

Л. Ю. Назюта<sup>1</sup>, М. П. Орличенко<sup>2</sup>, И. Н. Костыря<sup>2</sup>, И. А. Калита<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь»,

<sup>2</sup>ПАО «МК «АЗОВСТАЛЬ», г. Мариуполь

## ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ РАСКИСЛЕНИЯ И МИКРОЛЕГИРОВАНИЯ ТИТАНОСОДЕРЖАЩИХ СТАЛЕЙ

В черной металлургии титан преимущественно используют для микролегирования и модифицирования стали. Это обусловлено специфическими свойствами карбидов и нитридов титана, которые имеют высокую температуру плавления и прочность. Так, например, температура плавления нитрида титана — 2950, карбида титана – 3150°С.

Титан относится к сильным ферритообразующим элементам. Введение титана способствует повышению хладностойкости стали, дисперсионному упрочнению за счет получения мелкозернистой структуры стали и модифицирования неметаллических включений, в том числе сульфидов.

В условиях МК «Азовсталь» титан используют при производстве низколегированных конструкционных (А154В, S355, 16Х2ГСБ, К-56) и трубных сталей (Х70, 09Г2С и др.) При производстве низкоуглеродистых сталей в отсутствие условий глубокого обезуглероживания титан используют для связывания углерода и азота в прочные карбиды и нитриды титана. В этих сталях содержание титана составляет 0,02 – 0,04%.

При оптимизации технологии выплавки титаносодержащих сталей следует учитывать, что титан обладает относительно высокой раскислительной способностью. По своей раскислительной способности он располагается между алюминием и кремнием. При температуре 1600°С и содержании титана в металле около 0,01% в равновесии с ним будет находиться (4-8) 10<sup>-3</sup>% кислорода. Согласно экспериментальным данным фактическое содержание кислорода выше и составляет 0,035%

Однако, учитывая высокую стоимость титана (в 1,8 – 2,6 раз больше алюминия) в качестве раскислителя его практически не используют. Основное назначение титана – формирование мелкодисперсной структуры и упрочнение стали по механизму дисперсионного твердения. Поэтому для предотвращения окисления и повышения степени усвоения титана производят предварительное раскисление

металла более сильным раскислителем (алюминием) или углеродом методом вакуум – углеродного раскисления. Последний способ наиболее эффективен при выплавке качественных особо низкоуглеродистых чистых сталей.

Влияние титана на свойства стали определяется остаточным содержанием алюминия в металле. При содержании алюминия более 0,015% титан является основным нитридообразующим элементом, при этом прочностные свойства металла резко повышаются.

Следует отметить, что при выплавке низкоуглеродистых, в том числе автолитовых сталей титан может оказывать негативное влияние на процесс непрерывной разливки стали. Во избежание этого используют двойную стабилизацию: азот связывают титаном, а углерод – ниобием (ванадием). Поэтому в большинстве титаносодержащих сталях кроме титана содержатся ниобий и/или ванадий. Совместный ввод ниобия, ванадия и титана ведет к образованию комплексных образований, так как карбиды и нитриды этих элементов имеют одинаковую структуру решетки.

Технологию выплавки титаносодержащих сталей изучали на примере низкоуглеродистой трубной стали X70, среднеуглеродистой конструкционной A514B и низкокремнистой B431.

Проанализированы особенности раскисления указанных типов стали, в т. ч. за счет использования при раскислении металла в сталеразливочном ковше углеродосодержащих материалов. Показано, что такой способ позволяет стабилизировать окисленность металла перед началом его обработки на АКП и существенно снизить расхода алюминия, но требует дальнейшего изменения технологии раскисления.

Показано, что с целью снижения угара титана и повышения качественных показателей низкоуглеродистой стали его ввод следует осуществлять после окончательного раскисления металла алюминием при содержании в металле не менее 0,022 % кислоторастворимого алюминия совместно с присадкой алюминия (при соотношении алюминия и титана не менее 0,8 ед). При производстве средне и высокоуглеродистой стали содержание кислоторастворимого алюминия в период ввода титана должно быть более 0,012 %, а соотношение алюминия и кальция не менее 1,2 ед.