

Утилизация отходов в литейном производстве

Приведены результаты лабораторных исследований по применению разных отходов, которые ранее не использовали, для легирования чугунов. Использование отходов позволило повысить свойства чугунов и увеличить коэффициент усвоения легирующих элементов в сравнении с использованием ферросплавов.

Ключевые слова: литейное производство, чугун, отливка, легирование, отходы производства, утилизация.

Улучшение качества продукции литейного производства, повышение ее надежности и долговечности является насущным требованием нашего времени. Подавляющая часть отливок изготавливается из чугуна, поэтому совершенствование его физико-механических свойств и эксплуатационных характеристик служит важным резервом в деле экономики энергетических и материальных ресурсов и интенсивного развития промышленности.

В последние годы в литейном производстве все большую актуальность приобретают вопросы создания ресурсосберегающих технологий. В настоящее время известно применение шлаков ферросплавного производства [1], цветной металлургии [2], сталелитейного передела [3–4] и практически нет данных об использовании в литейном производстве для обработки чугунных расплавов отходов специальных производств. А именно их утилизация позволит заменить дорогостоящие и дефицитные легирующие и модифицирующие материалы, такие как ниобий, титан, цирконий, гадолиний и другие, тем самым, организовав безотходные межотраслевые технологии, которые обеспечивают, с одной стороны, повышение качества отливок с одновременным уменьшением их себестоимости, а с другой – увеличение извлечения ценных компонентов в специальных производствах.

Целью работы была замена ферросплавов на основе дефицитных элементов разными отходами, которые ранее не использовали, при легировании чугуна.

С целью возможности утилизации отходов специальных производств, а также повышения термостойкости при высоком уровне износостойкости, сопротивления образованию задиrow, прочности чугуна, были проведены лабораторные исследования с использованием отходов сверхпроводящих сплавов, содержащих ниобий, олово и медь.

Серией лабораторных исследований установили, что необходимо иметь в сплаве (%мас.): углерод – 2,8–3,1; кремний – 2,8–3,5; марганец – 0,5–1,0; медь – 1,0–1,5; хром – 0,3–0,6; ниобий – 0,3–0,5; олово – 0,2–0,35; железо – остальное. Исходя из этого, для достижения цели содержание олова, ниобия и меди в отходах сверхпроводящих материалов должно находиться в соотношении 1:(1,4–1,5):(4,3–5) соответственно, то есть этим требованиям удовлетворяли отходы, содержащие, (%мас.): олово – 10–15;

ниобий – 15–20; медь – остальное. С учетом коэффициента усвоения 0,9–0,98 присадка в расплав отходов должна быть 1,6–2,5 %.

В силитовой печи выплавляли чугун, который после достижения необходимых температур (1773–1793 К) и доводки по химическому составу обрабатывали отходами сверхпроводящих материалов (величина присадки 2,0 %мас.) и после термовременной выдержки для усвоения компонентов охлаждали до 1673 К и заливали заготовки высотой 120 и диаметром 50 мм. Из этих отливок вырезали образцы для исследования свойств. Износ и сопротивление задиrow исследовали по методике Центрального научно-исследовательского института Министерства путей сообщения (ЦНИИ МПС) на машине трения с возвратно-поступательным движением МТВ-1 при реверсивном трении с жидкой смазкой.

Результаты проведенных исследований показали, что при высоком уровне прочности, износостойкости и сопротивления образованию задиrow, термостойкость сплава, полученного с использованием отходов сверхпроводящих сплавов, выше на 60 %, чем обработанного ферросплавами (табл. 1).

Коэффициент усвоения легирующих элементов из смеси сверхпроводящих сплавов составляет: 90,9–98 % – для меди и ниобия и 85,7–90,7 % – для олова, в то время как при использовании ферросплавов усвоение не превышает 85 % для меди и 81,1 % для олова. Кроме того, решается проблема утилизации, позволяющая создать практически безотходную технологию в специальном производстве. Использование исследованного способа обработки чугунных расплавов позволит повысить стойкость отливок на 25–35 %.

Кроме того, была проведена серия лабораторных исследований по установлению влияния обработки жидких чугунных расплавов отходами магнитных сплавов (химический состав, %: самарий – 25, медь – 7, цирконий – 2,7, железо – 16,5, кобальт – остальное) на структуру и свойства чугунов, затвердевавших со скоростью 0,5 град/с (табл. 2).

Микроструктура исходного чугуна характеризовалась следующим образом: графит ПГф1-ПГд350-ПГр1-ПГ10 ГОСТ 3443-87, металлическая основа Пт1(Ф)-П45(Ф55). После присадки, например, 0,5 % отходов магнитных сплавов структура изменялась: графитные включения ПГф4-ПГд90(ПГд180) – ПГр3 –

Результаты первой серии исследований

Номер плавки	Присадка отходов, %мас.	Содержание элементов, %						Свойства чугуна			
		V	Nb	Cu	Sn	Ca	Al	термостой- кость, м, см ⁻¹	износостой- кость, И, мг/100	задиристостой- кость, З, МПа	предел проч- ности при из- гибе, $\sigma_B^{изг}$ МПа
1	1,0	–	0,19	0,65	0,127	–	–	0,29	47,5	26,0	785
2	1,6	–	0,30	1,03	0,203	–	–	0,16	42,0	27,5	825
3	2,0	–	0,38	1,25	0,240	–	–	0,14	37,5	30,0	895
4	2,5	–	0,48	1,50	0,300	–	–	0,13	29,0	31,5	955
5	3,0	–	0,57	1,95	0,380	–	–	0,20	41,0	25,5	800
–	–	1,5	–	1,50	0,030	0,05	0,3	0,23	38,9	29,0	890

Примечание: При производстве отливок тепловозных цилиндрических втулок текущего производства расход феррованадия ФВд35А составляет 2,2 %, меди М1к – 1,65 %, олова – 0,033 %, силикокальция СК25 – 0,22 %, алюминия АВ97 – 0,51 %.

Таблица 2

Результаты второй серии исследований

Присадка отходов, %мас.	Темпера- тура обра- ботки, °С	Содержание хими- ческих элементов в чугуне, %			Количество структурных составляющих, %			Свойства материала отливок	
		C	Si	Mn	графит	перлит	феррит	предел прочно- сти при растяже- нии, σ_B^P , МПа	относительное удлинение, δ , %
–	–	3,70	1,10	0,59	9,9	53,6	36,5	580	4,0
0,25	1450	3,77	1,02	0,55	9,5	30,0	60,5	560	5,6
0,5	1450	3,69	1,12	0,54	11,1	3,4	85,5	590	6,2
1,0	1450	3,71	1,04	0,55	10,9	0,5	88,6	570	6,7

ПГ12, металлическая основа Ф, Пт1-П6(Ф94), а после присадки 1 % отходов графит характеризовался баллами ПГф2 -ПГд45(ПГд180)-ПГр7 - ПГ12, металлическая основа Ф (Пт1) – П6(Ф94). Таким образом, при добавке отходов в количестве 0,5–1 % и более выделение перлита практически полностью подавлялось, форма включений графита изменялась: усиливалось разветвление, и уменьшался поперечный рост.

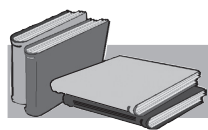
Итак, обработка чугуна, охлаждавшегося со скоростью 0,5 град/с отходами магнитных сплавов, позволила установить ярко выраженное их ферритизирующее влияние на металлическую матрицу и диспергирующее – на графитные включения, что и приводило к увеличению относительного удлинения ~ на 50 % по сравнению с исходным состоянием чугуна при практически такой же прочности.

Кроме того, были проведены дополнительные лабораторные исследования по обработке чугуна расплава смесью из отходов магнитных сплавов, со-

держающей модифицирующие и легирующие компоненты и обеспечивающей повышение прочностных свойств при высоком уровне пластических в литом состоянии без термической обработки. В составе смеси отходов содержание самария и кобальта находилось в соотношении 1:(1,5–3), а присадка в расплав – 0,9–1,2 %мас. В результате были получены образцы чугунов с высокой пластичностью δ 9,8–10% при повышенной прочности.

Выводы

Применение отходов разных производств для легирования чугунов позволило повысить их свойства, увеличить коэффициент усвоения легирующих элементов в сравнении с использованием ферросплавов, что в комплексе с низкой ценой указанных отходов позволит снизить стоимость обработки расплавов, а также повысить стойкость отливок.

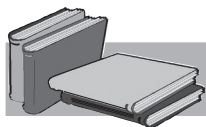


ЛИТЕРАТУРА

1. Колотило Е.В., Иванова Л.Х., Разумный П.С. Структура и свойства чугунов, модифицированных шлаками с оксидами // Неметаллические включения и газы в литейных сплавах: V Респ. науч.-техн. конф. Запорожье, 6–8 сентября 1988 г. – Запорожье, 1988. – С. 225–226.
2. Люндовский Ю.И., Черепинский Л.Б., Федьков В.А., Федьков Г.А. Применение отходов титаномагниевого производства для модифицирования стального и чугунного литья // Цветная металлургия. – 1983. – № 22. – С. 30–40.

3. Худокормов Д.Н., Василенко В.П., Слуцкий А.Г., Леках С.Н. Плавка серых чугунов с ванадийсодержащей шлакометаллической фракцией // *Литейное производство*. – 1982. – № 9. – С. 45.
4. Леках С.Н., Слуцкий А.Г., Трибушевский В.Л. Легирование чугуна из шлаковой фазы // *Литейное производство*. – 1998. – № 10. – С. 8.

Поступила 03.10.2018



REFERENCES

1. Kolotilo, Ye.V., Ivanova, L.Kh., Razumnyi, P.S. (1988). Structure and properties of cast iron, modified by slag with oxides. Non-metallic inclusions and gases in cast alloys: V Rep. scientific and technical conf., Zaporizhia, 6–8 September 1988. Zaporozh'e, pp. 225–226 [in Russian].
2. Liundovskiy, Yu.L., Cherepinskiy, L.B., Fed'kov, V.A., Fed'kov, G.A. (1983). The use of wastes of titanium production for the modification of steel and iron casting. *Tsvetnaya metallurgiya*, no. 22, pp. 30–40 [in Russian].
3. Khudokormov, D.N., Vasilenko, V.P., Slutskiy, A.G., Lekakh, S.N. (1982). Melting of gray cast iron with vanadium-containing slag metal fraction. *Liteinoe proizvodstvo*, no. 9, p. 45 [in Russian].
4. Lekakh, S.N., Slutskiy, A.G., Tribushevskiy, V.L. (1998). Alloying of cast iron from the slag phase. *Liteinoe proizvodstvo*, no. 10, p. 8 [in Russian].

Received 03.10.2018

Анотація

Л.Х. Іванова, д-р техн. наук, проф., професор НМетАУ,
e-mail: ivanovalitvo@gmail.com

*Національна металургійна академія України (НМетАУ), м. Дніпро,
Україна*

Утилізація відходів у ливарному виробництві

Наведено результати лабораторних досліджень із застосування різних відходів, які раніше не використовували, для легування чавунів. Використання відходів дозволило підвищити властивості чавунів та збільшити коефіцієнт засвоєння легувальних елементів у порівнянні з використанням феросплавів.

Ключові слова

Ливарне виробництво, чавун, виливок, легування, відходи виробництва, утилізація.

Summary

L.Kh. Ivanova, Doctor of Engineering Sciences, Prof., Professor NMetAU,
e-mail: ivanovalitvo@gmail.com

National Metallurgical Academy of Ukraine (NMetAU), Dnipro, Ukraine

Wastes disposal in foundry

The results of laboratory studies on the use of various wastes, that have not previously been used for alloying cast irons, are given. The use of wastes allowed to improve the properties of cast irons and to increase the rate of mastering of alloying elements in comparison with the use of ferroalloys.

Keywords

Foundry, cast iron, casting, alloying, production wastes, disposal.