

## Список литературы

1. Куберский С.В. Электродуговое извлечение полезных примесей металлургических отходов и вторичных материалов в железоуглеродистые расплавы / С.В. Куберский // Металлургическая и горнорудная промышленность. – №7. – 2010. – С. 168-169.
2. Низяев К.Г. Десульфурация чугуна и стали магнием, восстановленным в зоне погруженной в металл электрической дуги / К.Г. Низяев, Б.М. Бойченко // Бюллетень НТИ. Черная металлургия. – 2007. – №11. – С. 34-39.

УДК 669.786:658.567.1.002.8

**Лелеко Д.В., Трегубенко Г.Н.**

Национальная металлургическая академия Украины, Днепропетровск

### **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАРБАМИДСОДЕРЖАЩИХ ЛИГАТУР ПРИ ВЫПЛАВКЕ ЭЛЕКТРОСТАЛЕЙ С КАРБОНИТРИДНЫМ УПРОЧНЕНИЕМ**

Анализ современных методов производства азотсодержащих сталей свидетельствует, что в настоящее время не существует универсального азотоносителя [1]. Так, разработанные в последние десятилетия методы прямого легирования стали азотом из газовой фазы в плазменно-дуговых печах или в конвертерах с донным подводом дутья получили промышленное развитие лишь для высокохромистых коррозионностойких и жаропрочных сталей и сплавов и экономически непригодны для сталей массового производства. Главными причинами является необходимость в дорогостоящем специальном оборудовании, его относительно низкая производительность, низкая стойкость футеровки и др.

Наиболее распространенным способом легирования стали азотом является применение азотированных ферросплавов, которые вводятся в плавильный агрегат перед выпуском или в ковш в процессе выпуска жидкого металла. К преимуществам такого способа следует отнести его простоту, отсутствие необходимости в специальном сталеплавильном оборудовании и достаточную надежность попадания в заданные марочным составом пределы содержания азота.

На основании большого числа исследований, проведенных на кафедре электрометаллургии под руководством профессора Хитрика С.И., акад. Гасика М.И. и проф. Рабиновича А.В. по разработке азотированных ферросплавов в НМетАУ был разработан способ жидкофазного окускования АЛ, [2,3] состоящий в том, что при на-

гревании смеси металлического наполнителя и азотсодержащей добавки до температуры обеспечивающей ее плавление без разложения, последняя выполняет роль связки, обеспечивая тем самым способность смеси к формообразованию. Универсальными материалами являются практически все отсеvy сплавов марганца и кремния. Для специальных случаев в качестве наполнителя могут быть использованы феррохром, феррованадий.

На основании всего комплекса выполненных теоретических и экспериментальных исследований разработаны технология получения жидкофазно окускованных АЛ и ее аппаратное обеспечение.

При проведении исследований за базовую марку стали была выбрана сталь 20ГСЛ применяемая для отливок ответственного назначения работающих в диапазоне температур от 250 до 450°C по ОСТ 108.961.03-79. Опытнo – промышленное опробование технологии комплексного микролегирования стали 20ГСЛ в условиях АО «Армапром» в печи ДСП-3 проводили по действующей технологической инструкции с изменениями касающимися ввода азота, титана и алюминия. В качестве шихты для выплавки стали 20ГСЛ используется стальной лом и отходы собственного производства, а также электродный бой.

Окисление расплава начинается при температуре  $(1580 \pm 20)^\circ\text{C}$  и производится техническим кислородом, железной рудой или тем и другим одновременно. Началом окислительного периода плавки считается момент ввода руды или кислорода после обновления шлака по расплавлению шихты.

После скачивания окислительного шлака расплав при необходимости науглераживается из расчёта усвоения углерода 70%. В расплав вводится кусковой алюминий на штангах 0,6-0,8 кг/т расплава, кусковой ферросилиций и расчётное количество марганца металлического. Затем вводят в ванну азотсодержащую лигатуру в количестве  $\approx 1,0$  кг/т стали, после чего наводится рафинировочный шлак.

После расплавления шлакообразующей смеси расплав перемешивается деревянными или железными гребками. При температуре  $(1620 \pm 10)^\circ\text{C}$  отбирается проба на химический анализ, затем начинается раскисление шлака порошками ФС65, алюминиевым порошком и алюмофлюсом. Затем металл выдерживается под белым рафинировочным шлаком 20-40 мин. В начале выпуска вводится в ковш алюминий на штанге в количестве  $\approx 0,5$  кг/т, а после заполнения 1/3 под струю ферротитан ФТи70 в количестве  $\approx 0,7$  кг/т. Металл в ковше корректируют трехкомпонентной Al-Ca-Ti проволокой после чего продувают аргоном не менее 5 мин. Температура металла в ковше перед выпуском составляла 1640-1650 °C.

Исследование механических свойств опытной стали проводили в интервале температур 250-450°C с интервалом 50°C, в соответствии с ГОСТ 9551-84 и ГОСТ 9651-84. Результаты механических испытаний показывают, что даже при максимально допустимой температуре эксплуатации (450°C) микролегированная сталь 20ГСЛ имеет уровень предела текучести на 170 – 200 МПа выше требуемого к базовой стали для температуры 400°C.

### Список литературы

1. Рабинович А.В. Исследование процессов взаимодействия азота с металлическими системами и разработка новых методов производства азотированных ферросплавов и высокохромистых сталей: дис. доктора техн. наук: 05.16.02 / Рабинович Александр Вольфович. - Днепропетровск. 1975.-425с.
2. Пат. 43747 У Україна, МПК (2009) C22C 35/00. Азотовмісна лігатура / Панченко Г.М., Учитель О.Д., Гасик М.І. - № 200903896; Заявл. 21.04.09; Опубл. 25.08.09, Бюл.№ 16.
3. Пат. 59276 А Україна, МПК 7 C22C35/00. Спосіб одержання азотовмісної лігатури \ Рабінович О.В., Трегубенко Г.М., Тарасъев М.І. та інші. - № 20021210430; Заявл. 23.12.02; Опубл. 15.08.03, Бюл.№ 8.

УДК 669.162.2:669.16:621.745.551

**Э.И. Лытарь, О.В. Кукса**

Институт черной металлургии НАНУ им. З. И. Некрасова, Днепропетровск

### **ПОИСК ОПТИМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ ДОМЕННОЙ ПЛАВКИ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ВЫСОКУЮ СТЕПЕНЬ НАУГЛЕРОЖИВАНИЯ И ОБЕССЕРИВАНИЯ ЧУГУНА**

Задача нахождения оптимального режима работы доменной печи зависит от большого числа различных факторов, часть которых неразрывно связана с тепловым состоянием доменной печи. В качестве индикатора теплового состояния доменной печи обычно используется кремний чугуна.