



СВАРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ АУСТЕНИТНОЙ СТАЛИ 25Cr–20Ni–2Si В ФОРСИРОВАННЫХ ТУРБОПОРШНЕВЫХ ДВИГАТЕЛЯХ

Н. И. ПИНЧУК, канд. техн. наук (Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины),
Н. К. РЯЗАНЦЕВ, д-р техн. наук, **И. Л. РОВЕНСКИЙ**, канд. техн. наук (Харьк. конструктор. бюро по двигателестроению)

Приведены экспериментальные данные о предотвращении горячих трещин в разнородных сварных соединениях высококремнистой стали 25Cr–20Ni–2Si со сталью 10X18H10T и никелевым сплавом ХН65ВМТЮ. Показано, что легирование металла швов бором 0,45...0,80 % повышает их технологическую прочность.

Ключевые слова: аустенитный шов, горячие трещины, микроструктура, вторая первичная фаза, сварные соединения

Рабочая температура газа в форсированных турбопоршневых двигателях [1, 2] может достигать 800...1000 °С. Основные требования, предъявляемые к материалу деталей, работающих при такой температуре, — это прочность и сопротивление высокотемпературной газовой коррозии. В соответствии с этими требованиями в разработанных Харьковским конструкторским бюро по двигателестроению (ХКБД) форсированных турбопоршневых двигателях используют жаропрочные и жаростойкие стали и сплавы, в частности высококремнистые аустенитные стали типа 25Cr–20Ni–2Si, массовая доля кремния в которых может составлять 2...4 %. Литейная сталь 20X25H19C2Л (ЭИ 283) применяется для изготовления сварной конструкции выпускного коллектора, а деформируемая сталь 20X25H20C2 — для деталей камеры сгорания.

Известно [3, 4], что проблема сварки аустенитных сталей и сплавов с кремнием является особо сложной. Кремний относится к элементам, образующим на границах кристаллитов в металле шва прослойки жидкой фазы, которые являются возбудителями горячих трещин. Особенно это про-

является, если в металле шва повышено содержание никеля. В этом случае элементы, проявляющие ликвирующие способности, имеют более низкую растворимость и соответственно существует большая вероятность образования жидких эвтектических прослоек. Однофазные аустенитные швы типа 25Cr–20Ni, 25Cr–20Ni–2Si и 25Cr–35Ni–2Si при сварке изделий подвержены горячим трещинам в столь значительной мере, что это стало классическим примером сварочного растрескивания (рис. 1, а). Характерное снижение критической скорости деформации и соответственно повышение склонности к образованию горячих кристаллизационных трещин при увеличении массовой доли кремния известно для швов типа 15Cr–35Ni [5], а также для 20Cr–32Ni [4] и рис. 1, б.

Для уменьшения склонности к растрескиванию металла швов при сварке указанных сталей и сплавов иногда применяют режимы сварки, обеспечивающие снижение доли основного металла и соответственно вносимого в сварочную ванну кремния. Однако значительное повышение стойкости против образования трещин при этом практически не отмечается, поскольку даже небольшая доля кремния в однофазных швах приводит к образованию жидких эвтектических прослоек.

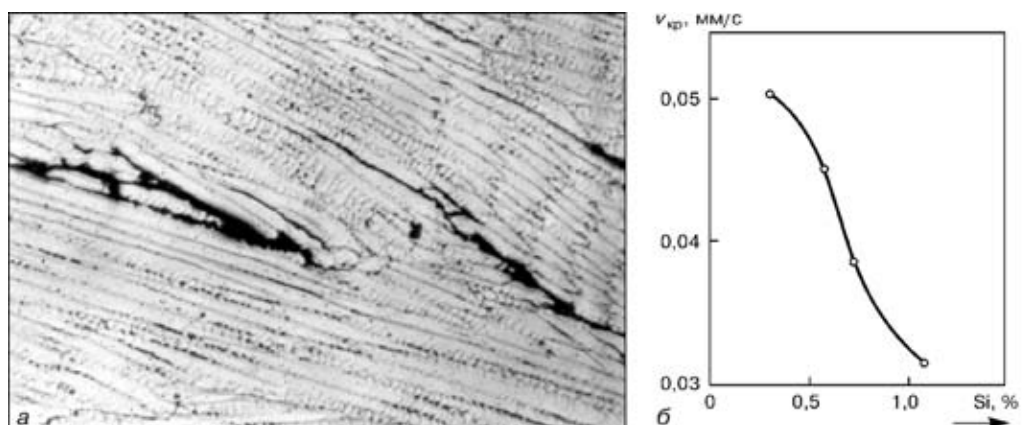


Рис. 1. Склонность к образованию кристаллизационных трещин в однофазных аустенитных швах: а — горячие кристаллизационные трещины в металле шва изделия из стали 20X25H20C2, $\times 100$; б — влияние кремния на критическую скорость $v_{кр}$ деформации наплавленного металла 21Cr–32Ni–Nb [4]



Таблица 1. Влияние содержания бора (мас. %) на критическую скорость деформации (склонность к образованию кристаллизационных трещин) $v_{кр}$ в аустенитных швах [5]

Тип металла шва	Si	B	$v_{кр}$, мм/мин
X14H18BM	0,51	—	0
	0,29	0,28	3,26
	0,48	0,28	3,14
X14H18BMTЮ	0,36	—	0
	0,69	—	0
	0,34	0,32	3,55
	0,56	0,36	3,55
X15H35BMT	0,35	—	0
	0,76	—	0
	0,37	0,33	1,54
	0,59	0,39	3,03

В структуре литых аустенитных сталей типа X25H20C2 присутствуют две первичные фазы — аустенит и кремнистая эвтектика. Благодаря этому эти стали характеризуются хорошей свариваемостью и отсутствием околошовных трещин. Проблема сварки таких сталей состоит в получении композиции металла шва, обеспечивающей стойкость против образования трещин. По аналогии с околошовной зоной устойчивость против образования трещин в шве также может быть обеспечена двухфазной первичной структурой его металла, например аустенитно-ферритной [3]. Установлено [3, 6], что для предотвращения горячих трещин

при сварке сталей и сплавов, работающих при повышенных и высоких температурах, в качестве второй первичной фазы в металле сварных швов целесообразно использовать боридную эвтектику. Среди исследованных с этой целью сплавов (железа, хрома, никеля) содержащих элементы, образующие эвтектику (фосфор, сера, хром, бор) [3], преимущество имеет бор. Ему уступает углерод, поскольку в процессе старения карбиды претерпевают превращения и такая структура не является стабильной. Главным преимуществом бора по сравнению с указанными элементами является стабильность структуры и свойств легированного бором наплавленного металла, отсутствие склонности к охрупчиванию и повышенная длительная пластичность швов.

Являясь активным возбудителем горячих трещин в швах при содержании в малых количествах (сотые доли процента), бор в больших количествах (более 0,3 % для аустенитных швов на основе железа и более 0,2 % для швов на основе никеля) предотвращает их образование. При достаточном содержании эвтектической жидкости она обволакивает кристаллиты и способствует релаксации сварочных напряжений. В результате устойчивость швов против образования трещин возрастает.

Об увеличении критической скорости деформации и стойкости к образованию горячих кристаллизационных трещин при легировании бором аустенитных швов типа 15Cr–35Ni (табл. 1) и никелевых швов типа ХН67МВТЮ [7] свидетельствуют данные работы [5]. Повышение стойкости швов против образования трещин отмечается также при легировании бором никелевых швов типа Ni–Cr и Ni–Cr–Mo [5].

В ИЭС им. Е. О. Патона был разработан ряд аустенитно-боридных сварочных материалов, которые обеспечивают повышение стойкости швов против растрескивания [5, 8]. В частности, для сварки стали 25Cr–20Ni–2Si разработана сварочная проволока ЭП 532 (08Х25Н20СЗР1) [9], которая используется в промышленности уже с 1970-х годов при сварке муфтелей цементационных печей, роликов термических печей, ремонтной сварке сопловых аппаратов и лопаток турбин газоперекачивающих агрегатов, газотурбинных лопаток [5, 7, 10–13].

В настоящей работе приведены сведения о применении аустенитно-боридной проволоки ЭП 532 для сварки коллекторов газовой турбины в форсированных турбопоршневых двигателях*, которые серийно выпускает ПО «Завод имени Малышева» (Харьков).

Разработанные в ХКБД турбопоршневые двигатели с повышенным уровнем форсирования оснащены высокоскоростными выпускными коллекторами, выполненными в виде двух асимметричных эжекторов. Назначение коллекторов — подвод потоков выпускных газов к силовой турбине. Температура и давление газа в коллекторах изменяются соответственно от 300 до 900 °С и от 150 до 400 кПа

* В работах ХКБД по сварке коллекторов принимал участие конструктор А. В. Чемерис.

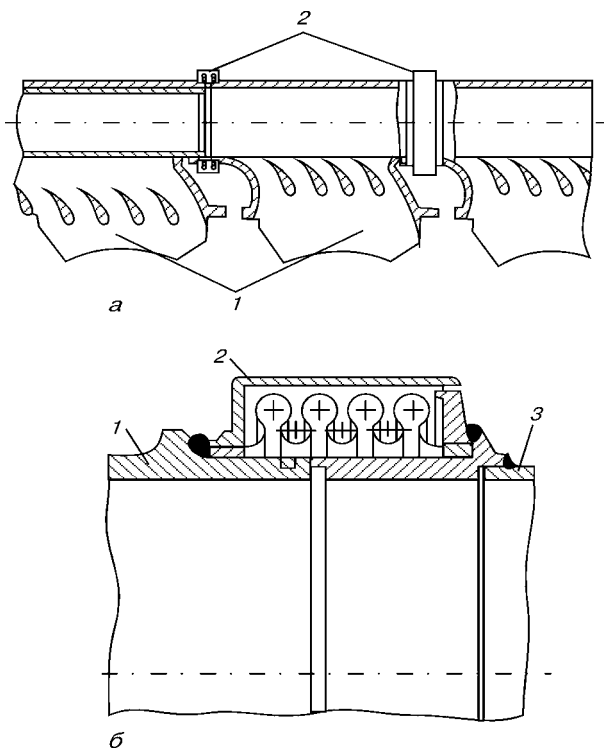


Рис. 2. Конструкция сварного коллектора турбины: а — схема соединения деталей в коллекторе: 1 — литые патрубки; 2 — промежуточный компенсатор; б — схема соединения деталей в сварном узле патрубков-компенсатор перед входом в турбину: 1 — патрубок из литой стали 20Х25Н19С2Л; 2 — предохранительный стакан сильфона из стали 10Х18Н10Т; 3 — входник турбины

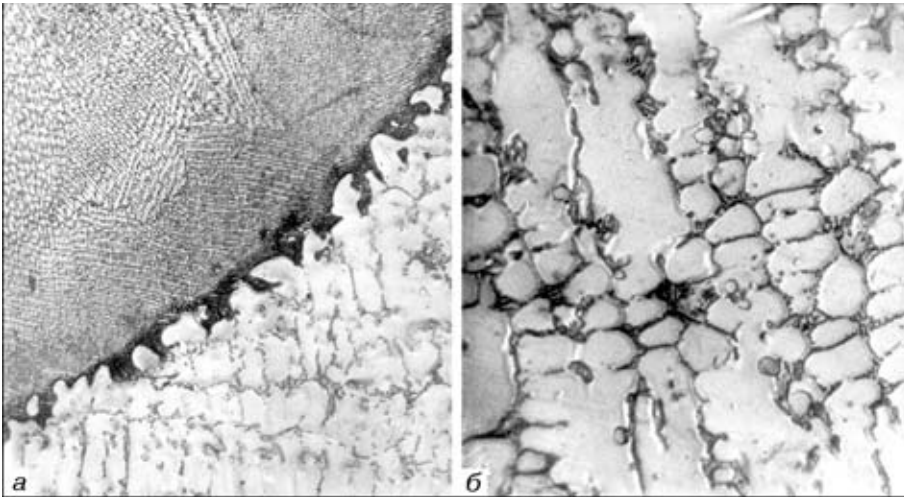


Рис. 3. Микроструктура сварного соединения коллектора патрубков-компенсатор со стороны патрубка (а, $\times 200$; б, $\times 100$)

Таблица 2. Содержание (мас. %) химических элементов в металле шва, основном металле и проволоке ЭП 532 сварного соединения коллектора патрубков-компенсатор

Объект исследования	C	Mn	Si	Cr	Ni	B	S	P
Металл шва	0,09	1,05	2,3	22,10	17,3	0,55	0,014	0,021
Основной металл (сталь ЭИ 283)	0,16	1,10	3,3	25,2	19,0	—	0,014	0,019
Проволока ЭП 532 (в соответствии с требованиями ТУ)	$\leq 0,10$	$\leq 1,50$	2,5...3,0	24,0...27,0	18,0...21,0	0,50...0,80	$\leq 0,020$	$\leq 0,030$

с периодом 300 с. Коллекторы состоят из отдельных, изготавливаемых способом прецизионного литья патрубков из жаростойкой стали ЭИ 283, имеющих наружный диаметр 120 мм и толщину стенки 4 мм. Между патрубками размещены компенсаторы температурных деформаций (рис. 2).

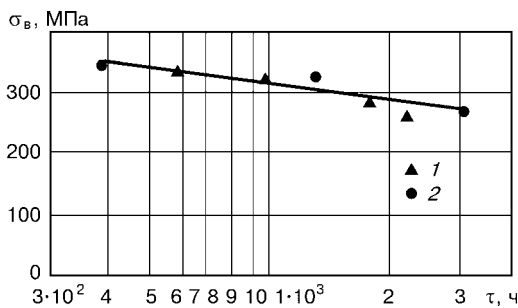


Рис. 4. Прочность сварных соединений стали ЭИ 283 при температуре 900 °С [5]: 1 – сварное соединение; 2 – основной металл

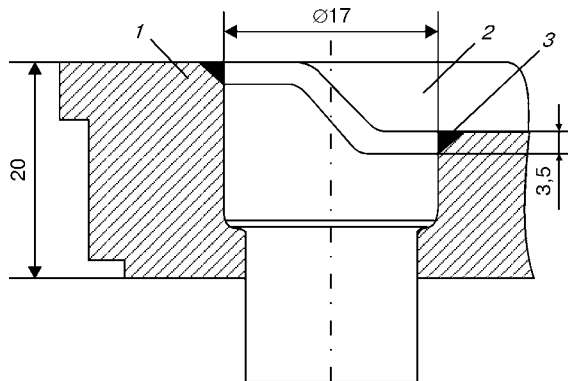


Рис. 5. Схема соединения деталей камеры сторания: 1 – накладка из стали 20X25H20C2; 2 – крепежная деталь из сплава ЭИ 893; 3 – шов

Последние изготовлены из аустенитной стали 10X18H10T и изолированы от непосредственного воздействия горячего газа.

Разнородное соединение – патрубок из кремнийсодержащей стали ЭИ 283 и компенсатор из стали 10X18H10T выполняется ручной аргодуговой сваркой вольфрамовым электродом с присадочной, легированной бором аустенитной проволокой ЭП 532. В этом случае получают металл шва с двухфазной первичной структурой (рис. 3) – γ -твердый раствор легирующих элементов в железе и боридную эвтектику $\gamma + (Cr)B$ или $(Cr, Si, Fe, Ni)_nB_m$. Содержание легирующих элементов в металле шва сварного соединения коллектора пат-

Таблица 3. Окалиностойкость основного металла и металла сварных швов, выполненных проволокой ЭП 532, при температуре 1100 °С [5]

Объект исследования	Массовая доля элементов, %			Привес, г/(м ² ·ч)
	Cr	Si	B	
Сталь ЭИ 283	25,9	1,70	—	0,236
Металл шва	25,7	2,56	0,50	0,271

Таблица 4. Механические свойства сварных соединений стали ЭИ 283, выполненных проволокой ЭП 532, до и после эксплуатации при комнатной температуре

Объект исследования	Состояние	σв, МПа	a _н , Дж/см ²
Сварное соединение	После сварки и отжига	460*	19**
	После эксплуатации	420*	30**
Основной металл (сталь ЭИ 283)	До эксплуатации	456	140
	После эксплуатации	420	125

* Разрушение по основному металлу.
** Надрез по шву.

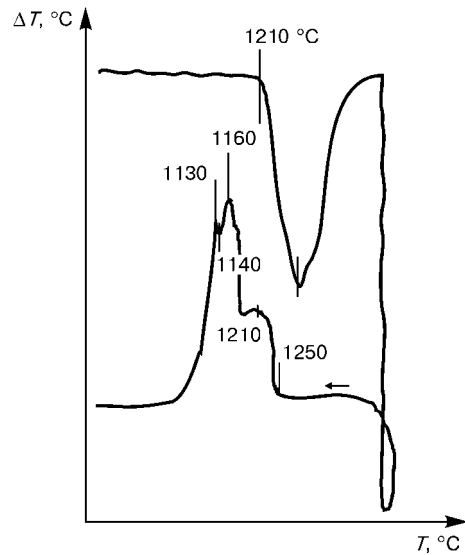


Рис. 6. Кривые, полученные методом ДТА при нагреве и охлаждении металла шва типа ХН60МР1, наплавленного электродами ЭЖ-6

Таблица 5. Механические свойства сварных соединений, имитирующих соединение коллектора патрубков-компенсатор из сталей ЭИ 283 и 10Х18Н10Т, выполненных проволокой ЭП 532

Объект исследования	T, °C	σ_t , МПа	σ_b , МПа	δ , %	ψ , %	a_{10} , Дж/см ²
Металл шва	20	310	530	14,2	18,2	22
	900	108	130	29,5	34,7	38
Сварное соединение	20	—	442*	—	—	—
	900	—	102*	—	—	—
Сталь ЭИ 283	20	270	460	18,0	24,2	140
	900	72	98	28,4	36,3	—

* Разрушение по стали 10Х18Н10Т.

рубков-компенсатор приведено в табл. 2. Применяемая при изготовлении коллекторов технология обеспечивает получение качественных сварных соединений, имеющих высокую эксплуатационную надежность.

В сварочной проволоке ЭП 532 кремнистая эвтектика является составной частью общей боридно-кремнистой эвтектики [5]. Одновременное введение бора и кремния в выбранном соотношении (0,50...0,80 % В и 2,50...3,00 % Si) обеспечивает стойкость металла шва против растрескивания и увеличивает уровень стойкости против окисления при высоких температурах (табл. 3). Окалиностойкость металла аустенитно-боридных швов, выполненных проволокой ЭП 532, при температуре 900 °C соответствует уровню стали ЭИ 283 (испытания проводили в течение 1000 ч, данные испытаний ЦКТИ им. И. И. Ползунова). По уровням прочности при кратковременном разрыве и длительной прочности сварные соединения стали ЭИ 283, выполненные проволокой ЭП 532, равновалены основному металлу [5] (рис. 4). Известная проблема охрупчивания однофазных сварных швов типа Fe-Cr-Ni при тепловом старении [3, 12] в двухфазных аустенитно-боридных швах, можно сказать, отсутствует. Сварные швы этого типа не подвержены охрупчиванию при длительной эксплуатации в условиях повышенных и высоких температур. Так, значение ударной вязкости металла шва муфелей цементационных печей из стали ЭИ 283 после длительной эксплуатации при 930 °C в течение 14 тыс. ч выше, чем в состоянии после сварки и отжига (табл. 4).

Оценку механических свойств сварных соединений коллектора проводили на образцах жестких сварных соединений, имитирующих соединение патрубков-компенсатор. Выполняли стыковую сварку образцов из сталей ЭИ 283 (литая пластина) и 10Х18Н10Т (деформированная листовая сталь) толщиной 10 мм в аргоне неплавящимся вольфрамовым электродом с присадочной проволокой ЭП 532.

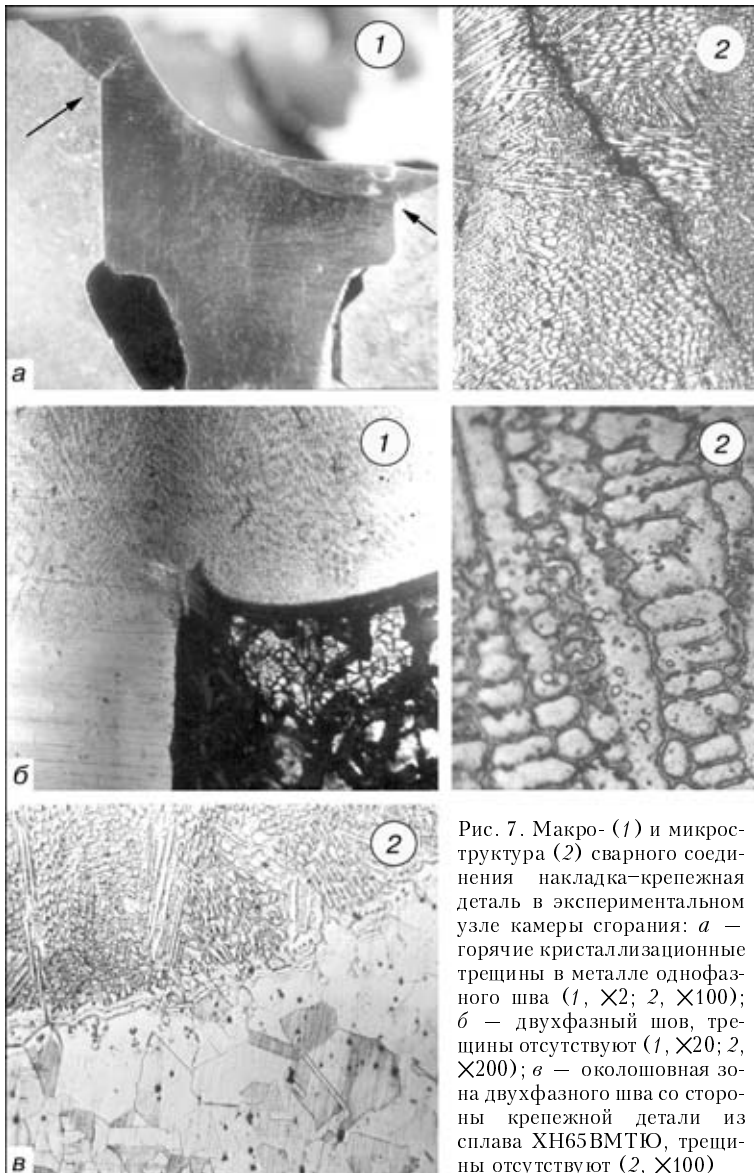


Рис. 7. Макро- (1) и микроструктура (2) сварного соединения накладка-крепёжная деталь в экспериментальном узле камеры сгорания: а — горячие кристаллизационные трещины в металле однофазного шва (1, X2; 2, X100); б — двухфазный шов, трещины отсутствуют (1, X20; 2, X200); в — околошовная зона двухфазного шва со стороны крепёжной детали из сплава ХН65ВМТЮ, трещины отсутствуют (2, X100)



Таблица 6. Содержание химических элементов в разнородных сварных соединениях наплавка–крепежная деталь из стали 20X25H20C2 и никелевого сплава ЭИ 893 (%)

Объект исследования	Присадка (электрод)	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	W	B	Fe	Al	Ti
Металл шва	ЭП 367*	0,11	0,63	0,40	16,6	Основа	11,3	0,9	—	9,0	0,10	0,20
		0,10	0,78	0,33	17,0	»	10,6	0,8	—	11,0	0,07	0,18
	ЭЖ-6**	0,10	1,22	0,43	19,0	»	14,5	1,0	0,58	10,5	0,0	0,20
Сталь 20X25H20C2	—	0,16	2,26	1,00	23,5	19,1	—	—	—	Основа	—	—
Сплав ЭИ 893	—	0,06	0,29	0,42	15,9	Основа	4,0	9,4	—	2,0	1,5	1,5

* При аргонодуговой сварке на режиме: $U_d = 220$ В; $I_{св} = 60...75$ А.

** При дуговой сварке на $I_{св} = 90...140$ А.

Как показали результаты испытания, по уровню кратковременной прочности при комнатной и высоких температурах сварные соединения, имитирующие соединение патрубков–компенсатор, близки к уровню прочности стали ЭИ 283 (табл. 5).

С научной и практической точки зрения представляют интерес также результаты экспериментальных работ, выполненные в ХКБД с участием ИЭС им. Е. О. Патона по сварке опытных деталей камеры сгорания: накладка из деформированной кремнийсодержащей стали X25H20C2 сваривается с крепежными деталями из жаропрочного никелевого сплава ЭИ 893 (ХН65ВМТЮ)*. При получении указанного разнородного сварного соединения (рис. 5) исходя из условий его прочности необходимо выполнение никелевого сварного шва. Как уже было отмечено выше, легирование бором с целью предотвращения образования сварочных трещин эффективно также для никелевых сварных швов [5, 7, 13]. Так, в работе [7] показано, что критическая скорость деформации $v_{кр}$ и соответственно стойкость против образования трещин никелевого наплавленного металла типа ХН67МВТЮ повышаются при содержании бора свыше 0,3 %.

Полученные в ИЭС им. Е. О. Патона способом ручной дуговой сварки разнородные жесткие стыковые соединения пластин из стали ЭИ 283 и никелевого сплава ЭИ 893 толщиной 20 мм, в которых сварку выполняли в V-образную кольцевую разделку (угол скоса кромки составлял 20...25°) глубиной 4 мм, показали эффективность применения никелевых боридных электродов ЭЖ-6, которые обеспечивают легирование наплавленного металла бором в пределах 0,45...0,75 %. Исследование проводили на макро- и микрошлифах. В микроструктуре металла шва присутствуют две первичные фазы — γ -твердый раствор элементов (Cr, Mo, Fe) в никеле и боридная эвтектика типа $\gamma + (Ni)_3B$ или $\gamma + (Ni, Cr, Fe, Si, Mo)_nB_m$. Наличие второй первичной фазы — эвтектики способствует повышению стойкости металла шва против образования горячих кристаллизационных трещин. Указанные жесткие образцы не имели трещин как после сварки, так и после последующей термообработки (нагрев 950 °С в течение 30 мин, охлаждение на воздухе).

Согласно термографическому анализу по методу ДТА, наплавленный никелевыми боридными элект-

родами ЭЖ-6 металл типа ХН60МР1 имеет относительно узкий температурный интервал кристаллизации (около 40 °С) (рис. 6). Кристаллизация начинается с выделения кристаллов γ -твердого раствора. По мере их роста жидкая фаза обогащается бором и другими сегрегирующими элементами.

В конце кристаллизации образуется эвтектика, объем которой составляет значительную часть наплавленного металла. В легированном никелевом сплаве ХН60МР1 температура эвтектики бора выше, чем в бинарном сплаве Ni–B (1140 °С), и составляет около 1210 °С. В условиях опытного производства ХКБД на экспериментальных деталях двигателей выполнена сварка указанных разнородных соединений. Было опробовано два варианта технологии — аргонодуговая сварка с присадочной никелевой проволокой ХН60М (ЭП 367) и дуговая сварка покрытыми электродами ЭЖ-6 (тип наплавленного металла ХН60МР1). В случае однофазного никелевого шва, полученного при аргонодуговой сварке с присадочной проволокой ЭП 367, в металле швов были обнаружены горячие трещины (рис. 7). В условиях производства и повышенной жесткости разнородных соединений натурных деталей из стали 20X25H20C2 и никелевого жаропрочного сплава ЭИ 893 качественное соединение без трещин было получено только при сварке двухфазным никелевым швом, выполненным электродами ЭЖ-6 (рис. 7, б). Сопоставление результатов сварки с данными о химическом составе металла швов (табл. 6) показывает, что в однофазном никелевом шве (присадочная проволока ЭП 367) горячие трещины образуются при содержании кремния 0,72...0,98 %. В устойчивом против образования трещин двухфазном боридном шве (электроды ЭЖ 6) содержание кремния выше и составляет 1,22 %.

Таким образом, результаты исследований разнородных сварных соединений аустенитной стали и жаропрочного никелевого сплава с высококремнистыми аустенитными сталями 20X25H19C2Л (ЭИ 283) и 20X25H20C2 коллекторов и экспериментальных деталей камеры свидетельствуют о повышенной устойчивости двухфазных аустенитно-боридных железохромоникелевых и никелевых сварных швов против образования горячих трещин. Аустенитно-боридные сварочные материалы являются перспективными материалами для сварных конструкций из жаропрочных сталей и сплавов.

* В работах ХКБД по сварке узла накладка–крепежная деталь принимал участие конструктор В. А. Борноенко.



1. *Опыт создания и перспективы применения сварных роторов газовых турбин турбопоршневых двигателей из жаропрочных никелевых сплавов* / Н. К. Рязанцев, И. Л. Ровенский, Н. И. Пинчук, В. Ф. Хорунов // Тез. докл. междунар. конф. «Сварка и родственные технологии — в XXI век» (Киев, ноябрь 1998 г.). — Киев: ИЭС им. Е. О. Патона, 1998. — С. 108–109.
2. *Ровенский И. Л., Пинчук Н. И., Ющенко К. А.* Создание цельносварного высокотемпературного ротора турбины для форсированных турбопоршневых двигателей // Двигателестроение. — 2001. — № 3. — С. 11–13.
3. *Медовар Б. И.* Сварка жаропрочных аустенитных сталей и сплавов. — М.: Машиностроение, 1966. — 480 с.
4. *Schmidtman E., Eckell W.* An investigation into the tendency to hot cracking when X10NiCrAlTi 32 20 material is manual are welded using electrodes of the X15MiCrNb 32 21 type of varying composition // Welding and Cutting. — 1983. — № 6. — P. 92–94.
5. *Медовар Б. И., Пинчук Н. И., Чекотило Л. В.* Аустенитно-боридные стали и сплавы для сварных конструкций. — Киев: Наук. думка, 1971. — 145 с.
6. *Медовар Б. И., Пинчук Н. И., Чекотило Л. В.* О повышении предельно допустимых концентраций фосфора и кремния в стабильно-аустенитных сварных швах // Докл. АН СССР. — 1963. — 3, № 150. — С. 541–543.
7. *Зимина Л. Н.* Свариваемые жаропрочные никелевые сплавы и принципы их легирования // МитОМ. — 1977. — № 11. — С. 2–7.
8. *А. с. 942336 СССР, МКП³ В 23 К 35/365.* Сварочный электрод / К. К. Ющенко, Л. С. Захаров, Н. И. Пинчук, В. Н. Липодаев. — Оpubл.; Бюл. № 22.
9. *Pat. 230190 DDR, В 23 К 35/365.* Schweißelektrode / К. А. Iuscenko, L. S. Zacharov, N. I. Pinchuk, V. N. Lipodaev. — Publ. 27.11.85.
10. *Ремонтная сварка направляющих лопаток турбин газоперекачивающих агрегатов* / Н. И. Пинчук, К. А. Ющенко, В. А. Матвеев, А. В. Шавель // Тез. 1-го Всесоюз. симп. «Новые жаропрочные и жаростойкие металлические материалы» (Москва, май 1989 г.). — М.: Черметинформация, 1989. — Ч. 1. — С. 103–104.
11. *Вопросы восстановления направляющих лопаток из сплава Хастеллой-Х отечественными сварочными материалами* / В. А. Матвеев, С. А. Шамарин, Е. Ф. Генрихов, С. А. Шумикин // Тез. докл. 2-й Всесоюз. конф. «Проблемы технологии сварки теплоустойчивых, жаростойких и жаропрочных высоколегированных сталей и сплавов» (Николаев, сент. 1985 г.). — Киев: ИЭС им. Е. О. Патона, 1985. — С. 57–58.
12. *Walser B., Sondereger B., Geiger T.* Ganzzeitversprödung von hitzbeständigem Cr-Ni-Stahlblech ung Schweissgut durch Sigma-Phase // Archiv Eisenhüttenwezen. — 1985. — № 10. — S. 519–523.
13. *Заварка литейных и эксплуатационных дефектов на лопатках газовых турбин из жаропрочных никелевых сплавов* / Н. И. Пинчук, В. Ф. Хорунов, Л. С. Захаров и др. // Тез. докл. междунар. конф. «Сварка и родственные технологии — в XXI век» (Киев, ноябрь 1998 г.). — Киев: ИЭС им. Е. О. Патона, 1998. — С. 93.

Experimental data are given on prevention of hot cracks in dissimilar welded joints of high-silicon steel 25Cr-20Ni-2Si and steel 10Kh18N10T, as well as nickel alloy KhN65VMТYU. It is shown that alloying of the weld metal with boron compounds in an amount of 0,45...0,80 wt. % leads to an increase in its technological strength.

Поступила в редакцию 07.08.2001,
в окончательном варианте 14.12.2001

BVV, ярмарки и выставки Брно, Чехия приглашают:

2 специализированные международные выставки одновременно

WELDING 2002 FOND-EX 2002

22–25 октября 2002 года

Уважаемые дамы и господа!

Позвольте пригласить Вас в Брно, Чехию на период с 22 по 25 октября 2002 года, где одновременно состоятся международные специализированные выставки: WELDING — сварочные работы и металлорезка; FOND-EX — литье.

Тематика выставки WELDING: машины и аппараты для автогенной сварки; автогенные резаки; наплавка; машины и аппараты электросварки; машины и приспособления для различных видов сварки; запчасти и другое необходимое оснащение по данной тематике; сварочные конструкции; техническое обучение и специализированная литература и издания.

Отрасли, представленные на выставке: тяжелая промышленность, легкая промышленность, энергохозяйство, химическая индустрия, строительство, торговля, сектор услуг, педагогика, наука, исследование и др.

Статистика: в прошедшей выставке WELDING в 2000 году на общей площади 4.242 кв.м. участвовали 120 фирм из 15 стран мира и посетили выставку вместе с выставками WELDING, SIMET ENVIBRNO 24.943 специалистов-посетителей.

Киевское бюро выставок Брно (Чехия)

03057 Киев, Украина, пр-т Перемоги, 40 Б
Тел.: +380 44 456 99 17/19
Факс: +380 44 456 99 21
E-mail: messeukr@carrier.kiev.ua