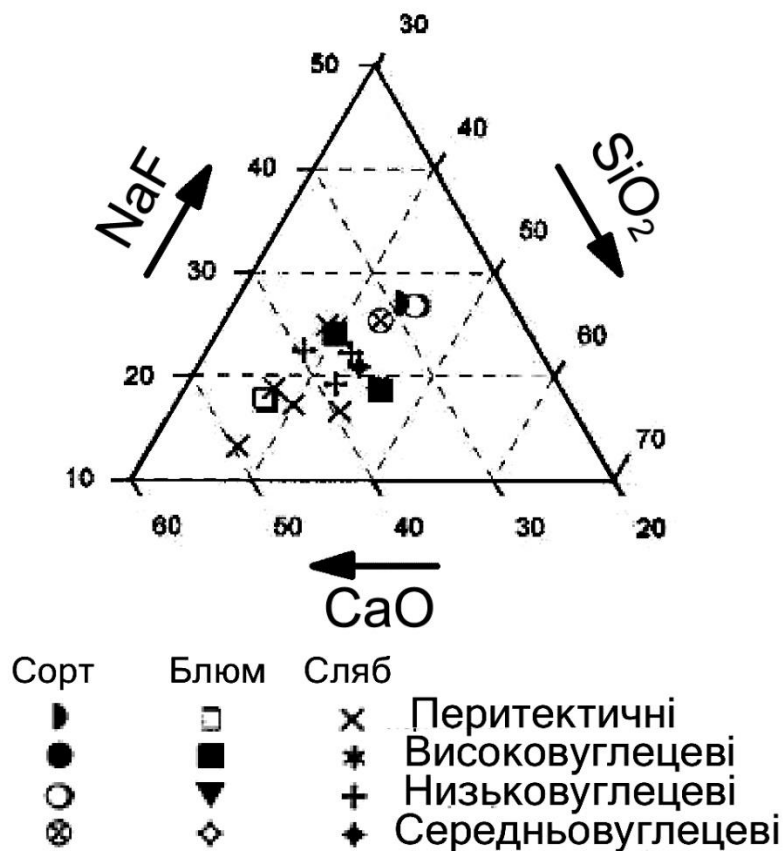


Рисунок 2.2 - Псевдопотрійна діаграма для визначення орієнтовного хімічного складу ШУС

Інтенсивність подачі ШУС у кристалізатор складає

$$\Delta m = 2 \cdot (a + b) \cdot V_p \cdot Q_S, \text{ кг/хв.} \quad (3)$$

За температури 1300 °С в'язкість ШУС повинна становити

$$\eta = \left( \frac{0,015 f_{opt} t_{\text{вун}}}{Q_S V_p} \right)^2, \text{ пуаз}^*, \quad (4)$$

де  $f_{opt}$  – оптимальна частота хитання кристалізатора, що сприяє мінімальній глибині слідів хитання на поверхні заготовки, розраховується за формулою

$$f_{opt} = \frac{16,44}{t_{\text{вун}}}, \text{ 1/хв.} \quad (5)$$

Основним показником схильності сталей різного хімічного складу до утворення поздовжніх тріщин є феритний потенціал

$$F_p = 2,5(0,5 - [C]_{eq}), \quad (6)$$

де  $[C]_{eq}$  – вуглецевий еквівалент, що розраховується за формулою

$$[C]_{eq} = [C] + 0,04[Mn] - 0,14[Si] + 0,1[Ni] - 0,04[Cr] - 0,1[Mo] - 0,24[Ti] - 0,7[S] + 0,7[N], \%. \quad (7)$$

Величина  $F_p > 1$  відповідає формуванню повністю феритної структури в області температури солідус (для чистого  $\delta$ -Fe  $F_p = 1,25$ ). При  $F_p < 0$  формується повністю аустенітна структура. За вмістом вуглецю до

---

\* 1 пуаз = 0,1 Па·с

сталей перитектичного класу зазвичай відносять сталі із вмістом вуглецю 0,1...0,18 % (рис. 2.3).

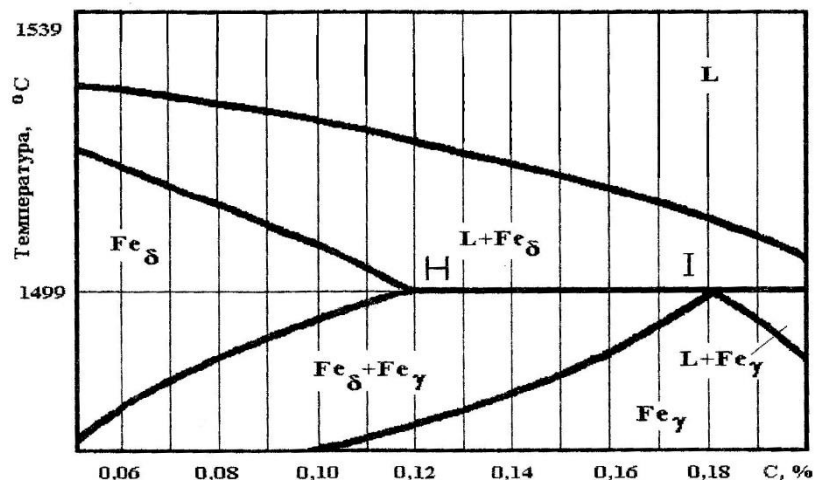


Рисунок 2.3 - Лівий верхній кут діаграми залізо-вуглець з перитектичним перетворенням

На рис. 2.4 наведена діаграма схильності сталі до проривів і утворення тріщин залежно від величини феритного потенціалу. З рис. 2.4 необхідно визначити, до якої групи відноситься сталь: тріщиночутливих або схильних до підвисання кірки у кристалізаторі.

Для визначення глибини проникнення рідкого шлаку в зазор між злитком і кристалізатором, а також для характеристики ступеня кристалічності плівки шлаків у цьому зазорі використовують величину температури початку затвердіння ШУС  $t_{зам}$ , яку ще називають температурою початку виділення кристалічної фази або температурою «зламу». Для розливання різних марок сталі величина  $t_{зам}$  повинна мати різні (цілком певні) значення. Для оцінювання величини  $t_{зам}$  для розливання різних марок сталі використовують вирази

$$0,8 \leq F_p \leq 1,1$$

$$F_p < 0,3 \text{ або } F_p > 1,5 \quad (8)$$

$$t_{затв} = \begin{cases} 1375 + 60 \cdot \ln \eta; \\ 1340 + 68 \cdot \ln \eta; \\ 1307 + 76 \cdot \ln \eta; \end{cases} \quad \text{інше}$$

де  $\eta$  – динамічна в'язкість ШУС, Па·с.

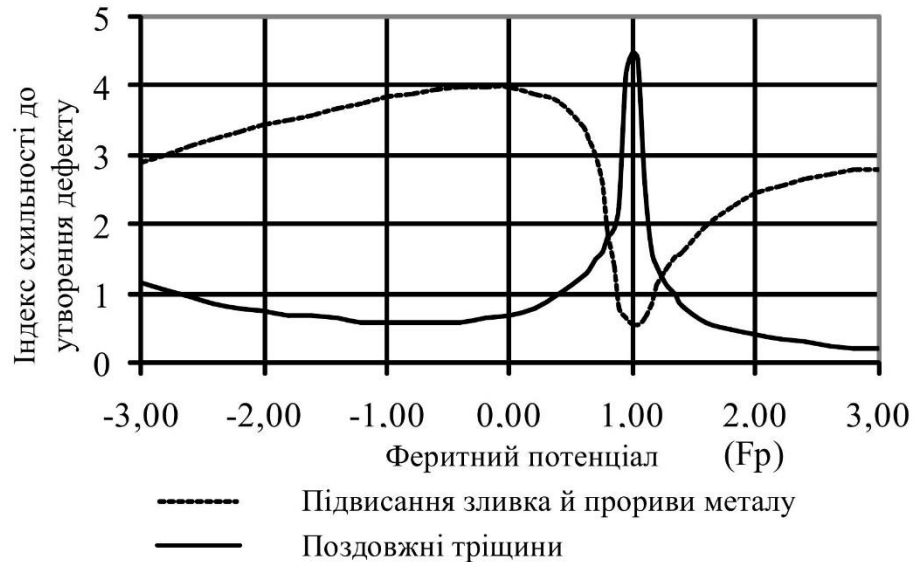


Рисунок 2.4 - Діаграма для визначення схильності сталі до утворення поверхневих тріщин та підвисань при розливанні на МБЛЗ

### РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Конструкции и проектирование сталеплавильных агрегатов [Учебник] / В.П. Григорьев [и др.]. – М.: МИСиС, 1995. – 512 с.

Таблиця 2.1 – Вихідні дані для розрахунку

№ з/п	Марка сталі	Хімічний склад сталі, %									Швидкість розливання $V_p$ , м/хв.	Переріз заготовки, мм		Час випередження $\tau_{вип}$ , с
		C	Mn	Si	Ni	Cr	Mo	Ti	S	N		<i>a</i>	<i>b</i>	
1	09Г2С	0,09	1,55	0,38	0,30	0,30	0,00	0,035	0,004	0,01	1,5	150	200	0,25
2	ШХ15	1,00	0,30	0,27	0,25	1,45	0,00	0	0,015	0	1,0	120	120	0,1
3	30ХМА	0,30	0,55	0,27	0,30	0,95	0,20	0	0,030	0	1,5	150	150	0,2
4	45ХН2МФА	0,46	0,65	0,35	1,55	1,00	0,25	0	0,020	0	1,5	170	170	0,25
5	10ХБФМ	0,12	0,55	0,27	0,00	1,10	0,00	0	0,000	0	1,2	180	180	0,1
6	25Г2С	0,27	1,47	0,70	0,30	0,30	0,00	0	0,035	0	0,8	180	1000	0,2
7	10ХСНД	0,10	0,60	0,90	0,60	0,70	0,00	0	0,035	0	1,6	150	150	0,25
8	12ХН	0,12	0,45	0,27	0,65	0,55	0,00	0	0,035	0	1,7	150	180	0,1
9	15CrMoG	0,15	0,58	0,25	0,00	0,98	0,50	0	0,030	0	0,7	200	1000	0,2
10	70	0,71	0,65	0,27	0,25	0,25	0,00	0	0,035	0	0,6	250	1200	0,3
11	12ХН	0,12	0,45	0,27	0,65	0,55	0,00	0	0,035	0	0,6	220	1800	0,1
12	65Г	0,66	0,65	0,27	0,03	0,65	0,00	0	0,035	0	0,5	300	1500	0,2
13	ОСВ	0,25	0,75	0,29	0,00	0,11	0,23	0	0,030	0	1,2	280	300	0,3
14	X60	0,19	1,15	0,27	0,30	0,30	0,06	0	0,030	0	1,2	250	350	0,1
15	4320	0,20	0,55	0,25	1,83	0,50	0,00	0	0,040	0	0,5	300	800	0,2
16	A105	0,20	1,05	0,35	0,40	0,30	0,12	0	0,050	0	0,5	350	2000	0,3
17	17ГС	0,18	1,20	0,50	0,00	0,00	0,00	0	0,040	0	0,4	350	2500	0,1
18	50Х	0,50	0,65	0,27	0,30	0,95	0,00	0	0,035	0	1,6	150	170	0,2
19	20Г	0,20	0,85	0,27	0,30	0,30	0,00	0	0,035	0	0,8	300	400	0,3
20	42CrMo4	0,42	0,75	0,28	0,00	1,05	0,24	0	0,040	0	1,0	150	1100	0,1