

Список литературы:

- [1] Вейнгартен А.М., Гринвальд И.И. Изыскание высокопрочных нержавеющей сталей для судовых валов, работающих в морской воде, Технология судостроения, 1966. – №5, с. 54–59.
- [2] ОСТ 5.9218-75 Заготовки судовых валов и баллеров рулей из коррозионностойких сталей. Технические требования.
- [3] Хирш П., Хови А., Николсон Р., Электронная микроскопия тонких кристаллов, М., Мир, 1968, 574 с.
- [4] Методы испытания, контроля и исследования машиностроительных материалов. Физические методы исследования металлов, т.1, под ред. Кишкина С.Т., М., Машиностроение, 1971, 302 с.
- [5] Перкас М.Д., Кардонский В.М., Высокопрочные мартенситостареющие стали, М., Металлургия, 1970, 224 с.
- [6] Бернштейн М.Л., Займовский В.А., Лурье С.А., Влияние ВТМО на структуру и свойства стали 38ХС, ФММ, 1974, т.38, № 2, с. 389–397.
- [7] Пушин В.Г., Романова Р.Р., Смирнов Л.В., Влияние высокотемпературной деформации аустенита на структуру и кинетику старения мартенситостареющей стали Н12К7М5ТЮ, ФММ, 1980, т.49, № 5, с.1054-1062.

В.В. Глебов, Ефремов С.Ю.
ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ СТАЛИ 23X15H7M2 СО СТАЛЬЮ 12X18H8T

Ключевые слова: сварное соединение, сталь 23X15H7M2, режим сварки, способ сварки, сталь 12X18H8T, структура, механические характеристики, коррозионные свойства.

Рассмотрены механические и коррозионные характеристики сварного соединения стали переходного класса 23X15H7M2 со сталью 12X18H10T в зависимости от состава стали 23X15H7M2, а также режима и способа сварки.

Сталь 23X15H7M2 относится к классу переходных сталей и может находиться в зависимости от режима термообработки как в аустенитном (немагнитном) состоянии, так и в мартенситном (магнитном) состоянии. Она предназначена для изготовления ответственных деталей судового и энергетического машиностроения, имеющих заданное расположение магнитных и немагнитных участков в пределах монолитной заготовки.

Технология создания магнитных и немагнитных участков в цельной заготовке из стали 23X15H7M2 заключается в том, что заготовка в закаленном (аустенитном) состоянии подвергается старению для образования 90÷95% мартенситной (магнитной) фазы. Далее заданные участки, подвергаются локальному нагреву концентрированными потоками энергии (ТВЧ, лазерным или электронным лучом) до температуры 1100÷1200°С с целью образования немагнитной (аустенитной) структуры.

Сталь 23X15H7M2 может применяться при изготовлении элементов электроагрегатов, имеющих заданное расположение магнитных и немагнитных участков в пределах монолитной заготовки (валов электродвигателей, СУЗ АЭС) в различных областях энергомашиностроения.

По традиционной технологии заготовки деталей состоящие из магнитных (сталь 0X17-феррит) и немагнитных (сталь 12X18H10T-аустенит) участков изготавливаются сварными, поэтому были проведены исследования влияния параметров сварочного цикла на свойства соединений стали 23X15H7M2 в аустенитном (немагнитном) со-

стоянии со сталью 12Х18Н10Т, в зависимости от состава свариваемого металла (табл.1).

Таблица 1

Химический состав опытных плавок стали типа 23Х15Н7М2

Номер плавки	C, %	Cr, %	Ni, %	Co, %	Si, %	Mo, %	V, %	Ti, %
105	0,16	15,3	5,9	-	0,44	1,3	0,58	-
425	0,20	15,0	6,1	-	0,79	2,08	-	-
339	0,24	15,8	4,42	2,6	0,36	-	1,32	0,16
341	0,24	16,0	4,0	1,98	0,36	1,7	1,19	-

Результаты испытаний на растяжение, что все исследуемые стали (105, 425, 339 и 341), сваренные со сталью 12Х18Н10Т обеспечивают прочностные и пластические свойства на уровне стали 12Х18Н10Т (табл. 2).

Таблица 2

Механические и коррозионные характеристики сварного соединения в зависимости от режима и способа сварки

№	Способ сварки, вид соединения, толщина (δ), мм	Характеристики режима сварки			Свойства сварного соединения			Склонность к МКК
		$I_{св} \cdot U_{св},$ А·В	$V_{св},$ м/час	$q/v,$ кДж/см	$\sigma_{0,2},$ МПа	$\sigma_{в},$ МПа	Место разрушения	
1	Ардэс тип а 1мм 105+12Х18Н10Т	60·10	11,0	1,9	370	655	Линия сплавления (ЛС)	Нет
2	Ардэс тип а 1мм 105+12Х18Н10Т	60·10	7,5	2,8	510	862	ЛС	Нет
3	Ардэс тип а 1мм 425+12Х18Н10Т	60·10	10,0	2,1	410	660	Зона шва (ЗШ)	Нет
4	Ардэс тип а 1мм 425+12Х18Н10Т	60·10	7,5	2,8	405	780	ЛС	Нет
5	Ардэс тип а 1мм 341+12Х18Н10Т	60·10	10,0	2,1	405	605	ЗТВ	Есть
6	ЭЛС тип б 5 мм 339+12Х18Н10Т	103ма-90кв	18,0	15,8	385	595	Основ. металл пл. 339	Есть

На рис. 1 и 2 представлены графики изменения твердости металла в различных зонах сварного соединения металла пл.105 и пл.341, соответственно, со сталью 12Х18Н10Т. Из них видно, что металл шва (МШ) в обоих вариантах имеет заметную механическую неоднородность – твердость увеличивается от линии сплавления (ЛС) со сталью 12Х18Н10Т ($H_v=160-170$ кгс/мм²) к ЛС со сталью типа 23Х15Н7М2 ($H_v=180-200$ кгс/мм²).

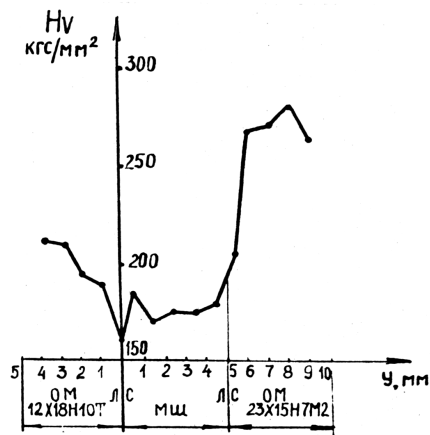


Рис. 1. Зависимость твердости металла сварного соединения стали пл. 105 со сталью 12X18H10T

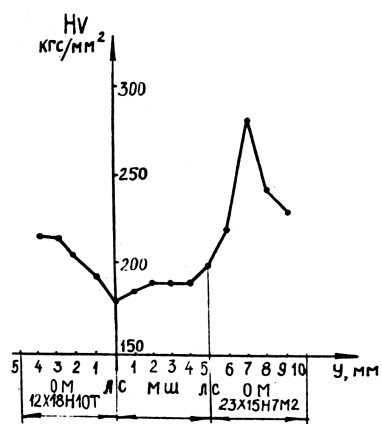


Рис. 2. Зависимость твердости металла сварного соединения стали пл. 341 со сталью 12X18H10T

Как показало металлографическое исследование металла различных плавов, сваренных с разной погонной энергией, металл шва и зона термического влияния (ЗТВ) со стороны стали 23X15H7M2 имеют аустенито-ферритную структуру (рис. 3). В металле шва вблизи линии сплавления имеются карбидные выделения по границам δ -феррита (рис. 4).

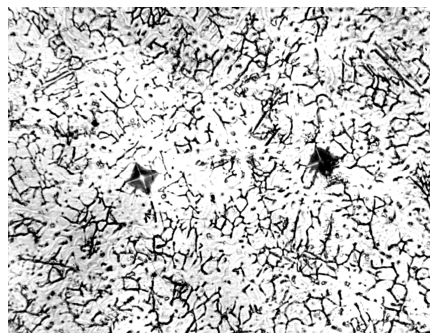


Рис. 3. Микроструктура металла шва и зоны термического влияния со стороны стали типа 23X15H7M3 ($\times 500$)

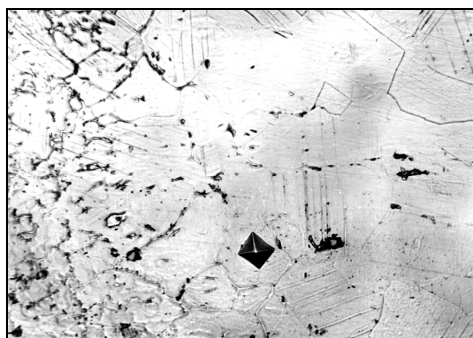


Рис. 4. Микроструктура металла шва вблизи линии сплавления со стороны стали типа 23X15H7M3 ($\times 500$)

Очевидно этим и объясняется увеличение твердости металла шва от ЛС со стороны стали 12X18H10Т к ЛС со сталью типа 23X15H7M2. При исследованиях ЗТВ сварных образцов установлено, что изменение погонной энергии q/v в пределах 6–8 кДж/см и 1,5–2,0 кДж/см практически не влияет на структуру металла сварного соединения. При уменьшении q/v с 6–8 до 1,5–2,0 кДж/см размеры ЗТВ существенно уменьшаются. Так ее общая протяженность снижается с 3,0–3,3 мм до 0,6–1,6 мм, а протяженность рекристаллизованной зоны с 0,45–0,6 мм до 0,2–0,33 мм. При этом вблизи ЛС, где прошли процессы рекристаллизации, δ -феррит располагается по границам зерен (рис. 4), по мере удаления от этой зоны выделения δ -феррита приобретают строчечный характер, располагаясь вдоль направления пластической деформации (рис. 5).

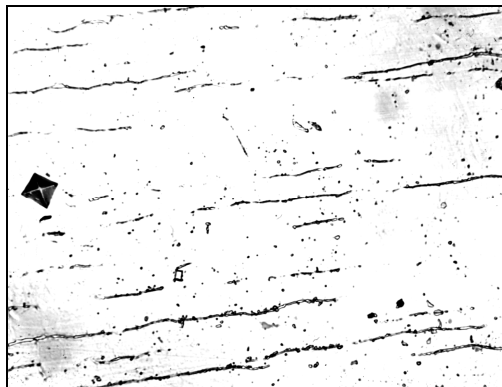


Рис. 5. Микроструктура стали типа 23X15H7M2 (лист 1 мм) в аустенитном состоянии ($\times 500$)

Такой тип структуры и характер ее изменения по мере удаления от ЛС в основной металл аналогичен для обоих диапазонов изменения q/v . Это, очевидно, связано с тем, что скорость охлаждения металла в ЗТВ в том и другом случае отличается незначительно ($W_{0\ q/v=6-8}=40-30^\circ\text{C}/\text{сек}$, $W_{0\ q/v=1,5-2,0}=50-40^\circ\text{C}/\text{сек}$).

При исследовании сварных соединений из стали плавки 425, 105, 341 и 339 (в аустенитном состоянии) со сталью 12X18H10Т установлено, что сталь плавки 105 и 425 с содержанием углерода, соответственно 0,16% и 0,20% не проявила склонности к МКК ни в зоне термовлияния (~2 мм от сварного шва), ни в сварном шве (табл. 2, № 1–4). На стали плавки 341 с 1,98% Со и 1,19% V, несмотря на отсутствие склонности к МКК в аустенитном состоянии, отмечена сильная склонность к МКК в зоне термовлияния в сварном соединении (табл. 2, №5), что очевидно связано с большим содер-

жанием углерода 0,24% и, следовательно, сильным карбидообразованием в ЗТВ в результате медленного нагрева и охлаждения при аргоно-дуговой сварке. Снижение времени нагрева и увеличение скорости нагрева и охлаждения при электронно-лучевой сварке стали плавки 339 (табл. 2, №6) также с большим содержанием углерода (0,24%), с титаном (0,16%) и без молибдена не препятствует возникновению МКК. Очевидно предельное содержание углерода в разрабатываемой стали для устранения склонности к МКК сварного соединения не должно превышать 0,2%.

Список литературы:

- [1] Высокопрочные немагнитные стали, Сбор. ст., под ред. Банных О.А., М., «Наука», 1978, 231 с.
[2] «Магнитная индукция низкоуглеродистой стали для роторов генераторов», Филимонова О.В. и др., МиТОМ, № 6, 1989.

А.С. Курников, В.В. Ванцев, Н.Н. Арефьев
ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ СУДОВОГО ГЕНЕРАТОРА КИСЛОРОДА

Ключевые слова: генератор кислорода, метод адсорбции, двухадсорберная установка.

В данной работе рассматриваются различные методы получения кислорода на судне и принципиальная схема смешанной двухадсорберной установки генерации кислорода.

Кислород O_2 является наиболее распространенным элементом на земле. Он находится в большом количестве в виде химических соединений с различными веществами: в земной коре (до 50% вес.), с водородом в воде (около 86% вес.) и в свободном состоянии в атмосферном воздухе в количестве 20,93% об. (23,15% вес.) [4]. Получить кислород можно различными методами: химическими и электрохимическими реакциями, адсорбцией, мембранной фильтрацией или криогенным способом. На судне кислород нужен для работы установки по созданию искусственного воздушного заряда для питания двигателя, резки и сварки металла.

Наиболее простым, на первый взгляд, методом является получение кислорода из баллонов. Кислород в этом случае хранится в газообразном состоянии под высоким давлением, порядка 15 МПа [5]. Однако, баллон под давлением является источником повышенной опасности. Согласно с «Правилами пожарной безопасности на судах внутреннего водного транспорта Российской Федерации» хранение баллонов с кислородом на судне связано с большими трудностями. Кроме того, баллоны имеют значительную массу и требуют регулярной проверки и опрессовки.

Электрохимическое получение кислорода - это разделение воды на кислород и водород методом электролиза. Основной недостаток такой установки: крайняя взрывоопасность смеси водорода и кислорода (гремучего газа) в настоящее время не имеет эффективного решения, и установка не отвечает требованиям безопасности [6]. Кроме того, современные электролизёры потребляют значительное количество энергии.

Мембранные установки имеют ряд преимуществ, однако чистота получаемого кислорода существенно ниже - до 50% [2]. Ввиду достаточно низкой концентрации кислорода на выходе, её применение для создания искусственного воздушного заряда нерационально.

Наибольшую чистоту получаемого кислорода может обеспечить криогенный ме-