Министерство образования и науки Украины

Запорожский национальный технический университет

*Кафедра ОТСП*

ОТЧЕТ ПО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

**Улучшение качественных характеристик металла шва за счет повышения чистоты шихтовых материалов**

*Выполнил:*

ст. гр. ИФ-329 П.Ю. Горбань

*Руководитель:*

проф. В.С. Попов

*Принял:*

доц. В.А. Гук

**2002**

# содержание

Содержание 2

Введение 3

1. Исследование структуры и свойств наплавленного металла 4

1.1 Исследование химического состава наплавленного металла 4

1.2 Исследование неметаллических включений в металле шва 6

1.3 Механические свойства наплавленного металла 6

Заключение 8

Перечень ссылок 9

# Введение

В современных условиях производства машин, агрегатов и металлоконструкций самого различного назначения сварка, как метод получения неразъемных соединений, остается ведущим технологическим процессом.

Эксплуатационная надежность сварных швов и стабильность их физико-механических свойств зависят от качества и постоянства состава исходного сырья, используемого для изготовления электродов. Для получения высоких свойств наплавленного металла промышленностью выпускается сварочная проволока с достаточно низким содержанием газов, серы, фосфора и других вредных примесей. По специальному заказу изготавливают проволоку из стали, выплавленной в вакуумно-индукционных печах, подвергнутой электрошлаковому или вакуумно-дуговому переплаву [1].

Получение металла шва с минимально возможным содержанием кислорода и оксидных включений достигается путем одновременного раскисления металла алюминием, титаном, кремнием и марганцем, вводимыми в покрытие в виде ферросплавов [2]. Однако содержание кислорода и оксидных включений при этом остается еще достаточно высоким [3]. Для снижения содержания кислорода в металле шва и с целью влияния на процесс зарождения включений, их форму, дисперсность и состав, обычно используются сильные раскислители и модификаторы – церий, цирконий, иттрий, барий, кальций [3,4,5,6]. Применение таких активных элементов в покрытии сварочных электродов усложняет технологический процесс подготовки шихты. Операции дробления, смешивания и пассивирования компонентов сопровождается большой потерей этих элементов на окисление [7].

Во многих отраслях промышленности при изготовлении ответственных деталей из низколегированных сталей применяются электроды с основным покрытием типа УОНИ-13. Сварочные электроды с фтористо-кальциевым покрытием имеют существенные преимущества перед всеми другими при сварке конструкций ответственного назначения [1]. Электроды типа УОНИ-13 характеризуются более низким содержанием газов в наплавленном металле по сравнению с электродами других видов, малая окислительная способность покрытий обеспечивает более полный переход легирующих элементов в металл сварочного шва.

В наплавленном металле наблюдается и прирост примесей цветных металлов, серы и фосфора, по сравнению содержанием в проволоке, за счет перехода их из обмазки электрода. Это обусловлено тем, что в некоторых ферросплавах, используемых в качестве составляющих покрытия, содержание серы и фосфора в 1.5÷5.0 раз больше, чем в сварочной проволоке [8]. Доля таких компонентов в покрытиях электродов обычно составляет 15÷30 %. В работе [9] установлено, что при наплавке электродами фтористо-кальциевого типа в шлак переходит фосфора 0.001÷0.002 %, серы 0.0013÷0.004% по отношению к массе расплавленного стержня. Следовательно, гарантировано низкое содержания серы и фосфора в металле сварного шва возможно лишь за счет снижения концентрации этих примесей в компонентах покрытия электродов. В состав электродных покрытий фтористо-кальциевого типа в основном входит ферротитан, ферромарганец и ферросилиций. Причем наибольшую долю из них занимает ферротитан до 15%. Поэтому газонасыщенность ферротитана и содержание в нем таких примесей как сера, фосфор и цветные металлы существенно влияют на свойства металла сварных швов [2]. Для улучшения свойств сварных швов необходимо использовать в сварочных электородах ферротитан высокого качества с низким содержанием газов и примесей цветных металлов. Следовательно, актуальной задачей материаловедения и сварки является разработка материалов и технологий, позволяющих улучшить структуру и свойства наплавленного металла за счет улучшения качества сварочных электродов.

В связи с выше изложенным для улучшения структуры и свойств наплавленного металла, предложено, при изготовлении электродов типа УОНИ-13 использовать комплексную лигатуру, полученную сплавлением электрошлаковым способом отходов титана с серийными ферросплавами, с использованием эффекта рафинирования активными шлаками.

# 1. Исследование структуры и свойств наплавленного металла

Для исследования влияния состава ферротитана на свойства наплавленного металла были изготовлены три партии электродов УОНИ 13/55 с различными по составу и способу производства ферросплавами:

партия А – по рецептуре с использованием алюминотермического ферротитана ФТи30А и ферросплавов промышленного производства.

партия Б – по рецептуре А с заменой ферротитана алюминотермического способа производства ФТи35А на ферротитан электрошлаковой выплавки ФТШ45.

партия В – по рецептуре А с заменой всех ферросплавов промышленного производства на 12% опытного комплексно-легированного ферротитана К-2.

Пассивирование сплава К-2 производили в муфельной печи при температуре 350° С в течение 30 мин. Исследование технологического процесса приготовления обмазочной массы и нанесения ее методом опрессовки для всех трех партий электродов, а также процесса возбуждения и горения дуги показало, что каких либо различий в технологичности при изготовлении и наплавке металла между электродами партий А, Б и В не наблюдается [10].

## 1.1 Исследование химического состава наплавленного металла

Химический состав металла, наплавленного электродами с покрытиями, содержащими ферротитан разного способа производства, имеет некоторые различия [9] (табл. 1.1, 1.2.).

Таблица 1.1 – Химический состав наплавленного металла

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Партия электродов | Массовая доля элементов, % | | | | |
|  | С | Si | Mn | S | P |
| А | 0,09 | 0,05 | 1,0 | 0,020 | 0,020 |
| Б | 0,10 | 0,030 | 0,80 | 0,020 | 0,022 |
| В | 0,09 | 0,035 | 1,0 | 0,014 | 0,016 |
| Паспортный состав | 0,08-0,11 | 0,2-0,5 | 0,6-1,2 | ≤0,022 | ≤0,024 |

Как видно из приведенной таблицы, химический состав металла, наплавленного электродами всех исследованных в работе партий, соответствует требованиям паспорта электродов УОНИ 13/55. Более низкое содержание Si и Mn в металле, наплавленном электродами партии Б и В получено в результате большего вовлечения этих элементов в реакции раскисления металлической ванны, при меньших содержаниях Аl в покрытии электродов партии Б и В (0,14%) в сравнении с покрытием А (0,96%). Более высокая концентрация Si, Mn и Тi в металле партии В в сравнении с Б свидетельствует о меньших потерях этих элементов на поверхностное окисление в процессе изготовления электродов при использовании сплава К-2. В металле, наплавленном электродами партии В, содержится наименьшее количество примесей S и P, что является следствием применения комплексно-легированного ферротитана К-2, при получении которого методом ЭШВ использовались отходы титана, содержащие малое количество этих примесей, а промышленные ферросплавы ФМн1 и ФС 45 были рафинированы по S и P высокоосновным флюсом в процессе выплавки.

При этом, в наплавленном металле снижается не только количество S и P, газов (О и N), а также и примесей цветных металлов [8] (табл.1.2).

Таблица 1.2 – Содержание газов и примесей цветных металлов в наплавленном металле

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Партия  электродов | Массовая доля элементов, % | | | | |
|  | O | N | Ti | Cu | Sn |
| А | 0,050 | 0,0073 | 0,011 | 0,1 | 0,01 |
| Б | 0,046 | 0,0062 | 0,018 | 0,08 | 0,005 |
| В | 0,040 | 0,0065 | 0,020 | 0.08 | 0,005 |

При производстве ферротитана и комплексно-легированного ферротитана методом ЭШВ используются отходы Тi в виде листовой обрези, содержащие низкое количество газов (О и N), С и примесей цветных металлов без использования вторичного А1, что полностью исключает возможность их внесения. Поэтому содержание примесей Cu и Sn в металле, наплавленном электродами партии Б и В ниже, чем электродами А.

Количество кислорода в металле, наплавленном электродами партии В, наиболее низкое. Это свидетельствует о более полном раскислении металла шва при использовании в покрытии В комплексно-легированного ферротитана К-2.

## 1.2 Исследование неметаллических включений в металле шва

Использование ферротитана ЭШВ в покрытии сварочных электродов позволило снизить в наплавленном металле содержание газов, примесей и неметаллических включений.

Результаты оценки загрязненности неметаллическими включениями металла, наплавленного опытными электродами приведены в табл. 1.3.

Таблица 1.3 – Содержание оксидных включений в наплавленном металле

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Массовая доля оксидных включений, % | | | |
| Партия | Общее | Удельная доля в общем количестве, % | | |
| электродов | Количество | Al2O3 | SiO2 | Сложные оксиды (Si-Ti-Mn-Fe)·O |
| А | 0,052 | 44,5 | 35,5 | 20,0 |
| Б | 0,043 | 28,8 | 20,5 | 51,5 |
| В | 0,030 | 20,5 | 16,0 | 63,5 |
| Проволока Св.-08,  Св-08Г2С [2] | 0,005-0,015 | 59,11 | 33,14 | 7,75 |

Как видно из приведенных в таблице данных, в наплавленном металле электродов партии Б и В существенно снижено общее количество неметаллических включений. В металле, наплавленном электродами В, содержащем только один ферросплав в виде комплексно-легированного ферротитана, полученного методом ЭШВ, общее количество неметаллических включений снижено более чем на 40% в сравнении с металлом электродов А, при использовании алюминотермического ферротитана и раздельным введением в покрытие других раскислителей – ферромарганца и ферросилиция. При этом, количество тугоплавких включений с Al2O3 более чем в два меньше, чем в металле, наплавленном электродами А. В таких же пределах уменьшено содержание стекловидных силикатов. В металле партии Б и В отсутствуют крупные экзогенные частицы тиалита и перовскита, характерных для ферротитана алюмотермического способа производства. При снижении общего количества включений несколько возрастает удельная доля силикатов сложного состава с гетерогенной микроструктурой. Преимущественное формирование силикатов сложного состава и меньшее содержание кислорода в металле, наплавленном электродами В, при равном исходном количестве раскислителей в покрытии этих электродов, свидетельствует о более полном и интенсивном процессе удаления продуктов реакции раскисления при использовании комплексно-легированного ферротитана [5].

## 1.3 Механические свойства наплавленного металла

Результаты исследования механических свойств металла, наплавленного опытными электродами, представлены в табл. 1.4.

Таблица 1.4 – Механические свойства металла сварного шва, наплавленного опытными электродами

|  | Значения механических свойств по ГОСТ 6996 -75 | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Партия  электродов | Временное сопротивление разрыву σВ, МПа | Предел текучести  σТ, МПа | Относительное удлинение  δ, % | Ударная вязкость KCU,Дж/см2 |
| А | 505-545 | 400-420 | 23-27 | 155-205 |
| Б | 520-560 | 400-440 | 26-28 | 175-220 |
| В | 540-565 | 420-450 | 27-30 | 210-240 |
| Типичные значения для УОНИ 13/55 [5] | 510-570 | 390-440 | 24-28 | 156-245 |
| Паспортные данные УОНИ13/55 | ≥ 490 | ≥ 390 | ≥ 20 | ≥ 160 |
| Требования ГОСТ 9467-75 к типу электродов Э50А | ≥ 490 | — | ≥ 20 | ≥ 130 |

Механические свойства и химический состав наплавленного металла всех партий электродов соответствует требованиям ГОСТ 9467-75. При этом, пластичность металла наплавленными электродами партий Б и В выше чем А. Использование в покрытии электродов более чистого по примесям и неметалличским включениям ферротитана электрошлаковой выплавки ФТШ 45 позволило повысить на 7% средние значения относительного удлинения и на 9% ударной вязкости в сравнении с электродами партии А. При замене всех ферросплавов покрытия электродов на комплексно-легированный ферротитан электрошлаковой выплавки К-2 средние значения относительного удлинения увеличены на 12%, а ударной вязкости на 18% в сравнении с электродами партии А, и на 8 и 9% соответственно для средних типичных значений электродов УОНИ 13/55. Таким образом проявилось более низкое содержанием газов, S и P, а также примесей цветных металлов в наплавленном металле электродами В, по сравнению с А и электродами промышленного изготовления с использованием ферротитана алюминотермического способа производства. Присутствие в металле, наплавленном электродами партии А, значительного количества тугоплавких включений неблагоприятной формы и силикатных стекол вызывает снижение ударной вязкости металла по сравнению с металлом электродов Б и В. Это связано с тем, что тугоплавкие оксиды Al угловатой, неправильной формы выполняют роль больших концентраторов напряжений по сравнению с округлыми (глобулярными) включениями силикатов в металле, наплавленном электродами Б и В [9,10].

# заключение

1. Применение в составе покрытия электродов основного типа ферротитана электрошлаковой выплавки, а также комплексных Ti-Mn-Si – содержащих ферросплавов, полученных методом электрошлакового переплава отходов титана, стали и промышленных ферросплавов (ферромарганца и ферросилиция) позволяет получить наплавленный металл с более высокими пластическими свойствами.
2. Использование в покрытии сварочных электродов основного типа УОНИ13/55 ферротитана ЭШВ позволяет снизить в наплавленном металле содержание оксидов алюминия на 30-40%, при снижении содержания примесей цветных металлов до 20%.
3. Использование комплексно легированного ферротитана, полученного методом ЭШВ в составе обмазки электродов УОНИ 13/55 обеспечивает также большую степень раскисления наплавленного металла при меньших потерях элементов раскислителей. Содержание S и Р при этом снижено на 30 и 20% соответственно. Массовая доля включений в наплавленном металле в виде оксидов уменьшена на 20%, при снижении примесей цветных металлов Cu и Sn до 20%. Снижено более чем на 40% содержание мелкодисперсных включений корунда. Все это в комплексе, позволило повысить ударную вязкость на 15% и относительное удлинение наплавленного металла на 20%.

Таким образом, для повышения чистоты наплавленного металла по неметаллическим включениям, улучшения пластических свойств наплавленного металла целесообразно использовать в составе обмазки сварочных электродов основного типа комплексных титан содержащих лигатур-раскислителей, полученных методом электрошлаковой выплавки.

# перечень ссылок

1. Заке И.А. Сварка разнородных сталей: Справочное пособие. - Л. : Машиностроение, 1973.-208с.
2. Богачевский А.А. Повышение качества металла шва путем введения в покрытие синтетического волластанина и цериевой лигатуры. // Сварочное производство. - 1993. - №4. - с.8.
3. Справочник по сварке / под ред. Е.В. Соколова. Т.1. - М. : Машиностроение, 1962. - 657с.
4. Походня И.К. Газы в сварных швах. - М. : Машиностроение, 1973.-256с.
5. Кабацкий В.И., Приволов Н.Т., Макаренко В.Д. Особенности влияния комплексных лигатур на содержание газов в наплавленном металле при сварке электродами с основным покрытием // Сварочное производство. - 1986. - №12. - С. 4-5.
6. Лунев В.В., Шульте Ю.А. Применение комплексных лигатур с РЗМ и ЩЗМ для улучшения свойств литых и деформированных сталей. // Влияние комплексного раскислителя на свойства сталей. - М. : Металлургия, 1982. - с.32-50.
7. Степанова В.В. Повышение качества марганцовистых и хромомарганцовистых сталей для отливок и поковок. Дис. на соиск. Ученой степени КТН. - Запорожье ЗГТУ. - 1996.
8. Газы и примеси в ферросплавах / М.И. Гасик, В.С. Игнатьев, С.И.Хитрик. - М. : Металлургия, 1970. - 152с.
9. Букин А.А., Кохан С.В. Прогнозирование содержания S и P в металле, наплавленном покрытыми электродами // Автоматическая сварка. - 1988. -№2. - с.27.
10. Кабацкий В.И., Приволов Н.Т., Макаренко В.Д. Особенности влияния комплексных лигатур на содержание газов в наплавленном металле при сварке электродами с основным покрытием // Сварочное производство. - 1986. - №12. - С. 4-5.