УДК 669.568.567

Е.Е.Барышев, В.С.Цепелев, Г.В.Тягунов, Б.А.Баум

Уральский технический университет, г.Екатеринбург

РАЗРАБОТКА ТЕМПЕРАТУРНО-ВРЕМЕННЫХ РЕЖИМОВ ПЛАВКИ КАЧЕСТВЕННЫХ СТАЛЕЙ С КОМПЛЕКСНЫМ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЫРЬЕВЫХ РЕСУРСОВ

Изучены температурные зависимости кинематической вязкости жидких нержавеющих сталей 10Х23Н18 и 20Х23Н18. Установлено существование критических температур, нагрев выше которых сопровождается необратимыми изменениями структурного состояния расплава. Предложена модель строения жидких нержавеющих сталей. Разработаны температурно-временные режимы выплавки нержавеющих сталей, обеспечивающие экономию сырьевых ресурсов и повышение качества металлопродукции.

The temperature dependencies of liquid stainless steel kinematics viscosity have been studied. The existence of critical temperatures, heating above which, results in irreversible changes of the melt steel structural state has been found. The physical model of liquid stainless steels structure was proposed. The time-temperature conditions of stainless steel melting were worked out, providing the materials saving and metal quality increase.

Хромоникелевые окалиностойкие стали аустенитного класса типа 10Х23Н18 и 20Х23Н18 широко применяются для изготовления деталей аппаратов, работающих при температурах до 1100 °С. Основным методом их производства является переплав легированных отходов с окислением газообразным кислородом.

При обезуглероживании металла кислородом могут быть достигнуты очень низкие концентрации углерода, но наряду с окислением углерода интенсивно окисляется и хром. Поэтому технология выплавки нержавеющих сталей в открытых дуговых печах включает целый комплекс мероприятий, направленных на уменьшение угара хрома при окислительной продувке:

- продувку кислородом под током и окончательное глубокое обезуглероживание железо-хромоникелевого расплава кислородно-аргонной смесью;
- переход к восстановительному периоду без скачивания окислительного шлака;
- плавление феррохрома за счет избыточного тепла металла в конце продувки и окончательное раскисление и рафинирование металла продувкой инертным газом в ковше.

Для охлаждения металла перед выпуском из печи до температуры, принятой в технологии выплавки сталей, сразу после окончания продувки в печь загружают твердые отходы той же марки стали или близких к ней по химическому составу в количестве от 100 до 200 кг/т. Состав стали после окончания продувки корректируют без- или низкоуглеродистым феррохромом. Расход его определяется расчетным содержанием хрома в металлозавалке. В связи с тем, что суммарное количество охладителей, присаживаемых в печь после окончания продувки, составляет около 25-30 % от массы металлозавалки, его достаточно для охлажде-

ния жидкого металла со скоростью 70-100 °С/мин до температур выпуска из печи. Поэтому растворение и усвоение большей части хрома в металле и распределение его по объему ванны происходит в интервале указанных температур (от температуры продувки до температуры разливки). Одновременно с растворением хрома в широких пределах изменяется химический состав металла и его свойства, повышается неоднородность расплава. Нерегламентируемые условия восстановления хрома из шлака, особенно изменяемая в ходе охлаждения температура жидкого металла, существенно снижает качество жидкой и, соответственно, твердой стали.

Известно, что в зависимости от условий выплавки жидкий металл может находиться в различных структурных состояниях. После расплавления он микронеоднороден и неравновесен, содержит фрагменты, наследующие строение существовавших в твердом металле фаз. При нагреве до определенных температур происходит переход такого расплава к микрооднородному равновесному состоянию. Поскольку процесс перехода системы в состояние равновесия в результате ее нагрева происходит немонотонно и сильно ускоряется при достижении критических температур, нагрев металла до этих температур является главной особенностью прогрессивных технологий. При охлаждении подготовленного таким образом жидкого металла его исходная (неравновесная) структура не восстанавливается, т.е. перед кристаллизацией строение расплава оказывается равновесным или близким к нему и существенно отличается от исходного. Это означает, что от состояния расплава будут существенно зависеть и процессы растворения и усвоения хрома в ходе плавки.

Методом крутильных колебаний тигля с расплавом изучены температурные зависимости кинематической вязкости сталей 10Х23Н18 и 20Х23Н18 в жидком состоянии. Установлено существование критических температур, нагрев выше которых сопровождается необратимыми изменениями состояния расплава. Основываясь на квазихимической модели микронеоднородного строения расплава, предложен механизм изменения структуры жидких сталей типа Х23Н18.Анализ полученных политерм свидетельствует, что жидкие нержавеющие стали могут находиться в различных состояниях, температурные области существования которых частично перекрываются.

На основании результатов анализа температурных зависимостей физико-химических свойств жидкого металла предложены оптимальные температурно-временные режимы плавки нержавеющих сталей типа 10-20Х23Н18. На Златоустовском металлургическом заводе в открытых дуговых печах проведены опытно-промышленные плавки по предлагаемой и существующей технологиям.

Сравнительный анализ полученных результатов показал следующее:

- содержание цветных и вредных примесей не изменилось;
- пределы содержания в металле химических элементов несколько сузились;
- количество и размеры неметаллических включений – оксидов, сульфидов, хрупких силицидов – существенно уменьшились;
- возросла плотность литого металла с 7891 до 7909 кг/м^3;
- улучшилась микроструктура деформированного металла (средний балл по центральной пористости снизился с 0,74 до 0,53, а по точечной неоднородности с 0,93 до 0,75);
- бездефектная прибыльная часть слитков, полученных по новой технологии, на 2 % больше;
- улучшились механические свойства металла при комнатной температуре и температурах горячей пластической деформации.

Сравнение технико-экономических показателей показало, что предлагаемая технология при незначительном росте времени продувки стали сокращает длительность плавки с 200 до 190 мин. Снизились потери хрома со шлаком: усвоение хрома возросло с 90 до 94 %. Использование для шихтовки при выплавке сталей 10-20Х23Н18 легированных отходов с повышенным содержани-

ем хрома позволило сократить расход мало- и безуглеродистого феррохрома.

Таким образом, на основании исследования физико-химических свойств расплава разработана научно обоснованная технология выплавки нержавеющих сталей, позволяющая экономить сырьевые ресурсы и улучшать технологические и служебные свойства металлопродукции. Предложенная технология прошла успешное опытно-промышленное опробование на Златоустовском металлургическом заводе.