

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тверской государственный технический университет»
(ТвГТУ)

Кафедра технологии металлов и материаловедения

МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В СВАРКЕ

Методические указания
к выполнению лабораторных работ по дисциплине
«Сварочные материалы»
для обучающихся по направлению подготовки магистров
15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств,
направленность (профиль) «Технологии сварочного производства»

Тверь 2020

УДК 669:621.791(075.8)

ББК 34.3:34.441я7

Рецензент – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии металлов и материаловедения ТвГТУ Лаврентьев А.Ю.

Металлургические процессы в сварке: метод. указания / сост. Д.А. Барчуков, А.В. Карелин. Тверь: ТвГТУ, 2020. 12 с.

Содержат методические рекомендации к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Сварочные материалы». Указывается порядок проведения работ, обработки результатов и составления отчетов. Приводятся рекомендации по самостоятельной работе.

Обсуждены на заседании кафедры технологии металлов и материаловедения, рекомендованы к изданию (протокол № 12 от 8 мая 2020 г.).

© Тверской государственный
технический университет, 2020
© Барчуков Д.А., Карелин А.В., 2020

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

ИЗУЧЕНИЕ ПРИЧИН ОБРАЗОВАНИЯ ПОР ПРИ СВАРКЕ

Цель работы: получение экспериментальных данных о влиянии некоторых технологических факторов на образование пор при сварке.

Введение

К дефектам сварных швов, влияющих на работоспособность сварного соединения, помимо трещин, относятся также и поры (рис.).

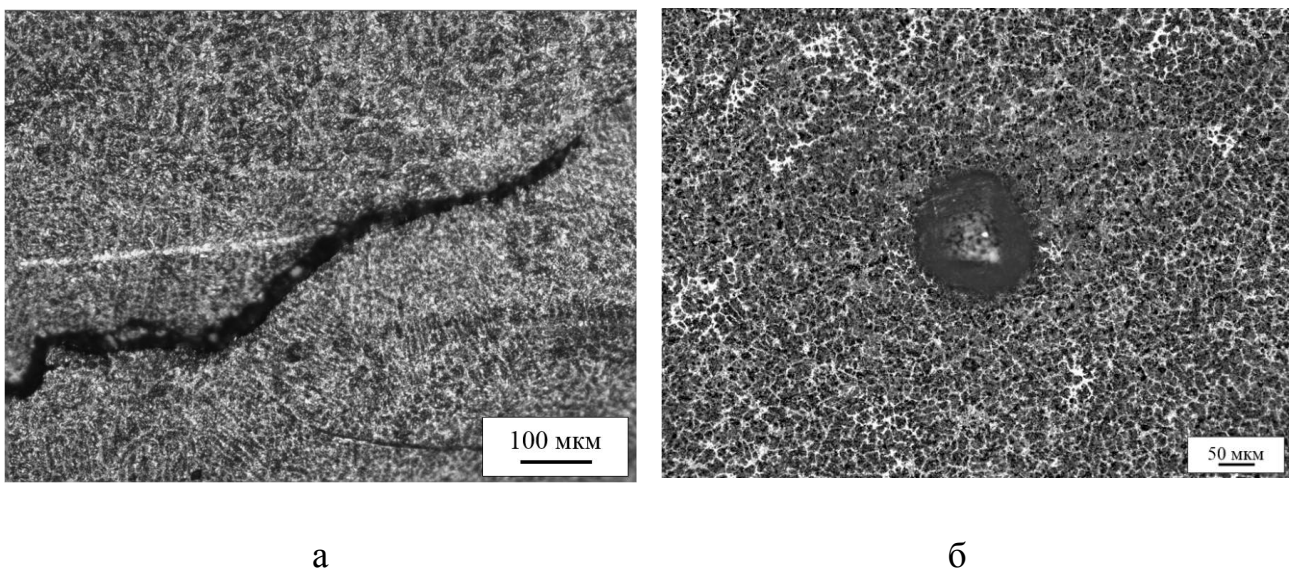


Рис. Изображение дефектов в наплавленной быстрорежущей стали 90Х4В9М4К6ФЮ: а – холодная трещина; б – пора

Их возникновение определяется металлургическими процессами взаимодействия жидкого металла с окружающей средой и процессами кристаллизации при сварке.

Поры в сварных швах образуются, если в период кристаллизации сварочной ванны происходит интенсивное газовыделение, газовые пузырьки не успевают удалиться из затвердевающего металла. Газовыделение может быть обусловлено либо химическими реакциями, продуктами которых являются газы, нерастворимые в металле (главным образом окись углерода CO), либо снижением растворимости водорода, азота и кислорода в кристаллизующемся металле шва по мере приближения к температуре ликвидуса. Особенно резко

снижается растворимость при переходе металла шва из жидкого состояния в твёрдое.

Поры, вызванные выделением азота, возникают при недостаточной защите сварочной ванны и капель электродного металла от взаимодействия с воздухом. Для защиты от азота воздуха эффективны сварка в среде защитных газов (инертных и CO_2), а также шлаковая защита при сварке под флюсом и покрытыми электродами.

Водород попадает в сварочную ванну при наличии влаги, углеводородных загрязнений и ржавчины в сварочных материалах, на свариваемых кромках, а также из атмосферы. При этом, молекулярный водород диссоциирует в столбе дуги на атомарный и растворяется в жидком металле ванны. При кристаллизации растворимость водорода резко падает и его избыток выделяется в виде пузырьков, которые не всегда успевают полностью удаляться из металла.

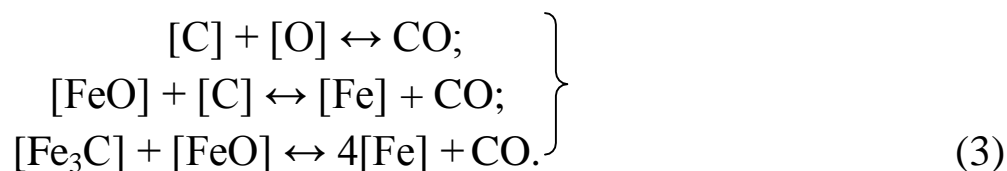
Основными мерами борьбы с водородной пористостью являются зачистка свариваемых кромок и сварочной проволоки от ржавчины и углеводородных загрязнений, проковка сварочных материалов (флюса и электродов) с целью удаления влаги и осушение защитных газов. Для связывания водорода в нерастворимые в металле соединения во флюсы и электродные покрытия добавляется плавиковый шпат или флюорит CaF_2 , при этом имеет место реакция



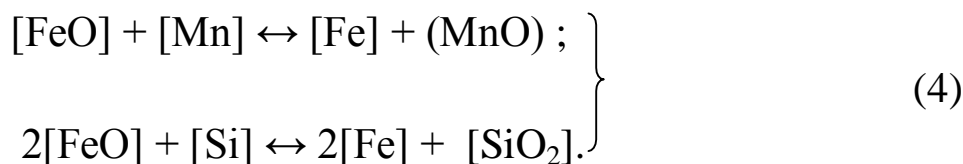
При сварке в среде CO_2 водород поглощается по реакции



Поры, вызванные окисью углерода, образуются при сварке в инертных газах при наличии в основном металле закиси железа и растворённого кислорода (кипящие и полуспокойные стали). Источником кислорода при сварке в среде углекислого газа являются также продукты диссоциации защитного газа. При недостатке в металле ванны раскислителей образование CO происходит по реакциям



Введение раскислителей (кремний и марганец в проволоке Св-08Г2С) подавляет реакции образования СО за счет связывания кислорода в нерастворимые в металле окислы



Технологические способы борьбы с порами предусматривают применение режимов сварки, замедляющих охлаждение металла и снижающих скорость кристаллизации. Использование максимально короткой дуги и мелкокапельного и струйного типов переноса снижает время контакта расплавленного электродного металла с окружающей средой и, как следствие, интенсивность поглощения газов.

Оборудование и материалы

1. Пост для сварки в среде углекислого газа ПДГ - 502.
2. Заготовки из стали Ст.3 размером 6×30×80 мм.
3. Флюс АН - 348А, баллон с углекислым газом.
4. Проволоки Ø 1,6 мм, марок Св - 08ГА и Св - 08Г2С.

Порядок проведения работы

1. Ознакомиться с постом для полуавтоматической сварки в среде СО₂ и настроить режим сварки (ток – 200÷220 А, напряжение на дуге – 22÷24 В).
2. Выполнить наплавку валиков длиной ≈ 70мм в соответствии с табл.
3. Оценить по трёхбалльной системе (1– пор нет, 2 – мало пор, 3 – много пор) качество валика. Результаты оценки занести в табл.
4. Сделать выводы о полученных результатах.

Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Порядок проведения опытов.
3. Заполненная таблица.
4. Выводы о влиянии изученных факторов на интенсивность порообразования.

Влияние условий сварки на порообразование

№ опыта	Исследуемый фактор	Марка проволоки	Защитная среда			Оценка пористости
			Вид защиты	Толщина слоя, мм	Расход газа, м ³ /ч	
1	Качество защиты	Св-08ГА	–	–	–	
2		–"	Флюс	5–7	–	
3		–"	–"	10-12	–	
4		–"	Флюс влажный	–"	–	
5		Св-08Г2С	СО ₂	–	0,2	
6		–"	–"	–	0,8	
7	Химсостав проволоки	Св-08Г2С	–"	–	–"	
8		Св-08ГА	–"	–	–"	
9	Состояние свариваемых кромок: загрязненные маслом и ржавчиной; зачищенные	Св-08Г2С	–"	–	–"	
		–"	–"	–	–"	
10		–"	–"	–	–"	

Контрольные вопросы

1. Укажите причины порообразования при сварке.
2. Укажите механизм образования пор, вызванных азотом, и пути борьбы с ними.
3. Укажите механизм образования пор, вызванных водородом, и пути борьбы с ними.
4. Укажите механизм образования пор, вызванных окисью углерода, и пути борьбы с ними.

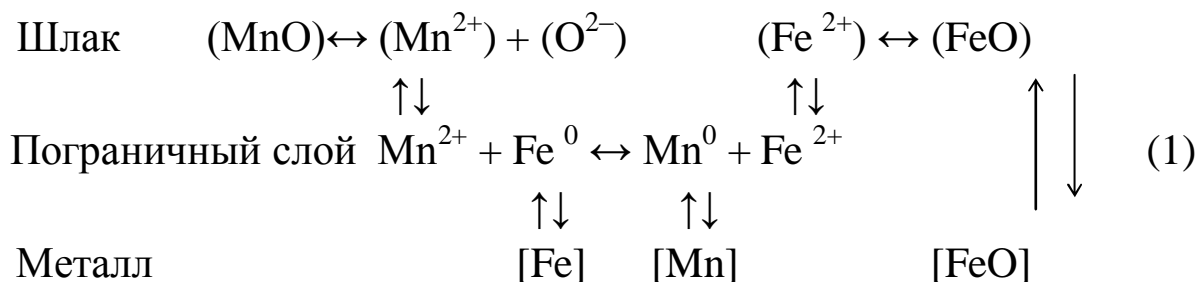
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ЛЕГИРОВАНИЯ МЕТАЛЛА ПРИ СВАРКЕ ПОД ФЛЮСОМ

Цель работы: Изучение процессов легирования стали марганцем и кремнием при автоматической сварке под флюсом.

Введение

При сварке под флюсом сварочную ванну покрывает слой расплавленного шлака, предохраняющий расплавленный металл от непосредственного воздействия атмосферного воздуха. Кроме того, компоненты шлака могут вступать в обменные реакции с жидким металлом, изменяя его состав. Легирование марганцем, который является основным легирующим элементом в качественных сталях, связывающим серу в тугоплавкие сульфиды марганца, происходит по схеме



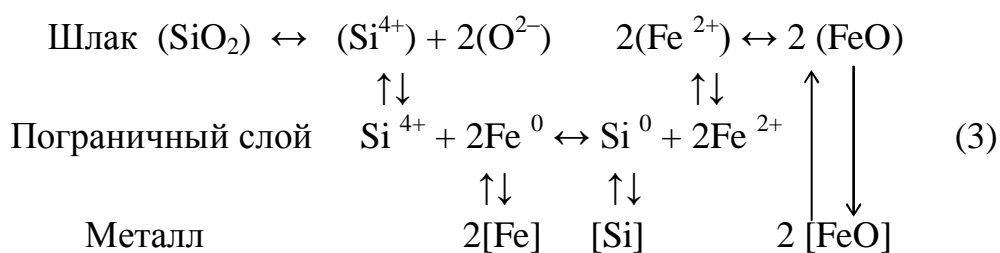
Здесь символ химического вещества в круглых скобках означает его наличие в шлаке, а в квадратных – в металле.

Равновесная концентрация марганца

$$[\% \text{Mn}] = K_{\text{Mn}} (\% \text{MnO}) / (\% \text{FeO}) \quad (2)$$

Содержание марганца в металле увеличивается с повышением температуры, увеличением в шлаке концентрации MnO и уменьшением концентрации FeO.

Процесс легирования кремнием протекает по аналогичной схеме



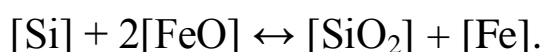
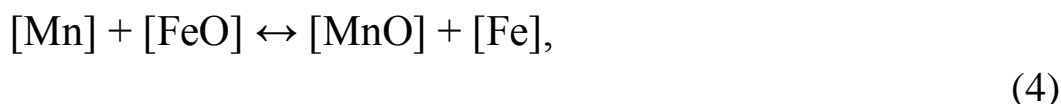
Состав флюса АН-348А, приведенный в табл., создает благоприятные условия для легирования марганцем и кремнием, которое происходит в основном в высокотемпературной области (капли электродного металла).

Таблица

Состав флюсов

Марка флюса	Содержание компонентов, %					
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	CaF ₂
АН-348А	41÷43	2,5	5,5	5,5÷7,5	34÷38	6,0
АН-30	2÷5	39÷44	16÷20	13÷16	≤0.5	19÷23

В низкотемпературной области (хвостовая часть ванны) реакции легирования сменяются на реакции раскисления



Однако при температурах кристаллизации основная часть FeO бывает уже извлечена шлаком, а скорость реакции раскисления значительно ниже, чем легирования в высокотемпературной области (действует кинетический фактор). Следовательно, при кристаллизации всегда наблюдается остаточное легирование.

Краткие сведения о спектральном анализе

Спектральный анализ является одним из методов определения химического состава веществ. В его основе лежит изучение линейчатого спектра излучения, испускаемого или поглощаемого веществом при высоких температурах, в котором присутствуют спектральные линии, характерные для атомов, имеющих в пробе. Разложение света на спектр осуществляется с помощью спектральных аппаратов.

Для качественного анализа веществ используются стилоскопы, в которых в окуляр наблюдается присутствие в линейчатом спектре линий элементов, содержащихся в пробе (рис.).

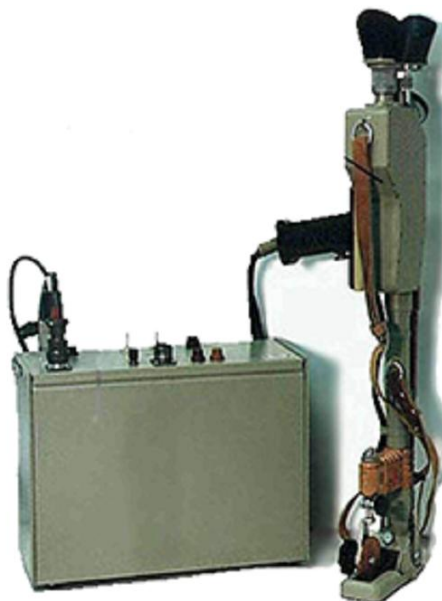


Рис. Стилоскоп СЛП-1

Продолжительность анализа с помощью переносного стилоскопа на 5...6 элементов составляет около 3 минут, причем анализ не сопровождается повреждением анализируемого объекта, а деталь после анализа может быть использована по своему прямому назначению.

Принцип работы стилоскопа основан на зажигании дуги или искры между двумя электродами, одним из которых является анализируемый объект, а другим – так называемый постоянный электрод стилоскопа, вследствие чего межэлектродный промежуток заполняется светящимися парами материала электродов.

Свет от дуги направляется на спектральный аппарат через конденсатор и узкую щель.

Образующийся линейчатый спектр рассматривают при помощи окуляра и устанавливают присутствие в спектре характерных спектральных линий определяемых элементов.

Наблюдаемый через окуляр линейчатый спектр содержит линии основного элемента пробы и электрода стилоскопа и линии примесей, имеющихся в анализируемой пробе. Наличие линий того или иного элемента в спектре свидетельствует о присутствии этого элемента в анализируемом объекте.

Оборудование и материалы

1. Стилоскоп СЛП-1.
2. Сварочный автомат ТС-35 с трансформатором ТДФ-1001.
3. Заготовки из армко-железа 5×30×80.
4. Проволока сварочная Св-08А Ø 2,0.
5. Флюсы АН-348А и АН-26.

Методика проведения работы

1. Ознакомиться с устройством сварочного автомата ТС-35 и принципом его работы.
2. Провести наплавку валиков длиной 4–5 см на пластины из армко-железа под флюсами АН-348А и АН-26. Тщательно зачистить образцы от шлака. Зачистить шкуркой небольшой участок наплавленного металла.
3. Отрезать конец электродной проволоки с закристаллизовавшейся каплей металла на конце. Зачистить каплю шкуркой.
4. Ознакомиться с устройством и порядком работы на стилоскопе. Качественным спектральным анализом показать переход легирующих элементов в металл шва и каплю электродного металла.

Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Схемы легирования марганцем (1) и кремнием (3).
3. Порядок выполнения работы.
4. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Какие компоненты вводятся во флюс для легирования наплавленного металла кремнием и марганцем?
2. Что лежит в основе спектрального анализа?
3. С помощью чего осуществляется разложение света на спектр?
4. Что способствует увеличению содержания марганца в металле?
5. Какой химический элемент является основным легирующим элементом в качественных сталях?

Библиографический список

1. Теория сварочных процессов / А.В. Коновалов, А.С. Куркин, Э.Л. Макаров – М.: Изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007 г. – 752 с.
2. Теория сварочных процессов / В.Н. Волченко, В.М. Ямпольский, В.А. Винокуров и др. Под ред. В.В. Фролова. - М.: Высшая школа, 1988.– 559 с.
3. Кох Б.А. Основы термодинамики металлургических процессов сварки.– Ленинград: Судостроение, 1975. – 240 с.

МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В СВАРКЕ

Методические указания
к выполнению лабораторных работ по дисциплине
«Сварочные материалы»
для обучающихся по направлению подготовки магистров
15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств,
направленность (профиль) «Технологии сварочного производства»

Составители: Д.А. Барчуков, А.В. Карелин
Технический редактор Ю.Ф. Воробьева

Физ. печ. л. 0,75

Усл. печ. л. 0,698

Уч.-изд. л. 0,653

Редакционно-издательский центр
Тверского государственного технического университета
170026, г. Тверь, наб. Афанасия Никитина, 22