

DOI: 10.34185/1991-7848.itmm.2022.01.005

РІДКІСНОЗЕМЕЛЬНІ МЕТАЛИ У ВАЛКОВИХ ЧАВУНАХ

Іванова Л.Х., Колотило Є.В., Мирошниченко Г.О.

Український державний університет науки і технологій

Вступ. Кафедра ливарного виробництва Українського державного університету науки і технологій понад шістдесят років займається дослідженням впливу модифікування рідкісноземельними металами на якість литих чавунних виливків [1-6]. Одним з важливих питань для теорії та практики виробництва чавуну з кулястим графітом є дослідження впливу величини присадки на параметри кристалізації чавуну. Визначення ролі модифікатора в процесі модифікування валкового чавуну дозволить створити найбільш ефективні модифікатори і розробити раціональну технологію отримання високоміцного чавуну.

Основний матеріал. Проведено дослідження впливу величини присадки трьох індивідуальних рідкісноземельних металів з вмістом домішок, %: лантану (0,39%), церію (0,41%) та ітрію (0,24%) на параметри кристалізації валкового чавуну хімічного складу, %: вуглець 3,29; кремній 1,81; марганець 0,44; фосфор 0,07; сірка 0,026; залізо решта.

Дослідження проводили використовуючи диференціальну схему вимірювання температур охолодження з застосуванням приладу ФПК-59. Після одночасного розплавлення, нагрівання до температури 1450 °С та витримки розплавів протягом 10 хв для вирівнювання температури здійснювали примусове модифікування розплаву рідкісноземельним металом та одночасний запис трьох кривих охолодження: диференціальну та дві абсолютні (вихідного та модифікованого сплавів). Диференціальна крива визначала різницю температур кристалізації первинного аустеніту ($\Delta T_{\text{поч. аус.}}$, °С) та евтектики ($\Delta T_{\text{поч. евт.}}$, °С) в модифікованому та вихідному сплавах, а абсолютні криві охолодження – зміни тривалості (Δt евт., с) цих перетворень.

Всього було проведено три серії експериментів: в першій серії в якості модифікатора застосовували металевий лантан – присаджували в розплав від 0,1 до 1% , у другій – церій, а у третій – ітрію у таких само кількостях.

Узагальнені дані про вплив дослідних рідкісноземельних металів на параметри евтектичної кристалізації валкового чавуну наведені у таблиці 1.

Таблиця 1 – Основні результати проведених досліджень

Ме-тал	Присадка, %	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
La	Залишковий вміст, %	0,06	0,09	0,13	0,15	0,22	0,27	0,28	0,31	0,36	0,43
	$\Delta T_{\text{поч. евт.}}$, °C	9	13	17	15	-10	-18	-22	-24	-24	-22
	$\Delta t_{\text{евт.}}$, с	-15	-25	-32	-52	-33	5	15	35	50	48
	$\Delta T_{\text{поч. аус.}}$, °C	1,2	2,5	5	7	14	14	12	14	10	10
Ce	Залишковий вміст, %	0,05	0,09	0,12	0,15	0,20	0,23	0,26	0,29	0,32	0,35
	$\Delta T_{\text{поч. евт.}}$, °C	7	11	15	14	-18	-24	-31	-33	-33	-29
	$\Delta t_{\text{евт.}}$, с	-8	-19	-30	-26	3	11	26	60	58	40
	$\Delta T_{\text{поч. аус.}}$, °C	1,5	3	5	6	10	11	9	14	13	14
Y	Залишковий вміст, %	0,05	0,07	0,12	0,17	0,20	0,23	0,27	0,30	0,35	0,41
	$\Delta T_{\text{поч. евт.}}$, °C	3	7	-21	-29	-34	-33	-28	-26	-20	-20
	$\Delta t_{\text{евт.}}$, с	-17	-34	-10	33	63	62	52	45	42	43
	$\Delta T_{\text{поч. аус.}}$, °C	1	2	4	7	12	11	14	13	13	15

В чавуні, обробленому лантаном, був одержаний залишковий його вміст від 0,06 до 0,43%, в церієвому – від 0,05 до 0,35%, в ітрієвому – від 0,05 до 0,41%. Коефіцієнт засвоєння модифікаторів був від 35 до 50%.

В результаті проведених досліджень було показано, що індивідуальна дія дослідних рідкісноземельних металів на параметри кристалізації була аналогічною, але досягалося це різними їх кількостями. Залежно від залишкового вмісту рідкісноземельного металу змінювався характер його дії на кристалізацію чавуну.

Модифікатори у кількостях, що не викликали сфероїдизації графіту (до 0,18% лантану, 0,16% церію та 0,09% ітрію), підвищували схильність розплаву до твердіння за стабільною системою, підвищували температуру початку евтектичної кристалізації. За цього значно скорочувалася тривалість перетворення. Усі ці особливості впливали на форму графітних включень, яка змінювалася від грубої пластичастої до вермикулярної. Такий вплив малих присадок рідкісноземельних металів був пов'язаний, мабуть, з їх здатністю утворювати стійкі хімічні з'єднання з різними домішками чавуну і таким чином рафінувати розплав.

Подальше збільшення кількості модифікатора (понад 0,12% ітрію, 0,20% церію та 0,22% лантану) викликало зниження температури початку евтектичної кристалізації чавуну і зміну форми графітних включень від дрібно пластичастої, вермикулярної до кулястої з фактором форми 0,8. Крім того, збільшувалася тривалість евтектичного перетворення, яке мало максимальне значення для ітрієвого чавуну при присадці 0,4%, а для церієвого – 0,5%, а для лантанового – 0,6%. Критичні концентрації модифікаторів забезпечували одержання у валковому чавуні графіту кулястої форми. Збільшення вмісту модифікатора вище за критичні концентрації: 0,17% ітрію, 0,20% церію та 0,27% лантану декілька підвищувало температуру початку евтектичної кристалізації, зменшувало її тривалість та призводили до виділення в структурі чавуну цементиту.

Таким чином, за подібного впливу лантану, церію та ітрію на параметри кристалізації критичні концентрації їх, які призводили до найбільших змін параметрів кристалізації та структурних змін були різними.

Вказані індивідуальні особливості впливу таких рідкісноземельних металів як лантан, церій та ітрій повинні враховуватися при виборі складів комплексних модифікаторів для валкових чавунів. Для цього необхідні також додаткові дані про сумісний вплив дослідних рідкісноземельних металів.

Наприклад, якщо прийняти, що вплив ітрію та церію однаковий, тоді сумарна їх концентрація, що забезпечує максимальне переохолодження при евтектичній кристалізації, повинна бути рівною $\Sigma PЗМ = \%Y + (1,5 - 1,6)\% Ce$.

Висновки. 1. Встановлено подібний впливу дослідних рідкісноземельних

металів на параметри кристалізації валкового чавуну та критичні їх концентрації, які призводили до найбільших змін параметрів кристалізації та утворення кулястих графітних включень в структурах модифікованих чавунів.

2. За модифікування чавунного розплаву з метою одержання кулястого графіту ітрію необхідно додавати в 1,5-1,6 разів менше, ніж церію або лантану.

Література

1. Кривошеев А.Е., Белай Г.Е. О кристаллизации чугунов с шаровидным графитом/ В сб. Высокопрочный чугун: Киев: Гостехиздат УССР, 1964. С.7-14.
2. Белай Г.Е. Исследование влияния модифицирования на кристаллизацию чугуна, структуру и свойства листопрокатных валков: Автореф. дис. ... кандидата техн. наук: 05.323/ Днепрпетр. металлург. ин-т.– Днепрпетровск, 1967.– 23 с.
3. Колотило Е.В. Исследование и усовершенствование процессов производства листопрокатных валков из модифицированных чугунов: Автореф. дис. ... кандидата техн. наук: 05.323/ Днепрпетр. металлург. ин-т.– Днепрпетровск, 1967.– 23 с.
4. Иванова Л.Х. Теоретичні основи та практичні методи одержання литих прокатних валків із комплексномодифікованих чавунів: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук; 05.16.04/ Націон. металург. академія України. – Дніпропетровськ, 2008. – 35 с.
5. Иванова Л.Х. Редкоземельные металлы в валковых чугунах/ Л.Х. Иванова, Л.А. Шапран, А.Ю. Хитько, В.И. Шляпин // Сучасні проблеми металургії. Наукові праці. Том 13. Дніпропетровськ: «Системні технології», 2010.– С. 31-44.
6. Иванова Л.Х. Отримання і застосування комплексних модифікаторів з рідкісноземельними металами / Л.Х. Иванова, Є.В. Колотило, О.Ю. Хитько, В.О. Терехін // Метал і лиття України, т.28, 2020, №1(320), С.30-33.

RARE EARTH METALS IN ROLLED CAST IRON

Ivanova Lyudmyla, Kolotilo Yevhen, Miroshnichenko Hanna

Abstract. The effect of the additive value of three rare earth metals individually (lanthanum, cerium, and yttrium) on the crystallization parameters of cast iron was studied. The study was carried out using a differential scheme for measuring cooling temperatures using the ФПК -59 device. As a result of the conducted studies, a similar effect of experimental rare earth metals on the crystallization parameters of rolled cast iron was shown. Additives of rare earth metals, which led to the greatest changes in the crystallization parameters and the

formation of spherical graphite inclusions in the structures of modified cast irons, were different. When modifying cast iron melt to produce spherical graphite, yttrium must be added less than cerium or lanthanum.

Keywords: rolled cast iron, critical concentration, spherical graphite, crystallization parameter, rare earth metal.

References

1. Krivosheyev A.Ye. O kristalizatsii chugunov s sharovidnym grafitom/ A.Ye. Krivosheyev, G.Ye. Belay // Vysokoprochnyy chugun.– Kiyev: Gostekhizdat USSR, 1964.– S.7-14.
2. Belay G.Ye. Issledovaniye vliyaniya modifitsirovaniya na kristalizatsiyu chuguna, strukturu i svoystva listoprokatnykh valkov / G.Ye. Belay: Avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.323/ Dnepropetr. metallurg. in–t.– Dnepropetrovsk, 1967.– 23 s.
3. Kolotilo Ye.V. Issledovaniye i usovershenstvovaniye protsessov proizvodstva listoprokatnykh valkov iz modifitsirovannykh chugunov / Ye.V. Kolotilo: Avtoref. dis.... kand. tekhn. nauk: 05.16.04/ Dnepropetr. metallurg. in–t.– Dnepropetrovsk, 1967.– 23 s.
4. Ivanova L.Kh. Teoretichní osnovi ta praktichní metodi oderzhannya litikh prokatnikh valkiv iz kompleksnomodifikovanikh chavuniv / L.Kh. Ivanova: Avtoref. dis. ... d-ra tekhn. nauk: 05.16.04/ Nats. metalurg. akad. Ukraini. – Dnípropetrovsk, 2008. – 35 s.
5. Ivanova L.Kh. Redkozemelnyye metally v valkovykh chugunakh / L.Kh. Ivanova, L.A. Shapran, A.Yu. Khitko, V.I. Shlyapin // Suchasni problemy metalurhiyi. Naukovi pratsi. Tom 13. Dnipropetrovsk: «Systemni tekhnolohiyi», 2010, S. 31-44.
6. Ivanova L.Kh. Otrimannya i zastosuvannya kompleksnikh modifikatoriv z ridkísnozemelnimi metalami / L.Kh. Ivanova, E.V. Kolotilo, O.Yu. Khitko, V.O. Terekhin // Metal i littya Ukraini, t.28, 2020, №1 (320), S.30-33.