

Е.А. Кривоносова, Е.С. Саломатова, О.А. Рудакова

Пермский государственный технический университет

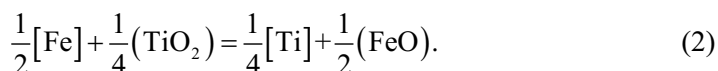
ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ЭЛЕКТРОДНОГО ПОКРЫТИЯ НА ПРОЦЕССЫ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ В СВАРНЫХ ШВАХ ВЫСОКОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ

Представлены результаты влияния состава электродного покрытия на процесс структурообразования в сварных швах стали типа X18H10T. Установлено влияние состава электродного покрытия на структуру и свойства сварных соединений легированных сталей.

Высокий комплекс механических и коррозионных свойств достигается при использовании высоколегированной стали типа X18H10T. Свойства сварных соединений таких сталей определяются, в первую очередь, свойствами металла шва, поэтому особый интерес представляет изучение процессов структурообразования металла сварного шва.

На металлургические процессы в зоне шва и структурообразование металла сварного шва, а следовательно, уровень механических свойств оказывает влияние состав электродного покрытия. Поэтому исследование процессов модифицирования и структурообразования металла сварных швов высоколегированной стали X18H10T, полученных при ручной дуговой сварке плавящимися электродами с различным видом покрытия – рутиловым (ОК 61.30) и основным (ЦЛ 11), является актуальной задачей.

Дополнительное легирование сварного шва титаном и марганцем осуществляли через электродное покрытие. Степень дополнительного легирования титаном и марганцем через электродное покрытие определялась расчетом равновесного содержания этих компонентов в стали X18H10T под шлаком заданного состава (табл. 1) при различных температурах в соответствии с реакциями (1) и (2):



При этом запись в круглых скобках означает содержание элемента в шлаковой фазе, а в квадратных скобках – в металлической фазе.

Таблица 1

**Состав шлака при сварке электродами
с различным типом покрытия**

Вид покрытия	MnO	SiO	CaO	Al ₂ O ₃	FeO	MgO	TiO ₂	CaF ₂
	мас. %							
Основное покрытие (ОК 61.30)	20	20	30	10	4	–	–	16
Рутиловое покрытие (ЦЛ 11)	8	22,4	10	6,2	3,9	2,1	40,6	–

Итоговые зависимости для расчета содержания Ti и Mn в стали X18H10T в равновесных условиях с заданным покрытием (3), (4):

$$\ln X_{[\text{Ti}]} = -\frac{\Delta G_{T,1}^0}{2,3RT} + \lg \gamma_{(\text{TiO}_2)} + \lg X_{(\text{TiO}_2)} - \lg X_{[\text{Ti}]} - 2 \cdot \lg \gamma_{(\text{FeO})} - 2 \cdot \lg X_{(\text{FeO})}, \quad (3)$$

$$\ln X_{[\text{Mn}]} = -\frac{\Delta G_{T,2}^0}{2,3RT} + \lg \gamma_{(\text{MnO})} + \lg X_{(\text{MnO})} - \lg X_{[\text{Mn}]} - \lg \gamma_{(\text{FeO})} - \lg X_{(\text{FeO})}, \quad (4)$$

где $\Delta G_{T,1}^0$ – термодинамический потенциал Гиббса (изменение энергии Гиббса); R – газовая постоянная 8,31 Дж/моль·К; T – заданная температура; $\gamma_{(i)}$ – коэффициент активности элемента i в разбавленном растворе; $X_{(i)}$ – равновесное содержание элемента i в сплаве, мол. доли;

Полученные результаты расчетов степени дополнительного легирования металла сварного шва титаном и марганцем приведены в табл. 2.

Такой уровень содержания титана в сварном шве предполагает его действие не только как раскислителя, но и как модификатора структуры, что согласуется с выводами работы [1] об образовании модифицирующих карбонитридных фаз титана в сварном шве в условиях температурного цикла сварки. Результаты термодинамических прогнозов подтверждаются исследованиями микроструктуры на поперечных шлифах образцов сварных швов, выполненных электродами с основным (ЦЛ 11) и рутиловым (ОК 61.30) видами покрытий.

Таблица 2

**Результаты расчетов степени дополнительного легирования
металла сварного шва через электродное покрытие**

Температура T , К	Расчетное содержание Ti, мас. %	Расчетное содержание Mn, мас. %
1873	0,054	0,02
2100	0,180	1,72

Структура швов, выполненных электродами с основным видом покрытия (рис. 2, б), более гомогенная по сравнению со структурой швов, выполненных

электродами с рутиловым видом покрытия (рис. 2, *а*), где прослеживается резкая структурная дезориентация по направлению осей роста кристаллов.

Это, по-видимому, объясняется модифицирующим действием карбонитридных фаз титана при сварке электродами с рутиловым видом покрытия (ОК 61.30).

На рис. 3 показан в сравнении уровень загрязненности неметаллическими включениями металла сварных швов, выполненных электродами с рутиловым (рис. 3, *а*) и основным (рис. 3, *б*) видом покрытия.

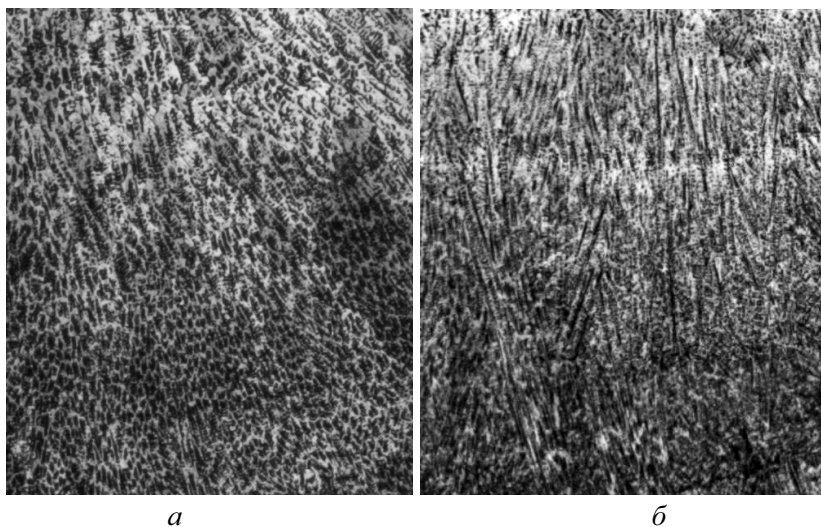


Рис. 2. Структура сварных швов, выполненных рутиловым (*а*) и основным (*б*) видом покрытия, $\times 1000$

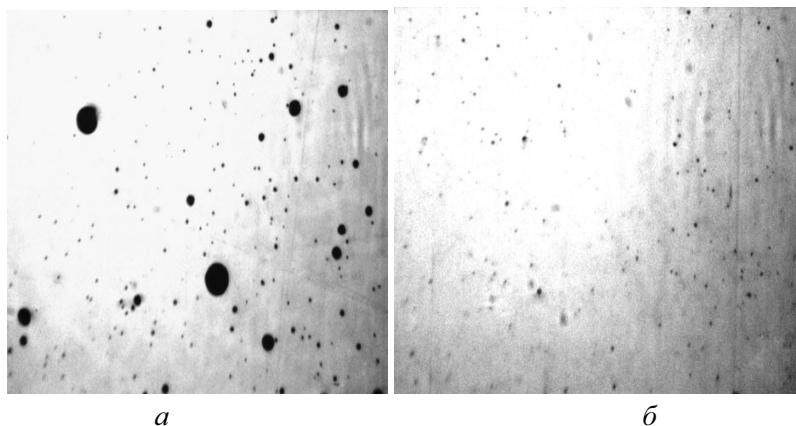


Рис. 3. Неметаллические включения в структуре металла сварных швов, выполненных электродами рутилового ОК 61.30 (*а*) и основного ЦЛ 11 (*б*) видами покрытий, $\times 450$

При статистическом анализе распределения неметаллических включений (рис. 4) было обнаружено, что при сварке электродами с рутиловым видом покрытия (ОК61.30) концентрация неметаллических включений примерно в 6 раз выше (рис. 5), чем при сварке электродами с основным видом покрытия (ЦЛ 11).

Это, по-видимому, объясняется усиленным эффектом раскисления и рафинирования марганца при дополнительном легировании при сварке электродами с основным видом покрытия [2].



Рис. 4. Статистический анализ загрязненности неметаллическими включениями швов: *а* – выполненных электродами с рутиловым покрытием ОК 61.30; *б* – основным видом покрытия ЦЛ 11

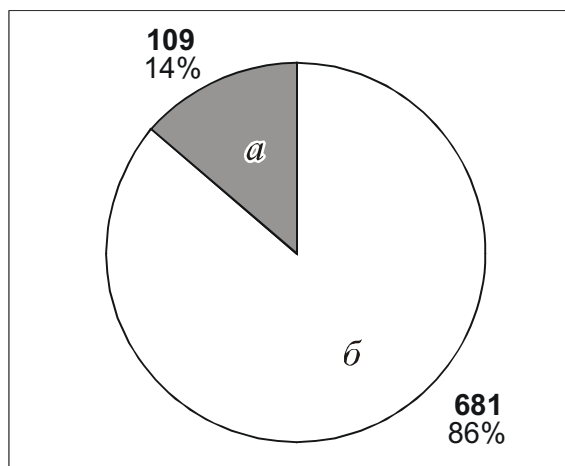


Рис. 5. Сравнительный уровень загрязненности неметаллическими включениями металла образцов с рутиловым и основным покрытием на площади 0,001 мм²: *а* – швы, выполненные электродами с основным типом покрытия; *б* – швы, выполненные электродами с рутиловым типом покрытия

Следовательно, активное вмешательство в металлургические процессы, протекающие при сварке в металле шва, через покрытие электрода позволяет получить заданный уровень механических свойств.

Список литературы

1. К проблеме рационального микролегирования сварного шва титаном / Е.А. Кривоносова, В.В. Уточкин, В.М. Язовских // Сварочное производство. – 2001. – № 5. – С. 6–9.

2. Язовских В.М. Свариваемость легированных сталей / Перм. гос. техн. ун-т. – Пермь, 2004. – 204 с.

Получено 1.02.2010