

Градiєнтність структури і властивості сталевих виливків

С. Є. Кондратюк, доктор технічних наук, професор, завідувач відділу, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4978-6740>

В. І. Вейс, провідний інженер, nikusik123@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8889-2303>

Ж. В. Пархомчук, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3026-8951>

Г. І. Шевченко, інженер-технолог I категорії

Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України, Київ

В роботі на прикладі сталі 25Л досліджено вплив перегрівів розплаву в інтервалі 50-150 °С над рівноважним ліквідусом і швидкості його охолодження під час кристалізації виливків на формування макроструктурних зон по їх перерізу, на зміну дисперсності зерна, характеристик дендритної будови і механічних властивостей.

Встановлено, що макроструктура виливків у напрямі одностороннього тепловідбору по мірі віддалення від охолоджуваної поверхні складається з чотирьох основних структурних зон – дрібних рівноосних кристалів, стовбчастих, розгалужених і великих рівноосних кристалів, протяжність і морфологія яких закономірно змінюється залежно від термодинамічних умов кристалізації і структуроутворення. Показано визначальну роль швидкості охолодження за значних перегрівів розплаву на збільшення кількості зародків кристалізації, формування більш дисперсної литої структури за рахунок підвищення ступеня переохолодження розплаву при кристалізації. Встановлено закономірності зміни кількісних характеристик мікроструктури і дендритної будови залежно від зміни температурно-часових параметрів кристалізації у різних структурних зонах виливків та їх зв'язок із характеристиками механічних властивостей сталі.

На основі математичної обробки експериментальних даних методом лінійного регресійного аналізу одержано інтерполяційні моделі та їх графічні інтерпретації, які дозволяють кількісно оцінити і прогнозувати зміну механічних властивостей у різних структурних зонах градієнтних виливків залежно від температури перегріву розплаву і режимів його охолодження в межах досліджуваного факторного простору.

Ключові слова: *градієнтність, структура, структурні зони, розплав, механічні властивості.*

Визначальними факторами впливу на формування властивостей сталевих виливків є температурно-часові параметри підготовки розплаву, процесів кристалізації, структуроутворення і охолодження виливків після тверднення. При цьому у більшості випадків намагаються забезпечити одержання

дрібнокристалічної однорідної литої структури для підвищення рівня і стабільності механічних властивостей сталі по всьому перерізу литих виробів і, зокрема, їх опору крихкому руйнуванню.

До найбільш поширених методів подрібнення зерна у структурі виливків відносять методи засновані на підвищенні швидкості охолодження і ступеня переохолодження розплаву у температурному інтервалі кристалізації, а також на використанні спеціальних модифікаторів і різних енергетичних впливів на тверднучий метал тощо [1-5]. Ступінь дисперсності литої структури виливків зумовлює співвідношення між швидкістю утворення зародків твердої фази і швидкістю їх росту. Швидкість утворення і росту зародків кристалізації закономірно підвищується відповідно до ступеня переохолодження розплаву, що кристалізується. При цьому перша зростає значно інтенсивніше.

Проте при виготовленні реальних сталевих виливків забезпечити в тій чи іншій мірі потрібну однорідність і дисперсність литої структури є технологічно складним завданням. Чим ширший температурний інтервал кристалізації сталі, тим більша вірогідність розвитку у виливку зон хімічної і структурної неоднорідності.

З іншого боку в ряді випадків при виробництві литої продукції машинобудування для підвищення спеціальних властивостей виробів стає перспективним і економічно доцільним створення і використання градієнтних (диференційованих) литих структур при застосуванні певних регламентованих режимів тепловідбору під час кристалізації і структуроутворенні виливків.

Формування градієнтних структур у металевих матеріалах зазвичай досягається методами хіміко-термічної, термомеханічної, лазерної обробки тощо [7, 8]. Використання ж технологічних можливостей сучасних ливарних технологій відкриває нові перспективи конкурентного використання литих виробів з диференційованою структурою для спеціальних умов їх експлуатації [9-12].

Аналіз даних літератури свідчить про те, що автори публікацій з цих питань обмежуються лише констатацією факту наявності градієнтних структурних шарів у виливках за відсутності узагальнюючих результатів досліджень щодо проблем формування таких структурно-фазових станів у литих виробах.

Виходячи з цього в роботі на прикладі сталі 25Л (0,26 % C; 0,60 % Mn; 0,38 % Si) досліджено вплив перегрівів розплаву і швидкості його охолодження під час кристалізації на формування макроструктурних зон, зміну дендритної будови і механічних властивостей по перерізу виливків. Прямокутні виливки сталі розміром 60x60x100 мм одержували розливкою розплаву від температур 1570 °C, 1620 °C і 1670 °C у ливарні форми з різною тепловідбірною здатністю (піщані і мідні водоохолоджувані) із створенням переважаючого одностороннього тепловідбору у повздовжній осі виливків в умовах нормального і швидкісного охолодження відповідно. Визначення характеристик структури і механічних властивостей сталі у

Структура та фізико-механічні властивості

виливках проводили на теплотах на різній відстані від охолоджуваного торця до глибини 60 мм.

Встановлено (рис. 1), що мікроструктура центральних ділянок по повздовжній осі виливків у напрямі одностороннього тепловідбору по мірі віддалення від охолоджуваної поверхні складається з чотирьох основних структурних зон: поверхневої (коркової) дрібних рівноосних кристалів (I); зони стовбчастих кристалів транскристалізації (II); зони розорієнтованих розгалужених кристалів (III) і зони великих рівноосних (IV). Протяжність і морфологія цих структурних зон закономірно змінюється залежно від термодинамічних умов кристалізації і структуроутворення виливків.

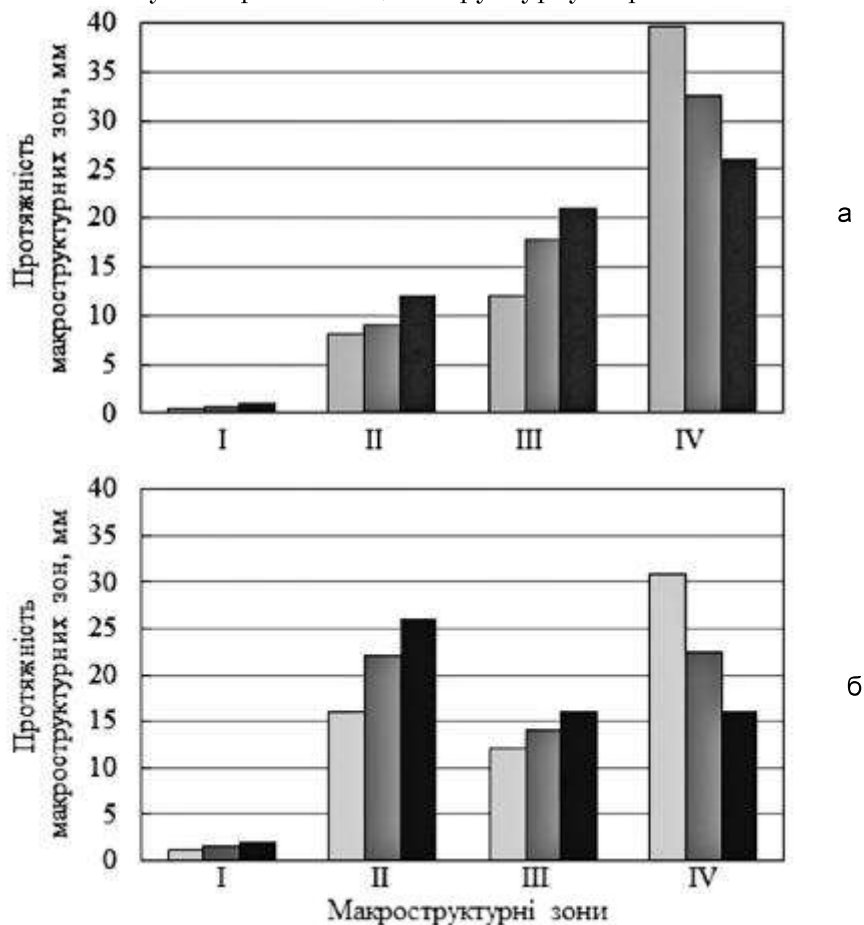


Рис. 1. Протяжність макроструктурних зон у виливках сталі 25Л залежно від температури розплаву за умов нормального (а) і швидкісного (б) охолодження. ■—1570 °С, ■— 1620 °С, ■— 1670 °С

Так, підвищення температури перегріву розплаву сталі над рівноважним ліквідусом в досліджуваному інтервалі (50-150 °С) призводить в цілому, незалежно від інтенсивності тепловідбору при кристалізації, до збільшення протяжності макроструктурних зон I, II і III виливка і до відповідного скорочення протяжності зони великих рівноосних кристалів IV (рис. 1). Швидкісне охолодження розплаву зумовлює значне підвищення

протяжності коркової зони виливка (1,2-2,0 мм) порівняно з виливком звичайного охолодження (0,4-1,0 мм), а також зони стовпчастих кристалів в межах 16-26 мм і 8-12 мм відповідно. При цьому суттєво скорочується протяжність зон розгалужених кристалів (III) і великих рівноосних (IV) кристалів (рис. 1 б). Вказані закономірності змін співвідношення протяжності макроструктурних зон виливків, що кристалізувались за різних термодинамічних умов, задовільно пояснюється відмінностями градієнтів температури, ступенем переохолодження і часом зняття перегріву розплаву при кристалізації [13].

Встановлено також закономірні зміни дисперсності і морфології литої структури і характеристик дендритної будови по перерізу виливків у зв'язку з впливом перегріву розплаву перед розливкою і швидкістю його охолодження.

Показано, що перегрів розплаву перед розливкою в інтервалі 1570°C – 1670°C зумовлює, за умов звичайної швидкості охолодження при кристалізації, формування грубозернистої литої структури (рис. 2) і збільшення розміру зерна. Швидкісне ж охолодження перегрітого розплаву забезпечує суттєве подрібнення структури по всьому перерізу виливків (рис. 3), найбільш суттєве у поверхневих шарах до глибини 30-40 мм.

За умов швидкого охолодження розплаву і підвищеної температури його перегріву розмір зерна у цим мікрооб'ємах зменшується від номерів 4-5 до 7-6 (рис. 4). За умов же нормального охолодження і значних перегрівів розплаву спостерігається збільшення розміру зерна в поверхневих шарах виливків від номерів 3-4 до 1-2 відповідно. По мірі віддалення від охолоджуваної поверхні виливка до 50 мм розмір зерна за всіх температур перегріву розплаву і режимів охолодження зростає в середньому на 5 номерів.

Залежно від впливу досліджуваних параметрів кристалізації і їх зміни по перерізу виливків закономірно змінюються також і характеристики дендритної структури сталі – дисперсність (ДДС), що кількісно оцінюється сумою осей і міжосьових ділянок дендритної будови на одиницю довжини (мм⁻¹) і щільність (ЩДС) – співвідношенням площ осей дендритів і міжосьових ділянок [14, 15].

Встановлено, що дисперсність дендритної структури сталі за всіх режимів кристалізації (таблиця) значно вища для умов швидкого охолодження виливків і закономірно зростає при цьому відповідно ступеню перегріву розплаву перед розливкою. Так, ДДС по перерізу виливка по мірі віддалення від охолоджуваної поверхні і підвищення температури розплаву, що кристалізується, змінюється в межах 80-20 мм⁻¹, 86-26 мм⁻¹, 90-32 мм⁻¹ відповідно температурам перегріву 1570 °C, 1620 °C і 1670 °C. За умов нормального охолодження при кристалізації рівень значень цієї характеристики в середньому вдвічі нижчий для всіх досліджуваних температур перегріву розплаву.

Подібним чином також змінюються і показники щільності дендритної структури, яка закономірно знижується по перерізу виливків і набуває

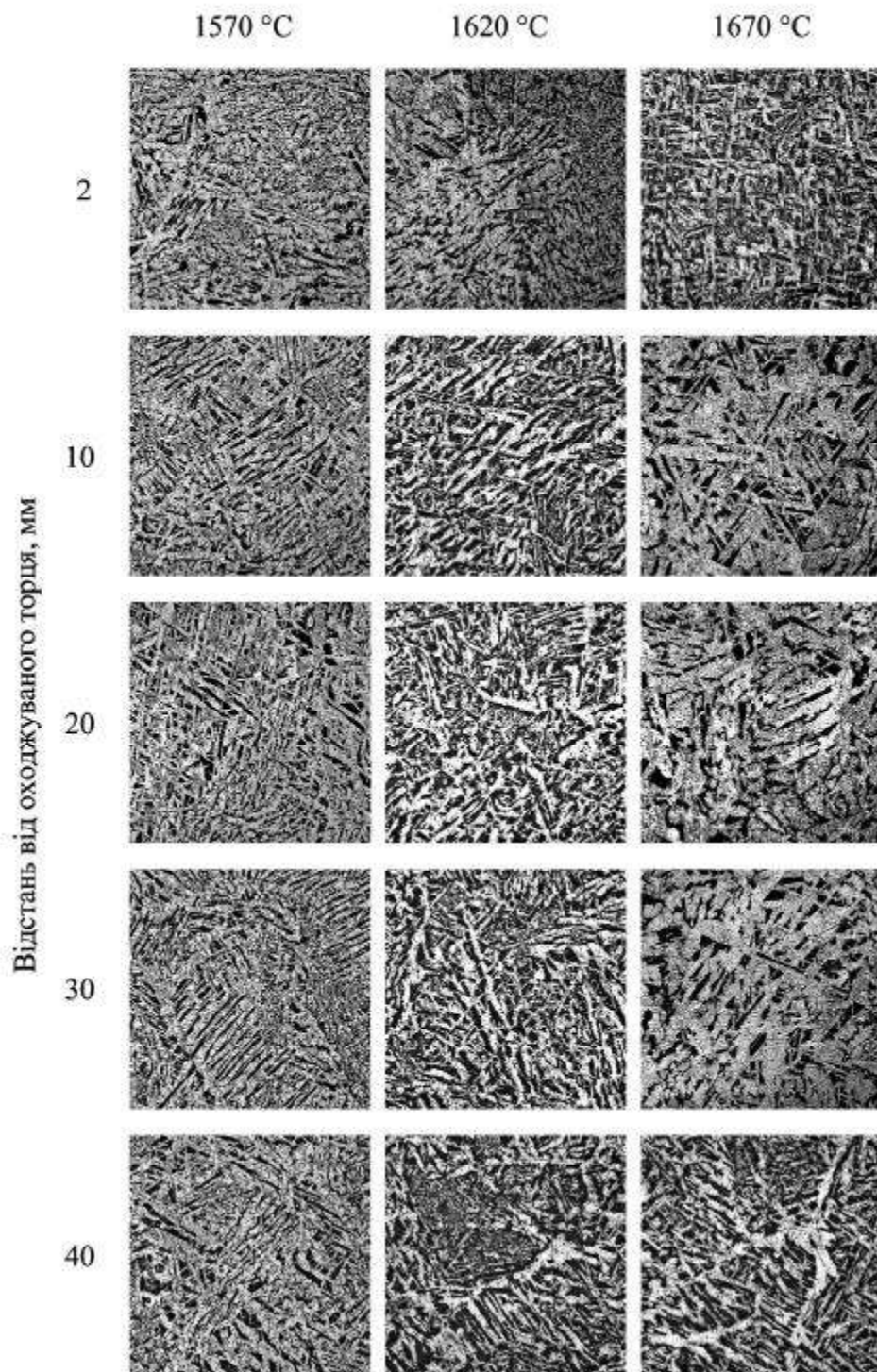


Рис. 2. Мікроструктура по перерізу виливка сталі 25Л при кристалізації у піщаній формі залежно від температури розплаву перед розливкою. $\times 100$.

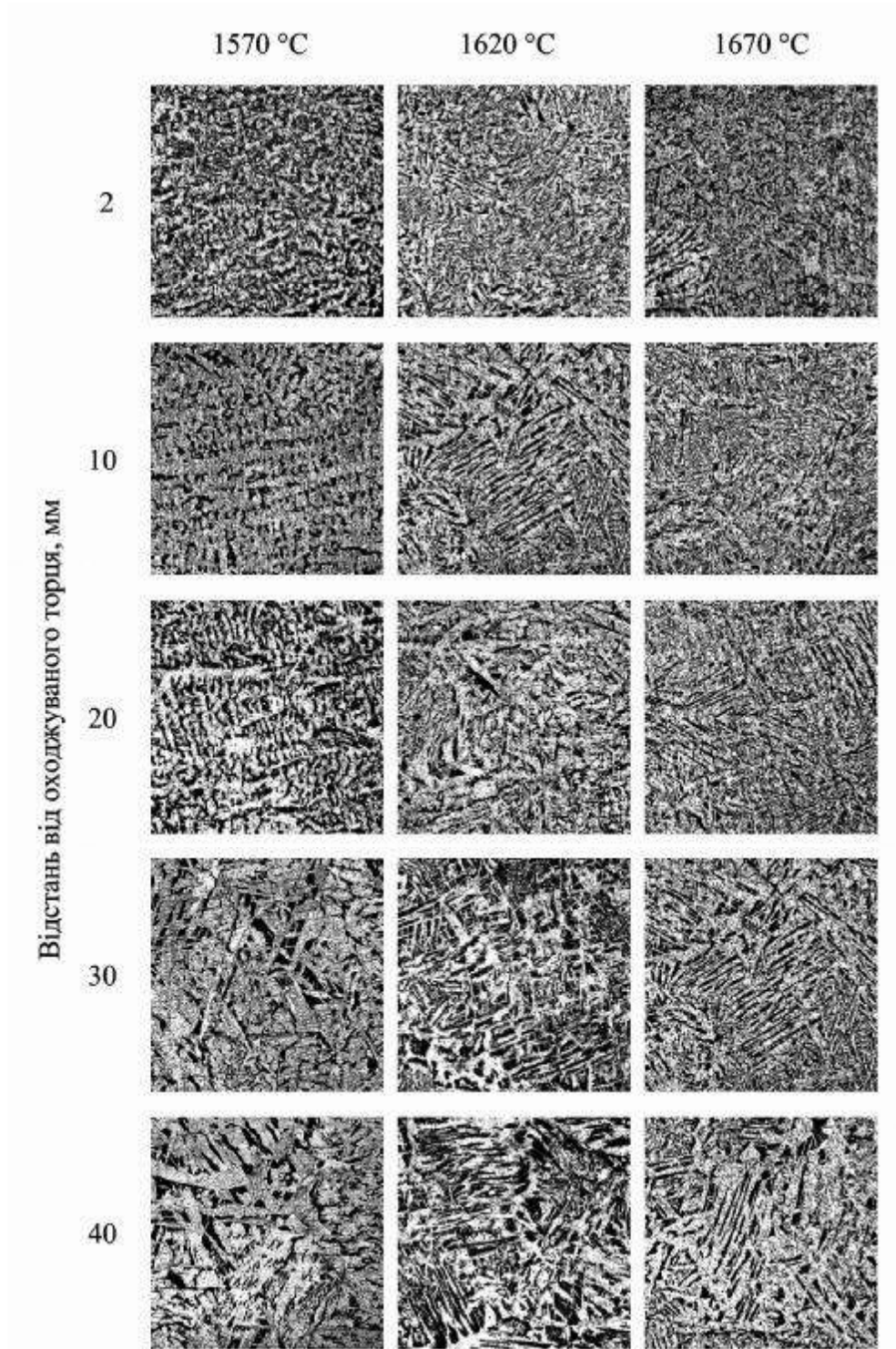


Рис. 3. Мікроструктура по перерізу виливка сталі 25Л при кристалізації у мідній водоохолоджуваній формі залежно від температури розплаву перед розливкою. $\times 100$.

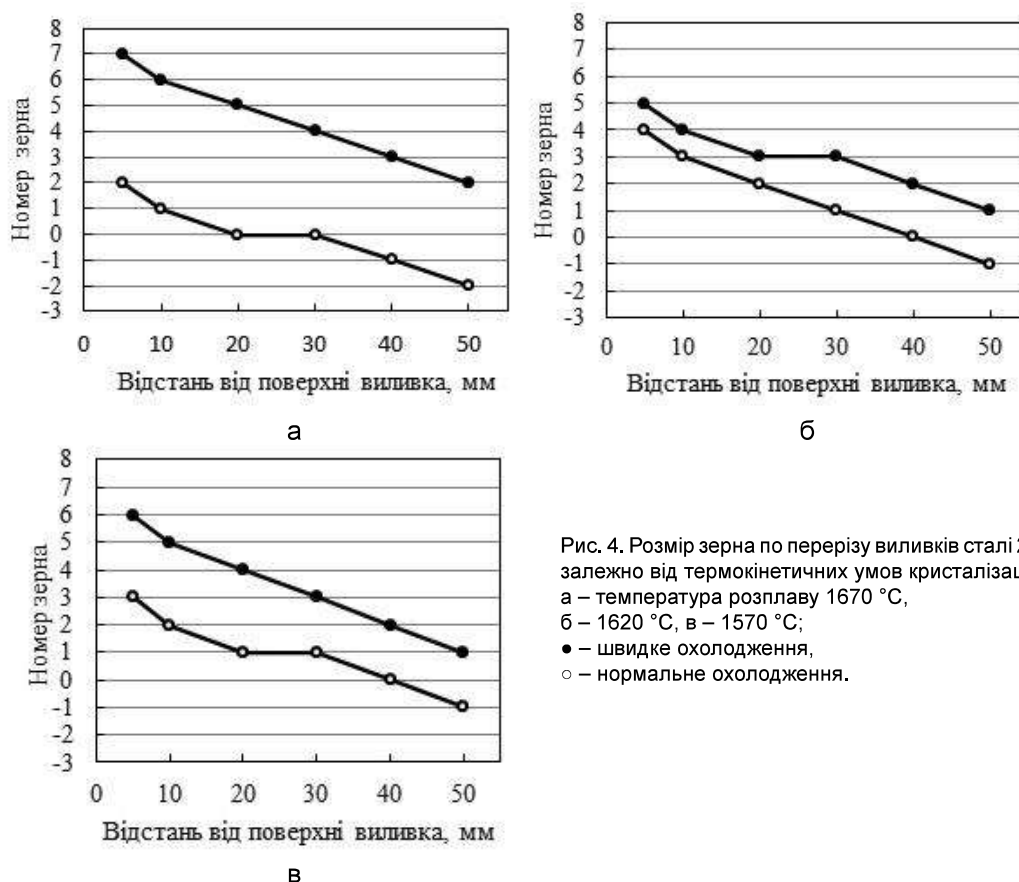


Рис. 4. Розмір зерна по перерізу виливків сталі 25Л залежно від термодинамічних умов кристалізації.
а – температура розплаву 1670 °С,
б – 1620 °С, в – 1570 °С;
● – швидке охолодження,
○ – нормальне охолодження.

максимальних значень за умов швидкісної кристалізації і підвищеної температури розплаву перед розливкою (таблиця).

Встановлені закономірності формування литої структури сталі і змін її градієнтності по перерізу виливків у зв'язку зі змінами температурно-часових умов кристалізації дозволяють цілеспрямовано впливати на рівень механічних властивостей по перерізу виливків.

Обробка масиву одержаних експериментальних даних щодо механічних властивостей із застосуванням лінійного регресійного аналізу і одержані інтерполяційні моделі та їх графічні зображення, дозволяють кількісно оцінити зміни характеристик механічних властивостей у різних структурних зонах виливків сталі залежно від температури перегріву розплаву і режимів охолодження його під час кристалізації.

Зміна властивостей сталі в області досліджуваного факторного простору за умов звичайного (нормального) охолодження розплаву описується рівняннями (1-6), де T – температура розливки, °С; d – відстань від поверхні виливка, мм.

$$\sigma_B, \text{ МПа} = -3614.1786648152 + 1.9112380953 \cdot d + 4.8751999975 \cdot T + 0.0061904762 \cdot d^2 - 0.0018 \cdot d \cdot T - 0.00148 \cdot T^2, R^2 = 0.94; \quad (1)$$

$$\sigma_T, \text{ МПа} = 4845.5759975206 + 11.2874285714 \cdot d - 5.7755999971 \cdot T + 0.0071428571 \cdot d^2 - 0.0078 \cdot d \cdot T + 0.00184 \cdot T^2, R^2 = 0.95; \quad (2)$$

Структура та фізико-механічні властивості

Характеристики дендритної структури по перерізу виливка сталі 25Л залежно від термокінетичних умов кристалізації

Характеристика структури	Відстань від торця, мм					
	2	5	10	20	30	40
Температура розливки 1570 °C						
ЩДС	<u>4,35</u> 2,50	<u>3,50</u> 2,00	<u>2,30</u> 1,60	<u>1,62</u> 1,50	<u>1,50</u> 1,30	<u>1,40</u> 1,25
ДДС, мм ⁻¹	<u>80,00</u> 40,50	<u>72,00</u> 31,50	<u>60,00</u> 20,50	<u>32,00</u> 16,00	<u>24,00</u> 12,00	<u>20,00</u> 10,50
Температура розливки 1620 °C						
ЩДС	<u>4,70</u> 2,85	<u>4,00</u> 2,52	<u>2,80</u> 2,10	<u>1,85</u> 1,70	<u>1,60</u> 1,48	<u>1,55</u> 1,35
ДДС, мм ⁻¹	<u>86,00</u> 42,00	<u>75,00</u> 40,00	<u>68,00</u> 30,00	<u>38,50</u> 18,00	<u>30,00</u> 12,00	<u>26,00</u> 10,00
Температура розливки 1670 °C						
ЩДС	<u>5,20</u> 3,40	<u>4,65</u> 3,00	<u>3,50</u> 2,65	<u>2,80</u> 2,20	<u>2,00</u> 1,65	<u>1,80</u> 1,42
ДДС, мм ⁻¹	<u>90,00</u> 45,00	<u>86,00</u> 43,00	<u>74,00</u> 32,00	<u>46,00</u> 18,50	<u>35,00</u> 12,00	<u>32,00</u> 10,00
Примітка: над ризкою – швидке охолодження, під ризкою – нормальне охолодження.						

$$\delta, \% = -2443.2733320241 + 0.1426666667 \cdot d + 3.1469999984 \cdot T + 0.0016666667 \cdot d^2 - 0.0003 \cdot d \cdot T - 0.001 \cdot T^2, R^2 = 0.98; \quad (3)$$

$$\psi, \% = -1546.0053324453 - 1.4283809524 \cdot d + 2.0771999989 \cdot T - 0.0019047619 \cdot d^2 + 0.0008 \cdot d \cdot T - 0.00068 \cdot T^2, R^2 = 0.98; \quad (4)$$

$$HV = -5604.1706638592 + 5.3967619048 \cdot d + 7.0383999965 \cdot T + 0.0004761905 \cdot d^2 - 0.0036 \cdot d \cdot T - 0.00216 \cdot T^2; R^2 = 0.98; \quad (5)$$

$$KCU, Дж/см^2 = -2500.8239987462 + 3.4687619048 \cdot d + 3.1203999984 \cdot T - 0.0028571429 \cdot d^2 - 0.0022 \cdot d \cdot T - 0.00096 \cdot T^2, R^2 = 0.99 \quad (6)$$

Зміну властивостей сталі по перерізу виливків за умов швидкісного охолодження розплаву при кристалізації описують рівняння (7-12).

$$\sigma_B, МПа = 3183.7413317563 - 7.1140952381 \cdot d - 3.5027999983 \cdot T - 0.0038095238 \cdot d^2 + 0.0038 \cdot d \cdot T + 0.00112 \cdot T^2, R^2 = 0.99; \quad (7)$$

$$\sigma_T, МПа = 4500.5786643823 - 2.6676190476 \cdot d - 5.2891999974 \cdot T + 0.0052380952 \cdot d^2 + 0.001 \cdot d \cdot T + 0.00168 \cdot T^2, R^2 = 0.97; \quad (8)$$

$$\delta, \% = 1452.1573325899 - 0.0237142857 \cdot d - 1.7723999991 \cdot T + 0.0097619048 \cdot d^2 - 0.0006 \cdot d \cdot T + 0.00056 \cdot T^2, R^2 = 0.97; \quad (9)$$

$$\psi, \% = 1099.309332745 + 0.1477142857 \cdot d - 1.3575999993 \cdot T + 0.0069047619 \cdot d^2 - 0.0006 \cdot d \cdot T + 0.00044 \cdot T^2, R^2 = 0.98; \quad (10)$$

$$HV = 899.5039994947 + 0.7902857143 \cdot d - 1.0523999995 \cdot T + 0.0014285714 \cdot d^2 - 0.0008 \cdot d \cdot T + 0.00036 \cdot T^2, R^2 = 0.99; \quad (11)$$

Структура та фізико-механічні властивості

$$KCU, \text{ Дж/см}^2 = 2823.667998517 + 0.7085714286 \cdot d - 3.5257999982 \cdot T - 0.0021428571 \cdot d^2 - 0.0005 \cdot d \cdot T + 0.00112 \cdot T^2, R^2 = 0.99\%. \quad (12)$$

Аналіз одержаних залежностей та їх графічних інтерпретацій (рис. 5, 6) щодо впливу температурно-кінетичних параметрів на механічні властивості виливків з градієнтою структурою свідчить про значний діапазон зміни значень показників міцності, ударної в'язкості і пластичності сталі по мірі віддалення від охолоджуваної поверхні виливка.

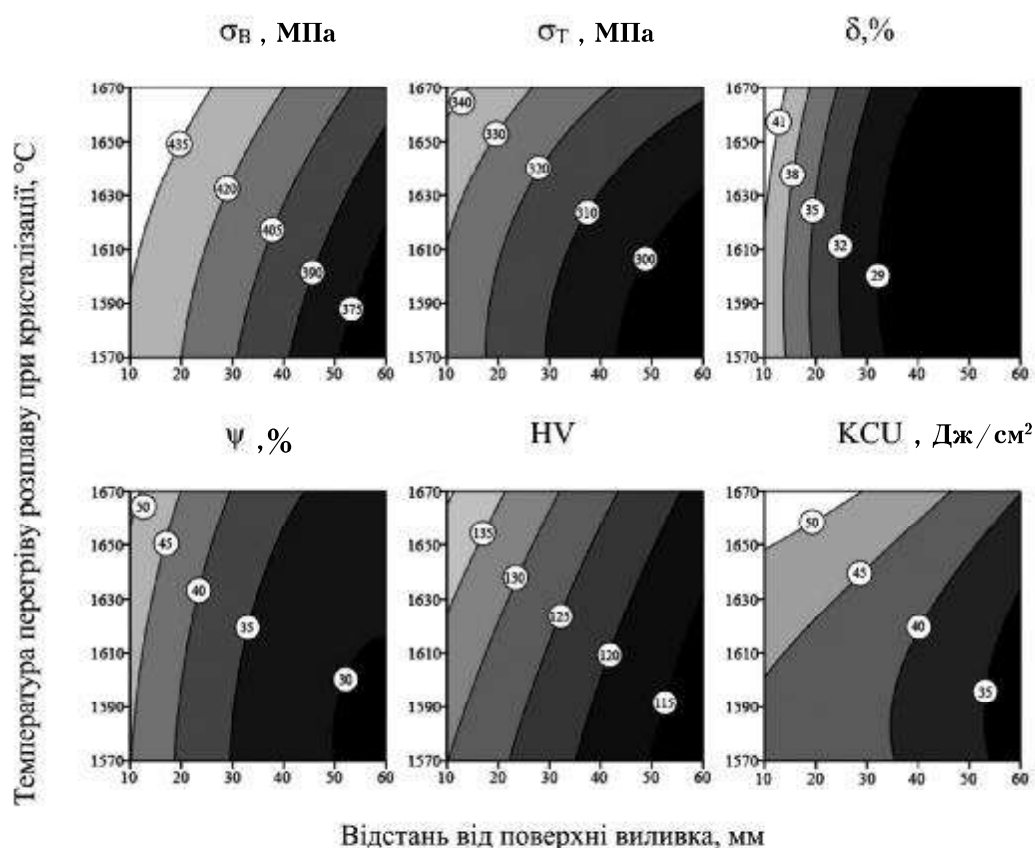


Рис. 5. Механічні властивості по перерізу виливка залежно від температури перегріву розплаву при кристалізації за умов швидкого охолодження.

При цьому, в умовах швидкого охолодження розплаву при кристалізації забезпечується значно вищий рівень властивостей у всіх досліджуваних перерізах виливків: σ_B в межах 435-375 МПа, σ_T – 340-300 МПа, твердість 135-115 HV, ударна в'язкість KCU – 50-35 Дж/см².

За умов нормальної швидкості охолодження розплаву зміна властивостей по перерізу виливків становить відповідно 385-365 МПа (σ_B), 310-260 МПа (σ_T), 120-115 HV, 30-15 Дж/см² (KCU).

Слід відзначити також, що рівень показників механічних властивостей сталі за нормального охолодження розплаву регламентується в основному

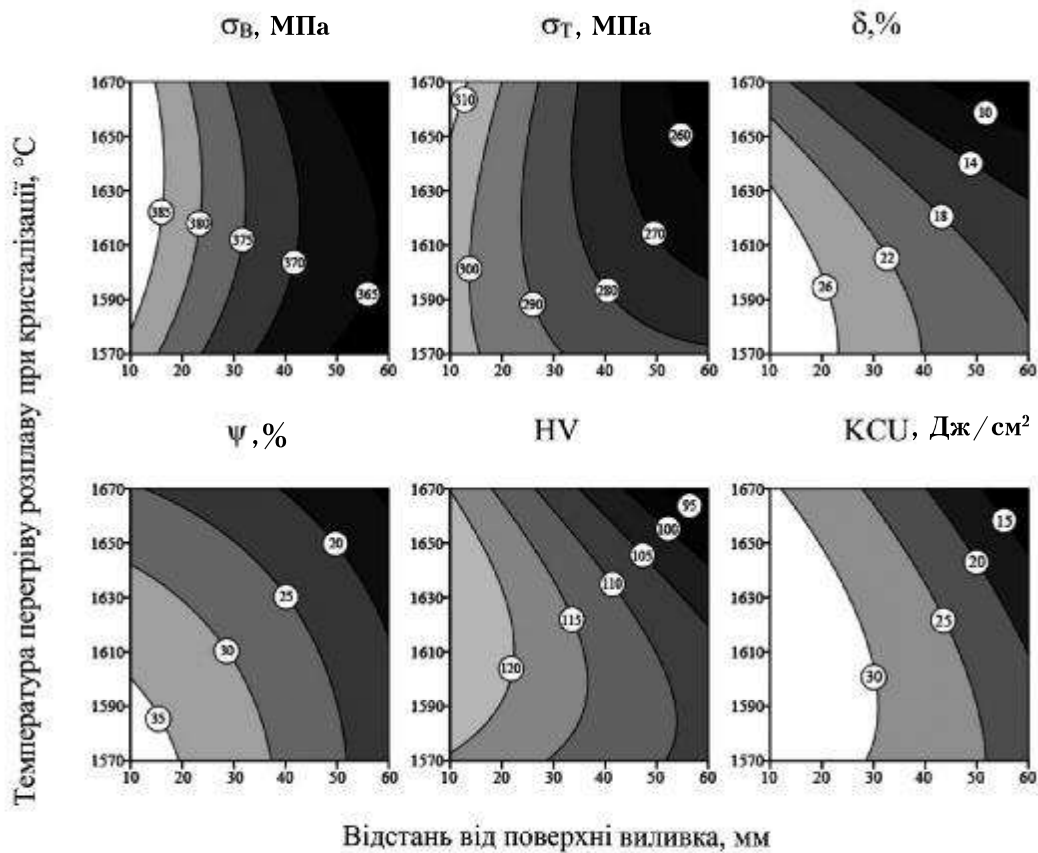


Рис. 6. Механічні властивості по перерізу виливка залежно від температури перегріву розплаву при кристалізації за нормальних умов охолодження.

відстанню від охолодженої поверхні виливка, а за умов швидкого охолодження – впливом двох параметрів: відстанню від поверхні виливка і температурою перегріву розплаву.

Проведені дослідження засвідчили значне різноманіття структурно-фазових станів і зміну показників механічних властивостей по перерізу виливків, зумовлених відмінностями термокінетичних параметрів кристалізації і структуроутворення у поверхневих і глибинних шарах виливків. Показано, що температура розплаву, швидкість і спрямованість його охолодження у різних об'ємах виливка під час його кристалізації є визначальними факторами цілеспрямованого впливу на процеси структуроутворення і формування властивостей, подібно композиційним матеріалам, литих виробів з певною градієнтністю структури і механічних властивостей. Це відкриває перспективу розроблення нових ливарних технологій і підвищення конкурентоспроможності процесів ливарного виробництва у машинобудуванні.

Література

1. Оно А. Затвердевание металлов, пер. с англ. – М.: Металлургия, 1980. – 152 с.
2. Гуляев Б.Б. Синтез сплавов. – М.: Металлургия, 1984. – 160 с.
3. Кондратюк С.Є. Структуроутворення, спадковість і властивості литої сталі. – Київ: Наук. думка, 2010. – 175 с.
4. Толочко Н.К., Андрушевич А.А. Методы получения мелкозернистой структуры отливок при кристаллизации // Литейное производство. – 2012. – № 2. – С. 27 – 31.
5. Марукович Е.И., Стеценко В.Ю. Модифицирование сплавов. – Минск: Беларус. навука, 2009. – 196 с.
6. Кулагин Н.М., Громов В.Е., Целлермаер В.Я. Градиентные структурно-фазовые состояния в сталях // Известия ВУЗов. Черная металлургия. – 2003. – № 8. – С. 62 – 63.
7. Металловедение и термическая обработка стали / под ред. М.Л. Бернштейна, Т.И. Рахштадт. – М.: Металлургия, 1983. – 352 с.
8. Григорьянц А.Г., Сафонов А.И. Лазерная техника и технологии. – М.: Высшая школа, 1984, в 7 кн.
9. Коваленко В.В., Блинова Е.И., Глезер А.М. и др. Формирование градиентных структур в сплавах Fe-Ni, полученных закалкой из жидкого состояния // Известия ВУЗов. Черная металлургия. – 1983. – № 8. – С. 63 – 65.
10. Багмутов В.П., Захаров И.Н. Моделирование градиентных структурных состояний в стальном слитке в ходе застывания // Известия ВУЗов. Черная металлургия. – 2003. – № 8. – С. 28 – 33.
11. Кириевский Б.А., Трубаченко Л.Н., Александрова Е.А. Влияние направленной кристаллизации на структуру и износостойкость хромистых чугунов // Литейное производство. – 2020. – № 4. – С. 8– 10.
12. Петров В.И., Сарычев В.Д., Лисицын К.А. и др. Формирование градиентных структур при термической обработке и в процессе эксплуатации рельсов // Известия ВУЗов. Черная металлургия. – 2002. – № 8. – С. 75 – 78.
13. Багмутов В.П., Захаров И.Н. Моделирование процессов формирования зон в ходе затвердевания крупного слитка // Сталь. – 2006. – № 6. – С. 53-58.
14. Бялік О.М., Кондратюк С.Є., Кіндрачук М.В., Черненко В.С. Структурний аналіз металів. Металографія. Фрактографія. Київ: . – 2006. – 328с.
15. Салтыков С.А. Стереометрическая металлография. – М.: Металлургия, 1976. – 272 с.

References

1. Ono A. *Zatverdevaniye metallov* (Solidification of metals, trans), per. s ang., Moscow: Metallurgiya, 1980, 152 p. [in Russian].
2. Gulyayev B.B. *Sintez splavov* (Synthesis of alloys), Moscow: Metallurgiya, 1984, 160 p. [in Russian].
3. Kondratiuk S.Ye. *Strukturoutvorenniya, spadkovist i vlastyosti lytoyi stali* (Structure, heredity and properties of cast steel), Kyiv: Naukova dumka, 2010, 175 p. [in Ukrainian].
4. Tolochko N.K., Andrushevich A.A., *Liteynoye proizvodstvo*, 2012, No. 2, pp . 27-31 [in Russian].
5. Marukovich Ye.I., Stetsenko V.Yu. *Modifitsirovaniye splavov* (Modification of alloys), Minsk: Belarus. navuka, 2009, 196 p. [in Russian].

6. Kulagin N.M., Gromov V.Ye., Tsellermayer V.Ya., *Izvestiya VUZov. Chernaya metallurgiya*, 2003, No. 8, pp. 62-63. [in Russian].
7. *Metallovedeniye i termicheskaya obrabotka stali* (Metallurgy and heat treatment of steel), pod red. M.L. Bernshteyna, T.I. Rakhshadt, Moscow: Metallurgiya, 1983, 352 p. [in Russian].
8. Grigoryants A.G., Safonov A.I. *Lazernaya tekhnika i tekhnologii* (Laser technology and technology), Moscow: Vysshaya shkola, 1984, v 7 kn. [in Russian].
9. Kovalenko V.V., Blinova Ye.I., Glezer A.M. i dr., *Izvestiya VUZov. Chernaya metallurgiya*, 1983, No. 8, pp. 63-65 [in Russian].
10. Bagmutov V.P., Zakharov I.N., *Izvestiya VUZov. Chernaya metallurgiya*, 2003, No. 8, pp. 28-33 [in Russian].
11. Kiriyeviskiy B.A., Trubachenko L.N., Aleksandrova Ye.A., *Liteynoye proizvodstvo*, 2020, No. 4, pp. 8-10 [in Russian].
12. Petrov V.I., Sarychev V.D., Lisitsyn K.A. i dr., *Izvestiya VUZov. Chernaya metallurgiya*, 2002, No. 8, pp. 75-78 [in Russian].
13. Bagmutov V.P., Zakharov Y.N., *Stal*, 2006, No. 6, pp. 53-58 [in Russian].
14. Byalik O.M., Kondratyuk S.Ye., Kindrachuk M.V., Chernenko V.S. *Strukturnyy analiz metaliv. Metalohrafiya. Fraktohrafiya* (Structural analysis of metals. Metallography. Fractography), Kyiv, 2006, 328p. [in Ukrainian].
15. Saltykov S.A. *Stereometrycheskaya metallohrafiya* (Stereometric metallography), Moscow: Metallurhiya, 1976, 272 p. [in Russian].

Одержано 16.08.21

S. Ye. Kondratyuk, V. I. Veis, Z. V. Parkhomchuk, G. I. Shevchenko

Gradient structure and properties of steel castings

Summary

The influence of melt overheating in the range of 50-150 °C on the equilibrium liquidus and its cooling rate during crystallization of castings on the formation of macrostructural zones along their cross section, on the change of grain dispersion, dendritic structure characteristics and mechanical properties was investigated on the example of 25L steel.

It is established that the macrostructure of castings in the direction of unilateral heat removal as it moves away from the cooled surface consists of four main structural zones - small coaxial crystals, columnar, branched and large coaxial crystals, the length and morphology of which naturally change depending on thermokinetic conditions of crystallization. The decisive role of the cooling rate at significant overheating of the melt to increase the number of crystallization nuclei, the formation of a more dispersed cast structure by increasing the degree of supercooling of the melt during crystallization is shown. The regularities of quantitative characteristics change of microstructure and dendritic structure depending on change of temperature-time parameters of crystallization in different structural zones of castings and their connection with characteristics of mechanical properties of steel are established.

On the basis of mathematical processing of experimental data by linear regression analysis interpolation models and their graphical interpretations are obtained, which allow to quantify and predict the change of mechanical properties in different structural zones of gradient castings depending on melt overheating temperature and cooling modes within the investigated factor space.

Keywords: gradient structure, structural zones, melt, mechanical properties.