



There is shown, that using of silicon-free complex hardeners (SCH) improves both mechanical and foundry characteristics of steel.

С. Н. ПРИМЕРОВ, Ф. В. МИХЕЕВ, ЗАО «НПО БКЛ», г. Санкт-Петербург,
Л. В. ШВЕЦОВ, В. М. ГАЦУРО, РУП «МоАЗ»

УДК 621.74

НОВЫЕ БЕСКРЕМНИЕВЫЕ КОМПЛЕКСНЫЕ ЛИГАТУРЫ-МОДИФИКАТОРЫ

Не вызывает сомнений, что в ближайшем будущем успешная реализация основной концепции сталеплавильного производства — повышение качества стали — во многом зависит от выплавки низколегированного, но высококачественного металла с малым содержанием вредных примесей (серы, фосфора) и неметаллических включений.

Новые бескремниевые комплексные лигатуры (БКЛ), не имеющие мировых аналогов, разработанные в результате большого объема исследований с учетом многолетнего опыта металлургов, безусловно, вносят существенный вклад в решение проблемы повышения качества металла. Об этом свидетельствует также неоспоримое положение о том, что прогресс мировой металлургии, особенно в области литейного производства, неразрывно связан с разработкой высокоэффективных комплексных раскислителей, модификаторов, лигатур. Без создания таких присадок практически невозможно развитие отечественной внепечной, так называемой «ковшовой» металлургии, при которой ряд важных технологических операций (раскисление, рафинирование и модифицирование) совмещается с легированием или микролегированием и переносится из плавильной печи в разливочный ковш. В этом случае разливочный ковш приобретает роль самостоятельного агрегата, во многом определяющего качество выплаваемого металла и, в итоге, срок эксплуатации изготовленной из него металлопродукции.

Вместе с тем анализ известных отечественных и зарубежных ферросплавов, раскислителей-модификаторов и комплексных лигатур показывает, что они имеют два существенных недостатка: наличие в составе кремния и довольно низкое содержание таких элементов, как кальций, редкоземельные металлы, ванадий, ниобий и др.

Теоретически необходимость создания бескремниевых присадок подтверждается открытием, доказывающим исключительно вредное влияние монооксида кремния на свойства стали. Кроме того, при обработке жидкой стали кремнийсодержащими присадками в ее структуре появляется

большое количество различных силикатов, также отрицательно влияющих на механические характеристики стали.

Наряду с изложенным выше необходимо иметь в виду, что в России большое количество стали выплавляется в электропечах с кислой футеровкой и разливается в кислые разливочные ковши. Этот фактор убедительно подтверждает вывод о целесообразности разработки новых бескремниевых комплексных лигатур.

Следует отметить, что в промышленности применяются стали и сплавы без кремния. В частности, на Ижорских заводах осваивается производство качественной роторной стали со сверхнизким содержанием кремния.

Принципиально новые БКЛ были разработаны в результате обширных исследований сталей и сплавов различных структурных классов и назначения. Некоторые составы БКЛ приведены в таблице.

Одновременно с глубоким раскислением, рафинированием и модифицированием структуры БКЛ обеспечивают микролегирование обрабатываемых сплавов. Последним фактором объясняется происхождение наименования БКЛ. Широко известен целый ряд марок стали, микролегированной ванадием (ванадийсодержащие), либо титаном (титансодержащие), либо ниобием (ниобийсодержащие) и, наконец, бором (борсодержащие стали). Внепечная обработка указанных марок стали новыми БКЛ в значительной мере обеспечивает более полное усвоение и экономию ванадия, титана, ниобия или бора в отличие от их отдельных присадок в плавильную печь или при выпуске расплава в разливочный ковш. Соответственно целесообразная область применения БКЛ определяется маркой выплаваемого стали и чугуна.

По эффективности воздействия на структуру, литейные, механические и эксплуатационные свойства чугунов, стали различных марок, никелевых, хромистых, хромоникелевых и других сплавов новые БКЛ существенно превосходят выпускаемые ферросплавной промышленностью комплексные модификаторы-раскислители аналогичного назначения, например, ФСЗОРЗМ20, СЦЕМИШ и др.

Составы БКЛ на основе никеля*

Марка	Содержание элементов, мас. %			
	алюминий	кальций	РЗМ	другие элементы
АКЦе	5–25	5–15	10–30	
АКЦеТ	10–30	10–15	5–30	Титан 10–20
АКЦеФ	5–30	10–15	10–30	Ванадий 5–30
АКЦеБ	10–30	10–15	10–30	Ниобий 5–20
АКЦеР	5–15	10–15	20–30	Бор 1–5
АКЦеТФ	15–25	5–15	10–30	Титан 0,5–9 Ванадий 0,5–3
АКЦеД	5–30	5–15	5–30	Медь 5–15

* Во всех указанных составах никель может быть полностью или частично заменен железом.

При внепечной обработке жидкого металла 0,1–0,3% БКЛ повышается весь уровень механических и эксплуатационных свойств стали и сплавов, особенно пластичности, ударной вязкости при обычной и отрицательных температурах испытаний, а также усталостной прочности. При этом в ряде случаев механические свойства литого металла достигают своих показателей для деформированного варианта его изготовления, например, проката, а также металла, полученного электрошлаковым переплавом.

Высокая эффективность новых БКЛ открывает реальную перспективу замены высоколегированных марок стали на менее легированные, т. е. более дешевые стали без снижения качества и долговечности изготовленных из них деталей.

Механизм повышения свойств стали и сплавов при их внепечной обработке БКЛ заключается в благоприятном и многоплановом воздействии на дендритную, макро- и микроструктуру, сопровождающемся очищением от вредных примесей границ зерен, глобуляризацией и равномерным перераспределением неметаллических включений, снижением содержания газов, особенно кислорода, а также серы и частично фосфора. Аналогично механическим характеристикам в 1,5–2,0 раза улучшаются такие литейные свойства, как жидкотекучесть, трещиностойкость отливок, что в комплексе с механическими свойствами обеспечивает значительное повышение качества и надежности литых деталей. Универсальность новых БКЛ делает практически безграничной область их применения при выплавке чугунов стали и сплавов различных структурных классов и назначения как в черной металлургии, так и в литейном производстве.

Введение БКЛ в количестве 2–3 кг (0,2–0,3%) на 1 т жидкого металла одновременно вносит 1,0–1,5 кг никеля, что благоприятно отражается на их стоимости и экономической

целесообразности применения, особенно для легированных марок стали чугунов.

Особо следует отметить первые положительные результаты по апробированию новых БКЛ на МоАЗ, МАЗ, МТЗ и других предприятиях Республики Беларусь. В частности, в сталелитейном цехе МоАЗ проводится работа по повышению физико-механических свойств стали при сравнительно невысоких затратах по модифицированию жидкой стали бескремниевой комплексной лигатуры (БКЛ). Обработка стали производится путем введения лигатуры в разливочные ковши непосредственно перед заливкой в формы. Испытания, проведенные на образцах, залитых с использованием БКЛ, показали значительное улучшение механических свойств стали: относительное удлинение образца возросло с 15 до 25%; ударная вязкость увеличилась до 85 Дж/см.

Помимо механических свойств стали, улучшаются и литейные. Исследованиями установлено, что использование раскислителей БКЛ исключает полностью использование раскислителей силикокальция и ферросиликомарганца, а алюминия вторичного — на 50%; появилась возможность снизить температуру заливки форм жидким металлом с 1700 до 1560°С; при снижении температуры заливки металла происходит более раннее начало кристаллизации отливок и, как следствие, снижение внутренних напряжений во время кристаллизации и уменьшение вероятности возникновения горячих трещин; при взаимодействии БКЛ с вредными газами образуются оксиды С, Н, N, которые переходят в шлак, тем самым снижается наличие газовых раковин в отливках.

В настоящее время ЗАО «НПО БКЛ», являясь патентообладателем новых БКЛ, производит и осуществляет их поставку, при необходимости обеспеченную технологическим сопровождением от проведения опытных плавок стали и чугуна до промышленного внедрения.