

Климанчук В.В.*

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ МИКРОЛЕГИРОВАНИЯ СТАЛИ ТИТАНОМ

Разработана технология микролегирования стали титаном путем ввода в металл сталеразливочного ковша порошковой проволоки с губчатым титаном. Новая технология обеспечивает более высокое усвоение титана и получение его содержания в стали в более узких пределах.

Введение титана в малоуглеродистую листовую сталь в количестве около 0,02-0,05 % приводит к улучшению свариваемости стали, повышению величины отношения предела текучести к пределу прочности, главным образом благодаря измельчению зерна и растворению некоторого количества карбида титана при температуре прокатки [1-3]. Небольшие добавки титана усиливают влияние ванадия на твердость и прочность марганец – ванадиевых сталей.

На МК им. Ильича производят ряд марок сталей, которые микролегированы титаном в пределах 0,010% - 0,030%. Это – штрипсовые марки стали: 09Г2ФБ, 10Г2ФБ, 13Г1СУ, 13ГС, 09Г2С, Х65, Х70, К-60; стали для судостроения – ЕА32, Е32, ЕН36, Е36, ЕН40, Е40 и другие.

Титан при содержании свыше 0,05 % отрицательно влияет на пластичность и ударную вязкость стали в состоянии после прокатки [1,2,4]. Следовательно, высокого содержания титана в стали следует избегать.

Таким образом, при производстве низколегированных марок сталей, содержащих титан, следует обеспечить содержание титана в готовой стали на уровне 0,015-0,035 % и алюминия 0,020-0,050 %.

Получение указанных пределов данных элементов в условиях МК им. Ильича, при отсутствии агрегата печь-ковш и вакууматора, является сложной металлургической задачей.

Использование для легирования стали в ковше кускового ферротитана, ФТи70 не позволяет с большой степенью воспроизводимости обеспечить заданное содержание титана из-за низкого и нестабильного усвоения титана. Нестабильное усвоение титана связано со значительной окисленностью металла при его выпуске из конвертера и наличием на поверхности ковша конечного конвертерного шлака, количество которого определяется состоянием сталевыпускной летки.

Количество конечного шлака, попавшего в ковш определяет содержание FeO в покровном шлаке и соответственно угар легирующих элементов, титана и алюминия, во время доводки металла на АДС.

Целью данной работы была разработка технологии микролегирования стали титаном, которая обеспечивает повышение степени усвоения титана а также получение содержания титана в готовой стали в узких пределах.

Для снижения угара титана во время присадки ферросплава, на комбинате им. Ильича разработан способ легирования стали титаном при помощи порошковой проволоки [5]. Проволока изготавливается на проволочном стане конструкция которого разработана специалистами комбината. Проволока состоит из измельченного губчатого титана фракцией до 2 мм и содержанием титана более 92 %, заключенного в оболочку из стали толщиной 0,5 мм. Диаметр проволоки 13 мм. В 1 погонном метре проволоки содержится 0,195 кг губчатого титана. Проволока сматывается в бунт весом до 1000 кг. Подача проволоки в ковш производится при помощи трайб-аппарата. Скорость подачи проволоки подбирается таким образом чтобы расплавление оболочки происходило в нижних горизонтах ковша, что обеспечивает растворение титана непосредственно в объеме жидкой стали исключая его контакт с покровным шлаком.

* ОАО «ММК им.Ильича», канд. техн. наук

На опытных плавках порошковая проволока с губчатым титаном вводили в сталь со скоростью 150-300 м/мин. Это обеспечивало плавление порошковой проволоки и высвобождение титана в нижних горизонтах ковша. При малой скорости ввода порошковой проволоки с титаном, как, например в работе [6], где вводили порошковую проволоку с ферротитаном со скоростью 60-80 м/мин, порошковая проволока расплавляется в верхних слоях ковша, что приводит к пониженной и нестабильной степени усвоения титана. Замена ферротитана на губчатый титан также повышает степень усвоения титана.

Легирование титаном производилось на агрегате доводки стали (АДС) после доводки стали по алюминию.

Для повышения усвоения титана были приняты меры по защите струи металла от вторичного окисления во время разливки стали на МНЛЗ. В настоящее время применяется комбинированная защита струи с использованием огнеупорных материалов и аргона. Аргон подается в защитную трубу сталковша и погружной стакан промковша.

Опытные плавки с вводом порошковой проволоки с титаном в конце внепечной обработки характеризуются более высоким и стабильным усвоением титана (рис.1).

Среднее усвоение титана на опытных плавках составляло 73 %, в то время как на сравнительных плавках с применением кускового ферротитана ФТи 70 только 46 %.

Кроме того, отмечается уменьшение разброса содержания титана от среднезаданного значения (рис.2).

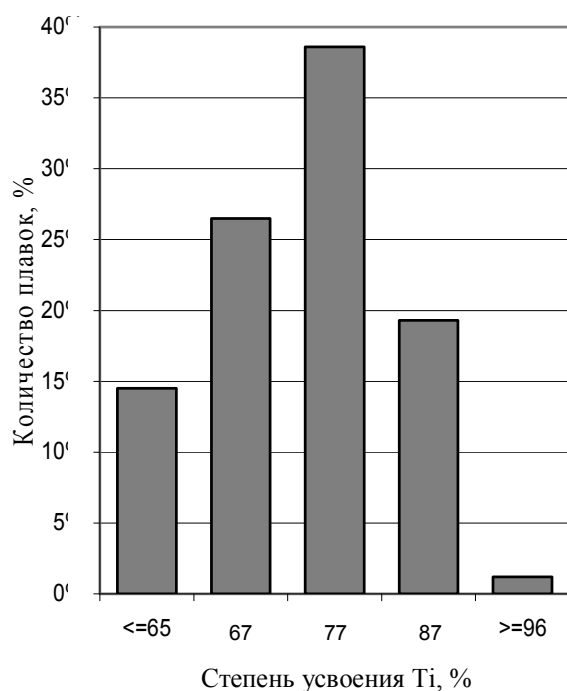


Рис. 1 - Распределение степени усвоения титана на опытных плавках

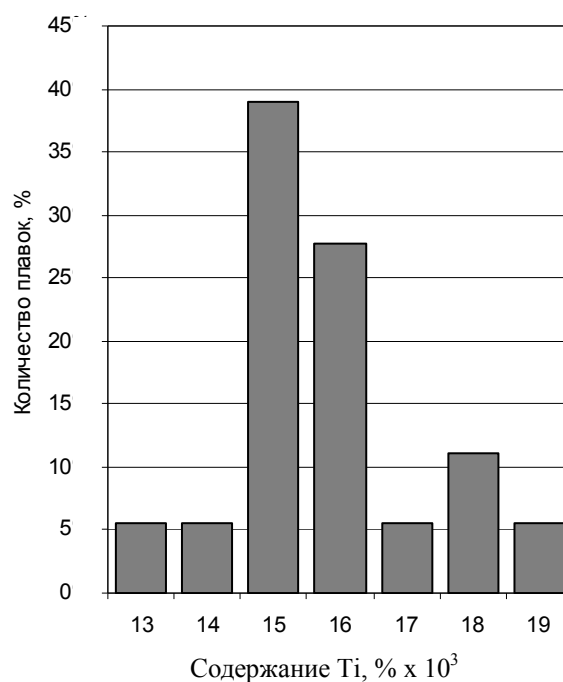


Рис. 2 - Частотная характеристики распределения содержания титана в готовой стали марки S355J2G3

Около 80 % плавков показали содержание титана в готовой стали 0,014-0,017 %.

Отклонение от среднего содержания титана на опытных плавках составляет 0,003 %, на сравнительных – 0,004 %.

В процессе проведения опытных плавках установлена зависимость усвоения титана от таких технологических факторов как длительности продувки (рис.3) и содержания алюминия в стали перед вводом титана (рис.4),

Увеличение длительности продувки стали в ковше аргоном приводит к увеличению окисления титана и, соответственно, к понижению степени его усвоения (рис. 3).

Увеличение содержания алюминия в стали перед вводом титана приводит к снижению окисления титана, т.к. окисляется в первую очередь алюминий. Это обеспечивает увеличение степени усвоения титана при более высоком содержании алюминия в стали перед вводом титана (рис. 4).

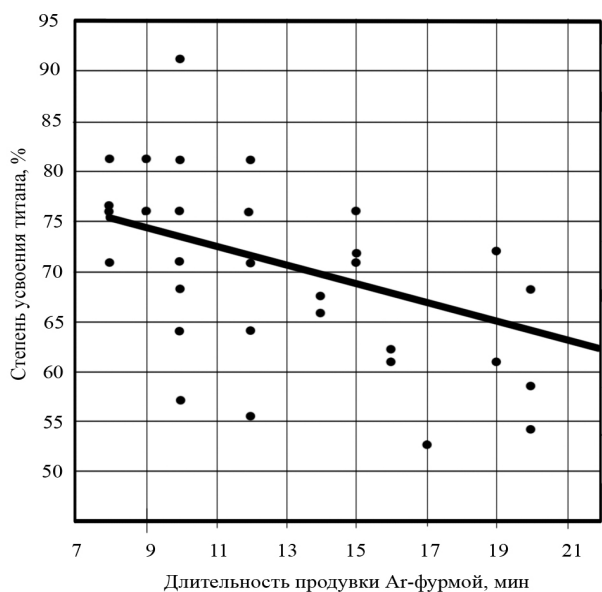


Рис.3 - Зависимость степени усвоения титана от длительности продувки аргоном.

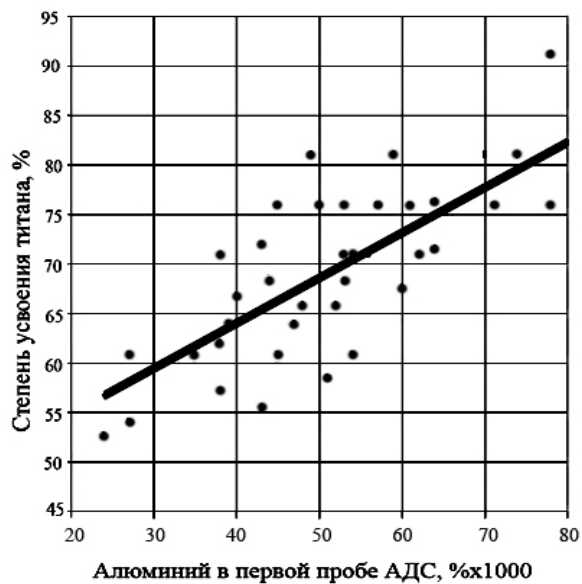


Рис. 4 - Зависимость степени усвоения титана от содержания алюминия в 1-й пробе АДС.

Влияние температуры металла в ковше на степень усвоения титана по данным 32 опытных плавок представлено на рис. 5.

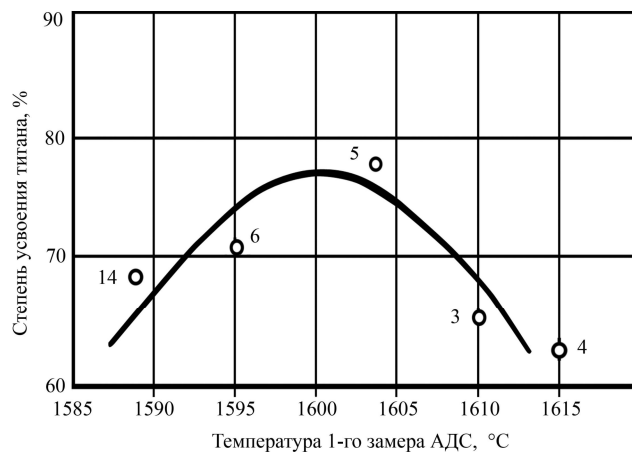


Рис. 5- Зависимость степени усвоения титана от температуры металла (1-й замер АДС)

При повышенной температуре металла, окисление введенного титана увеличивается и, соответственно, снижается степень его усвоения. В то же время, более высокая температура металла обеспечивает быстрое растворение титановой губки. Очевидно, оптимальная температура металла в ковше, которая обеспечивает быстрое растворение титановой губки и высокую степень усвоения титана, находится в пределах 1600...1605 °C (рис. 5).

Исходя из найденных зависимостей влияния технологических факторов на степень усвоения титана, установлен оптимальный вариант ввода порошковой проволоки с титановым наполнителем. Для обеспечения максимального усвоения титана необходимо производить легирование после предварительной доводки металла в ковше по температуре и химическому составу. При этом следует обеспечить содержание алюминия не менее 0,045-0,055 % и температуру металла 1600...1605 °С.

После ввода титановой проволоки необходимо производить усреднительную продувку аргоном в течении 1-2 мин. Установленная длительность продувки обеспечивает равномерное распределение титана в объеме ковша что подтверждается контрольными пробами отобранными от готовых слябов.

Исследование целесообразно продолжить в направлении уточнения режима ввода порошковой проволоки с губчатым титаном в зависимости от температуры металла.

Выводы

Микролегирование стали титаном с помощью порошковой проволоки, содержащей губчатый титан, и вводимой в сталь со скоростью 150-300 м/мин обеспечивает более высокое усвоение титана сталью.

Данный способ обеспечивает получение заданного содержания титана в стали в более узких пределах по сравнению с микролегированием стали кусковыми ферросплавами.

Использование для микролегирования стали порошковой проволоки с губчатым титаном также экономически целесообразно, т.к. при этом усвоение титана, по сравнению с присадкой кускового ферротитана, увеличивается с 46 % до 73 %.

Перечень ссылок

1. *Матросов Ю.И.* Механизмы влияния микродобавок ванадия, ниобия и титана на структуру и свойства малоперлитных сталей // *МиТОМ.*–1984.– №11.– С. 13-22.
2. *Матросов Ю.И.* Комплексное микролегирование малоперлитных сталей, подвергаемых контролируемой прокатке // *МиТОМ.*– 1986.– № 3.– С. 10-17
3. Modern technology for ERW linepipe steel production (X60 to X80 and beyond) / *J.G. Williams, C.R. Killmore, F.J. Barbara et al.* // *Microalloying '95. Proceedings of the International Conference "Microalloying '95" held Pittsburgh, PA.– USA.– June 11-14.– 1995.–P.117 - 139.*
4. Повышение качества низколегированной непрерывнолитой стали микролегированной титаном и кальцием / *О.В. Носоченко, Ю.Я. Скок, И.Д. Буга* и др. // *Металл и литье Украины.*– 1998.– №7-8.–С.33-35
5. Спосіб позапічного легування сталі титаном / *В.С. Буцько, В.В. Климанчук, О.О. Ларіонов, Б.В. Небога* / Деклараційний патент на корисну модель. UA 12105 U. від 16.01.2006.– Бюл. №1.– 2006 р.
6. Преимущества микролегирования стали титаном с помощью порошковой проволоки / *А.Ф. Каблуковский, С.И. Ябуров, А.Н. Никулин* и др. // *Металлург.* – 1999. – № 9. –С.18-22.

Статья поступила 24.03.2006