

ям нормативной документации максимально допустимый балл сульфидов не должен превышать 4,0, по данным анализа экспериментальных плавок максимальное значение составило 0,5, по оксидам соответственно 4,0 и 0,9, по силикатам – 4,5 и 3,5. Как и следовало ожидать, наибольшая эффективность от применения рафинирования и модифицирования стали ТШС и SiCa получена для сульфидов и оксидов, и в меньшей степени для силикатов.

По результатам исследований разработаны рекомендации, обеспечивающие следующий комплекс механических свойств стали для производства специальных ножей холодной резки проката: твердость HRC 53=54, предел текучести $\sigma_T = 1710-1820$ Н/мм², временное сопротивление $\sigma_B = 1820-1940$ Н/мм², относительное удлинение $\delta = 8-10$ %, ударная вязкость KCU = 32-37 Дж/см².

УДК 669.168

С. Г. Мельник¹, Д. А. Петриченко², Л. С. Тихонюк², В. И. Бондарь¹, А. В. Лагошин¹

1 – Приазовский государственный технический университет, г. Мариуполь

2 – ММК им. Ильича, г. Мариуполь

УЛУЧШЕНИЕ ПЛАСТИЧНЫХ СВОЙСТВ СУДОВОЙ СТАЛИ МОДИФИЦИРОВАНИЕМ

К судовым, в том числе корпусным, сталям предъявляются повышенные требования в связи со сложными условиями их эксплуатации. Поэтому необходимо разрабатывать технологические приемы улучшения качества этих сталей. Одним из возможных путей усовершенствования технологии производства сталей для судостроения является модифицирование металла в сталеразливочном ковше на выпуске из сталеплавильного агрегата щелочно-земельными металлами, в том числе кальций - содержащими реагентами.

Одним из таких материалов является карбид кальция CaC₂. Особенность применения этого материала в качестве модификатора при выплавке стали заключается в необходимости обеспечения условий безопасности, в том числе исключения его контакта с влагой. С учетом этого, с целью улучшения качества металла и снижения затрат на его производство усовершенствовали технологию производства судовой корпусной стали марки А 36 (ГОСТ 5521), включающую комплексную ковшевую обработку металла с модифицированием.

Модифицирование производили в сталеразливочном ковше во время выпуска углеродистого полупродукта из 160-тонного конвертера присадкой карбида кальция CaC_2 фракцией от 5 до 30 мм, предварительно расфасованного в полиэтиленовые пакеты по 12,5 кг каждый. Частично CaC_2 присаживали в металл проволокой при помощи трайб – аппарата. Примерный химический состав CaC_2 был следующим, % по массе: 72,5 CaC_2 , 17,3 CaO , 0,4 MgO , 2,5 (Fe_2O_3 и Al_2O_3), 2,0 SiO_2 , 1,0 C , 4,0 – другие примеси.

Материалы присаживали в сталеразливочный ковш во время выпуска по действующей технологии. Модифицирование проводили в комплексе с внепечной обработкой стали в ковше продувкой аргоном и рафинированием твердыми шлакообразующими материалами. После подготовки стали к разливке усреднением химического состава и температуры в объеме сталеразливочного ковша ковш передавали на МНЛЗ и разливали методом «плавка на плавку» в непрерывнолитую заготовку.

Для определения влияния модифицирования стали А 36 на ее качественные показатели исследовали 2 варианта: 1 – опытный с модифицированием присадкой карбида кальция CaC_2 и 2 – сравнительный без модифицирования. Получены следующие основные результаты. Как и следовало ожидать, наблюдается значительное улучшение пластичных свойств стали в результате модифицирования. Так, среднее значение относительного удлинения проката δ из модифицированной стали А 36 по данным 75 опытных плавков составило 29,5 %, на сравнительных плавках 20,6%, то есть возросло более, чем в 1,4 раза. Среднее значение относительного сужения ϕ также увеличилось с 22,3 до 59,4 %, то есть в 2,6 раза. Ударная вязкость КСЧ при -60 °С увеличивается с 0,30 до 0,84 МДж/м², при $+20$ °С, соответственно, с 1,01 до 1,49 МДж/м².

Установлена зависимость содержания кальция $[\text{Ca}]_{\text{г.с.}}$ в модифицированной стали А 36 от активности кислорода в металле на выпуске, измеряемой системой «Селох». При увеличении активности кислорода в стали от 400 до 1000 ppm содержание кальция в готовой стали снижалось от 75 до 50 ppm.

Подтверждено влияние модифицирования стали А 36 присадкой карбида кальция CaC_2 на процесс десульфурации стали. При активности кислорода в 900 ppm степень десульфурации стали η_{S} в результате модифицирования увеличивается в среднем на 8 %.

Применение комплексной внепечной обработки судовой стали А 36 с модифицированием карбидом кальция CaC_2 позволяет снизить затраты на производство заготовки из этой стали. Так, полученные зависимости степени усвоения алюминия от окисленности стали с учетом рассмотренных вариантов модифицирования показали, что применение CaC_2 в количестве 0,34 кг/т стали, увеличивает степень усвоения

алюминия на 8 %. Интегрированный поэтапный расход алюминия на производство судовой стали марки А 36 в результате применения комплексной внепечной обработки металла с использованием модифицирования карбидом кальция был снижен на 0,22 кг/т. Экономический эффект за счет экономии алюминия в результате модифицирования конвертерной стали А 36 карбидом кальция по результатам опытных плавов составил 1,76 грн/т.

УДК 669.168

**С. Г. Мельник¹, А. И. Троцан², В. И. Курпас³, Л. С. Тихонюк⁴, Б. Ф. Белов²,
И. Л. Бродецкий²**

¹Приазовский государственный технический университет, г. Мариуполь

²Институт проблем материаловедения НАН Украины, г. Киев

³Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, г. Киев

⁴ММК им. Ильича, г. Мариуполь

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА КОНВЕРТЕРНОЙ СТАЛИ С КОМПЛЕКСНЫМ РАСКИСЛЕНИЕМ

Результаты термодинамического и кинетического анализов продувки металла в конвертере технически чистым кислородом с содержанием последнего не менее 99,5 % в условиях выплавки стали «с передувом» подтверждают наличие сверхравновесного кислорода в получаемом полупродукте. Экспериментально определяемое количество сверхравновесного, или свободного, кислорода в металле при помощи устройств для контроля окисленности стали УКОС – 1 и «Селох» составляет 0,140 – 0,060 %.

Для удаления кислорода, как в свободном виде, так и в соединениях, из жидкого металла производят раскисление металла добавками раскислителей. Основным раскислителем при производстве стали является алюминий, около 85 % которого «угорает», или безвозвратно теряется, при раскислении. Раскисление, как правило, выполняется присадкой первичного или вторичного алюминия в металл при выпуске из конвертера в сталеразливочный ковш. Эффективность раскисления определяется по остаточному содержанию алюминия в готовой стали.

Вместе с тем разработаны и применяются при выплавке стали другие процессы и материалы, позволяющие снизить затраты на раскисление стали и затраты на