

УДК 621.74.002:669.131.7

**Л.Х. Іванова, Є.В. Колотило, В.О. Терехін**

Український державний університет науки і технологій, м. Дніпро

## ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ЧАВУННИХ КОКІЛІВ

Поліпшення якості продукції ливарного виробництва, підвищення її надійності та довговічності є нагальною вимогою нашого часу. Переважна частина виливків виготовляється з чавуну, тому вдосконалення його фізико-механічних властивостей та експлуатаційних характеристик служить важливим резервом у справі економії енергетичних та матеріальних ресурсів та інтенсивного розвитку промисловості. У роботах [1-3] детально розглянуто питання порівняння структури та властивостей валкових чавунів, модифікованих комплексними модифікаторами, що містять рідкісноземельні метали, або магній. Мета досліджень полягала у вивченні можливості ресурсозберігаючого методу модифікування чавунів матеріалами, що містять рідкісноземельні метали (РЗМ).

Більша частина чавунних прокатних валків виготовляється у стаціонарних комбінованих ливарних формах, за цього формування робочої частини валка здійснюється у чавунних кокілях. Кокілі за аналогією з виливницями піддаються в процесі роботи змінним нагріванню та охолодженню, що призводять до утворення різних дефектів на їх внутрішній робочій поверхні: тріщин, сітки розпалу та викрошуванню робочої поверхні. Дослідженням великої кількості кокілів встановлено, що утворення дефектів залежить не лише від температурних умов служби, а й від хімічного складу та структури матеріалу кокілю. Хімічний склад чавуну для кокілів, що використовуються на вальцеливарних заводах, коливається у широких границях, мас. %: С 3,4...4,0, Si 0,9...3,0, Mn 0,4...1,0, P до 0,15, S до 0,10. Найбільш високу стійкість мають кокілі з чавуну із сумарним вмістом вуглецю та кремнію 4,8...5,2%. Важливим фактором, що впливає на стійкість кокілів, є структура матеріалу. Більш високу стійкість мають кокілі з чавуну з графітними включеннями подрібненої завихреної пластинчастої форми та феритно-перлітною матрицею.

Отримання чавуну з рівномірно розподіленими дрібнодисперсними включеннями графіту є актуальною проблемою, особливо для товстостінних виливків різної товщини. Аналіз технічної літератури показав, що розв'язання цього завдання

## ЛИТВО.МЕТАЛУРГІЯ. 2024

здійснюється практично модифікуванням, проте ступінь дисперсності і, особливо, рівномірність їх розподілу недостатні. У зв'язку з викладеним великий інтерес представляло дослідження впливу оброблення розплавів шлаками алюмотермічного виробництва лігатур на основі РЗМ, що містять  $R_2O_3$ , зокрема  $Gd_2O_3$ .

Досліджували шлаки наступних складів, мас. %:  $R_2O_3$  5...7 (зокрема,  $Gd_2O_3$  2...5),  $Al_2O_3$  40...45,  $CaO$  40...45,  $SiO_2$  - решта. Шлаки, що містять РЗМ, одержувані при виробництві алюмотермічним способом лігатури на основі РЗМ, зазвичай ніде не використовуються.

Для встановлення оптимальних параметрів технології провели серію з 14 плавок, здійснюючи модифікування розплаву зростаючими присадками шлаку, що містить РЗМ, варіюючи температуру модифікування і тривалість витримки (табл.1).

Таблиця 1 – Результати оброблення чавунного розплаву РЗМ- шлаком

№	Параметри оброблення			Характеристика графіту за ГОСТ 3443-87			Характеристика матриці		Властивості чавуну	
	Присадка шлаку, %	Час витримки, хв	Температура, °С	Довжина	Розподіл	Кількість, %	Вид структури	Зміст складників	$\delta$ , %	$\sigma_{вР}$ МПа
–	–	–	–	ПГд180	ПГр3	ПГ10	Пт1,Ф	П85(Ф15)	4,9	550
1	4	8	1500	ПГд15, ПГд25	ПГр8	ПГ12	Ф,Пт1	П20(Ф80)	9,6	545
2	6	14	1550	ПГд15, ПГд25	ПГр8	ПГ12	Ф,Пт1	П6(Ф94)	10,1	495
3	8	20	1600	ПГд15	ПГр8	ПГ12	Ф,Пт1	П6(Ф94)	11,0	480
4	6	14	1550	ПГд15	ПГр8	ПГ12	Ф,Пт1	П20(Ф80)	9,9	535
5	6	14	1650	ПГд15	ПГр8	ПГ12	Ф,Пт1	П20(Ф80)	10,0	540
6	10	24	1550	ПГд15	ПГр8	ПГ12	Ф,Пт1	П6(Ф94)	9,4	530
7	2	4	1550	ПГд45	ПГр1	ПГ12	Пт1	П60(Ф40)	6,5	590
8	4	8	1550	ПГд45	ПГр1	ПГ12	Пт1	П60(Ф40)	6,8	595
9	8	20	1600	ПГд15	ПГр8	ПГ12	Ф,Пт1	П6(Ф94)	10,9	515
10	4	8	1500	ПГд15	ПГр8	ПГ12	Ф,Пт1	П6(Ф94)	9,7	540
11	8	20	1600	ПГд15	ПГр8	ПГ12	Ф,Пт1	П6(Ф94)	10,2	540
12	6	14	1550	ПГд15	ПГр8	ПГ12	Ф,Пт1	П6(Ф94)	10,0	545
13	6	14	1550	ПГд15	ПГр8	ПГ12	Ф,Пт1	П6(Ф94)	9,8	545
14	6	14	1550	ПГд15	ПГр8	ПГ12	Ф,Пт1	П6(Ф94)	9,85	545

При встановленні необхідних кількісних та температурних параметрів процесу оброблення розплавів зазначеними шлаками виходили з наступного. Серією попередніх експериментів встановили температурний інтервал модифікування, визначивши, що при температурах нижче 1500°C невиправдано зростала витрата шлаку і навіть за присадці 10...12% від маси розплаву не вдавалося отримати графітні включення необхідної дисперсності і рівномірності розподілу.

Підвищення температури модифікування вище 1500°C благотворно позначалося на витраті шлаку, однак, враховуючи можливості плавильних агрегатів та економічні міркування, пов'язані з енерговитратами при високих перегріваннях розплаву, а також підвищений вміст модифікувальних елементів за високих температур, верхню межу температури перегрівання встановили рівною 1600°C.

В результаті лабораторних досліджень було показано, що оптимальними параметрами технології обробки розплаву дослідним шлаком були такими: температура модифікування в межах 1500...1600°C, присадка шлаку 4... 8% від маси розплаву, витримка розплаву в ковші перед заливанням піщаних форм від 8 до 20 хв. Дотримання цих параметрів дозволяло отримати дисперсні рівномірно розподілені графітні включення у матриці. Крім того, металографічний аналіз показав, що виливки мали феритну або феритно-перлітну матрицю. Використання шлаків, що містять Се, La і Nd, забезпечує самий такий вплив на структуру чавуну. Проведені дослідження механічних властивостей показали, що за високого рівня міцності при розтягу – у середньому 535 МПа модифікований чавун мав високу пластичність – у середньому 9,85%.

### Висновки

Технологія оброблення розплаву дослідним шлаком включала такі параметри: температура модифікування в межах від 1500°C до 1600°C, присадка шлаку від 4% до 8% від маси розплаву, витримка розплаву в ковші перед заливанням піщаних форм від 8 хв до 20 хв. За цього модифікований чавун за високого рівня міцності при розтягу – у середньому 535 МПа мав високу пластичність – у середньому 9,85%. Обробка чавунного розплаву дозволяє утилізувати відходи феросплавного виробництва та значно знизити собівартість чавуну.

### Список літератури

1. *Белай, Г.Е.* Исследование влияния модифицирования на кристаллизацию чугуна, структуру и свойства листопрокатных валков: Автореф. дис.... канд. техн. наук:

05.323 / Бела́й Григо́рий Емельянович; Днепропетр. металлург. ин-т.– Днепропетровск, 1967.– 23 с.

2. *Колотило, Е.В.* Исследование и усовершенствование процессов производства листопрокатных валков из модифицированных чугунов: Автореф. дис.... канд. техн. наук: 05.16.04 / Колотило Евгений Викторович; Днепропетр. металлург. ин-т.– Днепропетровск, 1977.– 24 с.

3. Иванова, Л.Х. Теоретичні основи та практичні методи одержання литих прокатних валків із комплексномодифікованих чавунів: Автореф. дис.... д-ра техн. наук: 05.16.04 / Иванова Людмила Харитонівна; НМетАУ.– Дніпропетровськ, 2008.– 35 с.

УДК 544.3.01:669.017.11

**В. В. Каверинський<sup>1</sup>, А. І. Троцан<sup>1</sup>, З. П. Сухенко<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Інститут проблем матеріалознавства ім. І. М. Францевича НАН України, Київ

### **РОЗРАХУНОК ПОВЕРХОНЬ ЛІКВІДУСУ І СОЛІДУСУ У СИСТЕМАХ Fe-Mn-Si ТА Ti-Mn-Si З ВИКОРИСТАННЯМ CALPHAD МЕТОДУ**

Важливою характеристикою сплавів в металургійних і, особливо, в ливарних процесах є температури ліквідусу і солідусу, що визначають температурний інтервал плавлення і кристалізації у рівноважних умовах. Діаграми стану для значної частини подвійних металічних систем, на яких позначаються відповідні лінії на даний час вже побудовані і вивчені досить добре. Проте, вже для потрійних систем, а тим більш для багатоконпонентних може спостерігатися брак відповідної довідкової інформації. Для докладного представлення навіть потрійної діаграми стану потребується куди більша кількість досліджуваних складів. Окрім того, такі діаграми складніше наочно відобразити, тому як вони виходять тривимірні. Тому зазвичай їх подають у вигляді наборів ізотермічних або полу термічних розрізів. Можливе також представлення проєкції поверхонь ліквідусу і солідусу на трикутник Гіббса, що було здійснено у даній роботі. Нерідко на діаграмах позначають вплив легуючих елементів на положення ліній ліквідусу і солідусу відповідних бінарних систем основи сплаву (варіант політермічних розрізів). Проте, зазвичай подібні представлення обмежені окремим кутом діаграми стану, що