



The technological process of the cast-iron ICh28H2 alloying by means of insertion into burden composition of briquettes of dead nickel-chromic catalysts is developed. This technology allows to carry out recycling of expensive metals such as nickel, and in that way to decrease the cost price of castings.

О. С. КОМАРОВ, И. Б. ПРОВОРОВА,
В. И. ВОЛОСАТИКОВ, Н. И. УРБАНОВИЧ, БНТУ

УДК 621.74; 669.131.7

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ОТЛИВОК ИЗ НИКЕЛЬ- СОДЕРЖАЩИХ ЧУГУНОВ

В Республике Беларусь отливки из высокохромистого никельсодержащего чугуна ИЧХ28Н2 производятся на ОАО «Бобруйский машиностроительный завод» (840 т/год) и УПП «Универсал-Лит» (200 т/год). Для обеспечения программы в сумме два завода расходуют свыше 20 т никеля. Учитывая, что стоимость 1 т никеля составляет 50 тыс. долл. США, годовой расход валютных средств достигает 1 млн. долл. США. В настоящее время для выплавки высоколегированных чугунов используется технология, основанная на введении в состав шихты ферросплавов, высокая стоимость которых приводит к 2,5-кратному увеличению стоимости по сравнению с отливками из серого чугуна.

В то же время носителями никеля могут быть отходы производства, в состав которых входит оксид никеля. К таким отходам производства можно отнести отработанные промышленные катализаторы. В нефтехимическом производстве широко используются следующие никельсодержащие катализаторы [1]: ГИАП-8 (6% NiO; 94% Al₂O₃); ГИАП-16 (25% NiO; 57% Al₂O₃; 8% MgO; 9% CaO; 1% BaO); НКМ-4А (35% NiO; 55% Al₂O₃); ТО-2 (38% NiO; 12% Cr₂O₃; 44% Al₂O₃), никель-хромовый (55% NiO; 27% Cr₂O₃) и никель на кизельгуре (~50% Ni).

Целью данной работы является снижение себестоимости отливок из ВХЧ путем разработки и освоения технологии плавки с использованием в шихте дешевых заменителей ферросплавов. Для этого необходимо изучить влияние технологических параметров (температуры процесса, времени выдержки расплава в печи, содержания оксида никеля в шихте, основности шлака) и способа ввода отработанных катализаторов на стабильность усвоения никеля из шлака, содержащего его. Кроме того, следует оценить влияние заменителей ферросплавов на технологию ведения

плавки, количество шлака и свойства выплавляемого чугуна.

Лабораторную плавку осуществляли в силитовой печи. Шлакообразующая смесь состояла из отработанного никельсодержащего катализатора ГИАП-16, извести, плавикового шпата, электродного боя и ваграночного шлака (55% SiO₂; 25% CaO; 15% Al₂O₃; 5% прочих), которые предварительно прокаливали и измельчали до размера частиц 0,1–2,0 мм. Указанные выше ингредиенты смешивали в расчетных пропорциях со стружкой серого чугуна и помещали в тигель. Технология эксперимента включала загрузку тигля с навеской смеси в разогретую до заданной температуры печь, расплавление и выдержку в течение определенного времени. После этого тигли извлекали из печи и выполняли спектральный анализ химического состава сплава и шлака [2].

Анализ результатов показал, что максимальная степень извлечения никеля из отработанного катализатора (свыше 90%) достигается при температуре 1450–1500 °С, выдержке расплава в течение 25 мин и содержании отработанного катализатора (в пересчете на NiO) в шихте в количестве 8,5%. Для ускорения процесса перехода никеля из шлаковой фазы в расплав необходимо в состав шихты вводить ваграночный шлак, чугунную стружку и восстановители (С, Si, Mn), а основность шлаковой смеси поддерживать на уровне 1,5–2,0.

Для легирования чугунов лучше применять катализаторы с содержанием NiO свыше 50% (никель-хромовые катализаторы). Это позволит снизить количество шлака и флюсующих добавок (CaO, CaF₂), от которых зависит производительность печи, время плавки и расход энергии. Поэтому для проведения серии лабораторных плавок по определению наиболее рационального метода ввода отработанного катализатора и стабильности усвоения никеля применяли отрабо-

танный никель-хромовый катализатор с содержанием NiO около 70%.

Отработанный катализатор вводили в натуральном виде (цилиндры длиной 16 мм и диаметром 4–5 мм) вместе с шихтой под завалку в виде размолотого порошка в составе брикета, а также на зеркало расплава. Брикетные изготавливали путем брикетирования порошка катализатора, стружки серого чугуна и жидкого стекла в количестве 45, 45 и 10% соответственно. В качестве завалки использовали заготовку из высокохромистого чугуна, содержащего 3,34% С, 18,5% Cr, 0,88% Mn, 0,66% Si, 0,49% Mo, 0,57% Ni, 0,23% V, 0,85% W, 0,2% Cu, остальное Fe. Расплав получали путем плавления металлозавалки в тигле ТГЗ в

лабораторной силитовой печи. Контроль температуры рабочего пространства осуществляли с помощью платино-платинородиевой термопары ПП-10. После расплавления шихты расплав тщательно перемешивали для растворения катализатора, после чего его выдерживали в течение 25 мин и разливали в графитовые изложницы. Разливку расплава проводили при температуре 1450–1460 °С.

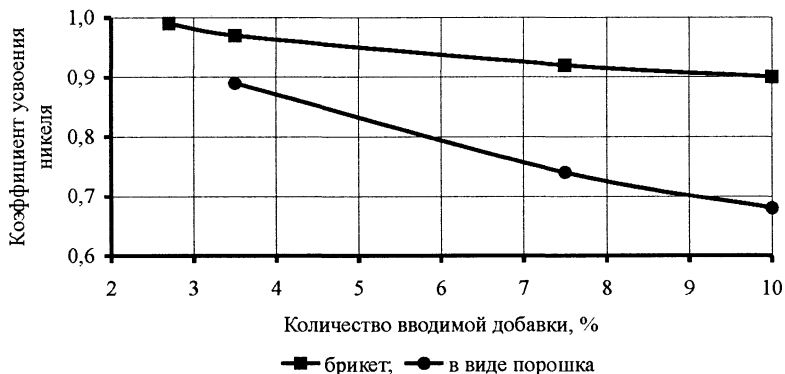
Из табл. 1 видно, что небольшие добавки катализатора усваиваются в расплаве высокохромистого чугуна достаточно хорошо, независимо от того введены они под металлозавалку в виде порошка или без измельчения. Наилучший эффект достигается при вводе катализатора в виде брикета.

Таблица 1. Методы ввода никель-хромового катализатора

Метод ввода добавки никель-хромового катализатора	Количество добавки никель-хромового катализатора, %	Содержание никеля Ni, %	Коэффициент усвоения
Под завалку в натуральном виде	3,5	2,3	0,86
На зеркало в натуральном виде	3,5	1,01	0,41
Под завалку в виде порошка	3,5	2,37	0,89
В брикете	2,7	2,09	0,99

Экспериментальные зависимости коэффициента усвоения никеля от величин добавки катализатора и метода его ввода показаны на рисунке. С увеличением добавки коэффициент усвоения никеля снижается. Ввод катализатора в виде брикета является более предпочтительным.

Для изучения стабильности усвоения никеля из отработанного никель-хромового катализатора в расплаве проведена серия лабораторных плавок. Шихту переплавляли в силитовой печи в тигле ТГЗ. Добавку катализатора вводили с шихтой под завалку в виде брикета. Брикетные изготавливали путем смешивания и брикетирования порошка катализатора, стружки серого чугуна и жидкого стекла. В качестве металлозавалки использовали следующие компоненты: ферромарганец ФМн 75, феррохром ФХ800А; феррохром ФХ100А; сталь 40–45; чугун



Влияние величины добавки катализатора на коэффициент усвоения никеля

передельный. Количество брикетов в составе шихты рассчитывали исходя из 2%-ного содержания никеля в расплаве. Химический состав полученных сплавов определяли в лаборатории Минского тракторного завода. Составы опытных плавок приведены табл. 2.

Таблица 2. Химический состав чугунов

Номер плавки	Содержание элементов, мас. %					Коэффициент усвоения Ni
	C	Cr	Si	Mn	Ni	
1	2,89	26,8	0,85	0,68	1,75	0,87
2	2,82	27,1	0,9	0,65	1,81	0,9
3	2,84	27,3	0,85	0,68	1,79	0,89

Как видно из полученных результатов, химический состав стабилен по основным компонентам трех плавок. Никель восстанавливается из отработанного катализатора почти полностью (коэффициент усвоения 0,89–0,90).

Таким образом, установлено, что наилучшие результаты получены в случае ввода катализатора

в виде брикетов, содержащих измельченный катализатор, восстановитель (углерод или кремний), связующие материалы (жидкое стекло) и стружку базового сплава, которая растворяет в процессе плавления восстановленный легирующий элемент и облегчает его переход в расплав. Кроме того, экспериментальные исследования по определению

стабильности усвоения никеля из отработанного катализатора в случае использования его в составе шихты показали, что чугун имеет стабильный химический состав и высокий коэффициент усвоения никеля — 0,87–0,9.

Для проведения опытно-промышленной плавки на УПП «Универсал-Лит» на 2,5 т металлозавалки изготовили 250 кг брикетов. Брикеты содержали отработанный никель-хромовый катализатор — 45 вес. ч.; стружку чугунную — 55; золу торфа — 5; жидкое стекло — 7 вес. ч. Плавку проводили в индукционной печи ИЧТ-2,5. Шихтовые материалы загружали в печь в следующей последовательности: возврат ИЧХ28Н2, брикеты из отработанного никель-хромового катализатора, феррохром ФХ850, феррохром ФХ025, лом стальной углеродистый 2А.

После включения печи первые 6–8 мин подавали номинальную мощность, затем мощность постепенно увеличивали и расплавление шихты вели на максимальной мощности. За 10 мин до выпуска металла из печи в расплав добавляли ферромарганец. Температура металла в ковше составила 1500°C. Его выдерживали в ковше в течение 10 мин, предварительно раскислив алюминием, после чего разливали по формам. Получен чугун следующего химического состава: 2,8% С, 0,68% Mn, 28,8% Cr, 0,85% Si, 1,7% Ni. Твердость сплава составила 522–540 НВ. Время плавки не отличалось от обычного, характерного для ИЧХ28Н2. Отмечено небольшое увеличение количества шлака. В песчано-глинистых формах получены отливки: колесо рабочее 217101100 — 4 шт.; колесо рабочее ТС21.1.02 0300 — 8 шт.; распределительная камера 2115001003 — 15 шт.; колесо рабочее ТС21.01.02.0000СБ — 8 шт. Анализ каче-

ства отливок показал, что применение брикетов в составе шихты не оказало влияния на объем усадочных раковин, количество шлаковых и газовых включений, а сами отливки соответствуют требованиям ТУ РБ 05750906.038-94.

По разработанному технологическому процессу получения отливок из ИЧХ28Н2 с применением в составе шихты брикетов из отработанного никель-хромового катализатора проведена серия опытно-промышленных плавов на сталеплавильном участке ОАО «Бобруйский машиностроительный завод» в электродуговой печи емкостью 3т. Коэффициент усвоения никеля в расплаве составлял 0,85–0,90. При этом применение брикетов в составе шихты не повлияло на ход, продолжительность плавки и качество отливок.

В результате проведения лабораторных и опытно-промышленных плавов разработан технологический процесс легирования чугуна ИЧХ28Н2 методом ввода в состав шихты брикетов из отработанных никель-хромовых катализаторов, освоение которого позволяет осуществить рециклинг дорогостоящих металлов, таких, как никель, и тем самым снизить себестоимость отливок. При этом экономический эффект на этих двух предприятиях составит 331,8 млн. руб. в год. Кроме того, получен и экологический эффект, связанный с тем, что предотвращается загрязнение тяжелыми металлами в виде отходов окружающей среды.

Литература

1. Катализаторы, применяемые в азотной промышленности: Каталог. Чебоксары, 1979.
2. Комаров О.С., Проворова И.Б., Волосатилов В.И., Урбанович Н.И. Исследование параметров технологического процесса извлечения никеля из никельсодержащих отходов // Литье и металлургия. 2006. № 3. С. 81–83.