

Ю. Л. РУБИНЧИК

62912.011:621.791
P82

МЕХАНИЗИРОВАННАЯ
СВАРКА
КОРПУСНЫХ
КОНСТРУКЦИЙ
ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ
СПЛАВОВ

07402
30470



ИЗДАТЕЛЬСТВО «СУДОСТРОЕНИЕ»
ЛЕНИНГРАД

1974

Механизированная сварка корпусных конструкций из алюминиевых сплавов. Рубинчик Ю. Л. Л., «Судостроение», 1974. С. 136.

В книге обобщен опыт механизированной сварки корпусных конструкций из алюминиевых сплавов. Приведены данные об основных и сварочных материалах, а также оборудовании, используемом для автоматической, полуавтоматической и контактной сварки изделий из сплавов АМг. На основе передового производственного опыта, исследований и экспериментальных работ даны рекомендации по применению рациональной оснастки и приспособлений для сборки и сварки судовых конструкций, предложены оптимальные методы сборки и механизированной сварки узлов, секций и корпусов в целом.

Основное внимание уделено технологическим особенностям различных методов механизированной сварки. Рассмотрены вопросы организации сварочных работ на участках и линиях при изготовлении корпусных конструкций. Рекомендованы методы сварки и предложены мероприятия, с помощью которых возможно снизить сварочные деформации узлов и секций при их изготовлении. Изложены требования к качеству подготовки конструкций под сварку, а также сварочных материалов и сварных швов, даны способы исправления дефектных участков сварных швов. Рассмотрена экономическая эффективность различных методов механизированной сварки.

Книга предназначена для рабочих, мастеров и технологов, занимающихся изготовлением судовых корпусных конструкций из алюминиевых сплавов.

Илл. 63. Табл. 38. Литерат. 20 назв.

Рецензенты: Г. Я. Богданов, В. В. Долгоруков
Научный редактор А. В. Никонов

Р 31805 — 074
048(01)—74 28—74

© Издательство «Судостроение», 1974 г.

ВВЕДЕНИЕ

В судостроении все шире находят применение корпусные конструкции из алюминиево-магниевого сплава, обладающих хорошей свариваемостью и достаточно высокой прочностью. Постройка цельносварных судов из сплавов АМг дает возможность улучшить их тактико-технические данные за счет снижения массы и повышения коррозионной стойкости в морской воде.

Выполнявшаяся ранее в большом объеме ручная аргодуговая сварка корпусных конструкций и особенно конструкций надстроек толщиной 3—4 мм приводила к значительным сварочным деформациям и плохому внешнему виду изготавливаемых изделий.

Экспериментальные исследования и опытные работы, проведенные по сварке алюминиевых сплавов, показали, что одним из решающих факторов улучшения качества швов, уменьшения сварочных деформаций и увеличения производительности труда является применение механизированных методов взамен ручной аргодуговой сварки.

Вместе с тем отсутствие совершенных видов оборудования для автоматической и особенно полуавтоматической сварки плавящимся электродом до недавнего времени сдерживало освоение технологии механизированных видов сварки. Только в последнее время в результате разработки новых конструкций автоматов и полуавтоматов, внедрения импульсного метода сварки плавящимся электродом и усовершенствования технологии автоматической сварки трехфазной и сжатой дугой стало возможным на

некоторых предприятиях внедрить прогрессивные методы сварки и значительно повысить уровень механизации сварочных работ.

Расширение применения автоматической и полуавтоматической сварки является весьма актуальной проблемой, поэтому автор попытался обобщить и систематизировать имеющийся передовой производственный опыт, дающий возможность наладить практическое использование механизированной сварки при постройке судов из сплавов АМг.

МАТЕРИАЛЫ И ОБОРУДОВАНИЕ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОРПУСНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

§ 1

ДЕФОРМИРУЕМЫЕ АЛЮМИНИЕВО-МАГНИЕВЫЕ СПЛАВЫ И ИХ СВОЙСТВА

Алюминиевые термически неупрочняемые сплавы широко применяют в судостроении. Так, для изготовления корпусных деталей используют сплавы АМц, АМг2, АМг3; для изготовления корпусных конструкций, участвующих в общей прочности судна, и нагруженных деталей применяют сплавы АМг5В, АМг6, АМг61, которые имеют высокие прочностные характеристики, хорошие пластические свойства и достаточную коррозионную стойкость. Все эти сплавы обладают хорошей свариваемостью. Особенно стабильные и высокие свойства сварных соединений получают при дуговой сварке в защитных газах и контактной сварке. Сплавы АМц, АМг2, АМг3 имеют сравнительно невысокие прочностные свойства и применяются в основном для изготовления дельных вещей, насыщения систем, трубопроводов и других узлов. Прочность термически неупрочняемых сплавов может быть повышена за счет их обработки давлением (прокатка, штамповка).

Химический состав и механические свойства указанных сплавов приведены в табл. 1.

Теплофизические свойства основных алюминиево-магниевого сплавов даны в табл. 2.

Для изготовления корпусных конструкций имеется большой сортамент различных видов листов, профилей и панелей.

В последнее время нашли большое распространение прессованные профили и панели. Для контактной сварки применяют технологичные углубульбовые профили с отогнутой полкой в сторону, противоположную бульбу, зетовые профили и другие специальные профили. В табл. 3 и 4 указаны некоторые профили и панели, используемые в корпусных конструкциях.

В соответствии с техническими условиями листы и профили могут поставляться в различном состоянии: отожженными — условно обозначаются буквой М, полунагартованными — обозначаются буквой П и нагартованными — обозначаются буквой Н.

Таблица 1

Химический состав и механические свойства неупрочняемых алюминиевых сплавов, применяемых в судостроении (листы)

Марка сплава	Номера технических условий или ГОСТ	Химический состав компонентов, %					Механические свойства, гарантируемые по ТУ			
		Магний	Марганец	Кремний	Бериллий	Титан	предел текучести, кг/мм ²	предел прочности, кг/мм ²	относительное удлинение, %	ударная вязкость, кДж/см ² при 20°С
АМц	ГОСТ 12592-67	—	1-1,6	0,2-0,4	—	—	—	9	18	—
АМг-2	ГОСТ 12592-67	1,8-2,8	0,2-0,6	—	—	—	8	17	16	—
АМг-3	ГОСТ 12592-67	3,2-3,8	0,3-0,6	0,5-0,8	—	—	8	19	15	3,5
АМг-5В	ГОСТ 12592-67	4,8-5,8	0,5-0,8	0,5-0,8	0,002-0,00	0,02-0,2	13	28	15	5
АМг-6	ГОСТ 12592-67	5,8-6,8	0,5-0,8	0,5-0,8	0,002-0,00	0,02-0,2	16	32	15	3-4
АМг-61	СТУ 71-67 и МРТУ 5-961-3779-69	·	·	·	·	·	16-18	32-34	12-15	3-4

Таблица 2

Теплофизические свойства деформируемых алюминиево-магниевых сплавов, применяемых в судостроении

Марка сплава	Плотность, г/см ³	Коэффициент линейного расширения в интервале 20-100°С, 1/(°С·10 ⁻⁶)	Удельная теплоемкость, кал/(г·°С)	Удельная теплопроводность, кал/(см·с·°С)	Температура кристаллизации, °С
АМц	2,73	23,2	0,26	0,38 *	650
АМг	2,67	23,8	0,23	0,45 **	650
АМг-3	2,67	23,5	0,21	0,44 *	640
АМг-5В	2,65	23,9	0,22	0,39 **	630
АМг-6	2,63	24,7	0,22	0,35	630
АМг-61	2,65	24,1	0,22	0,3	630
				0,29	630
				0,28	630

* Нагартованные.

** Отожженные

Размеры поставляемых листов и плит составляют в ширину до 2 м при длине до 6 м. Профили имеют в длину 6-14 м. Листы и профили поставляются в упакованном виде и могут иметь предохранительную смазку.

Термически неупрочняемые сплавы обладают хорошими сварочными свойствами. В металле шва при правильном ведении процесса сварки отсутствуют трещины и другие дефекты.

Наибольшее распространение в судостроении получила аргонодуговая сварка, которая производится как неплавящимся, так и плавящимся электродом. При сварке плавящимся электродом для уменьшения образования пористости в сварных швах в последнее время широко применяют полуавтоматическую импульсно-дуговую сварку [3].

Предлагавшиеся ранее способы уменьшения пористости сварных швов, в частности, использование ультразвука для кристаллизации сварочной ванны, применение полировки сварочной проволоки и другие не нашли большого распространения. Прочность сварных соединений, выполняемых аргонодуговой сваркой, составляет 90% прочности основного металла.

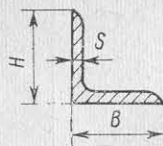
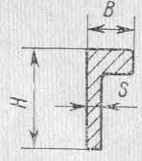
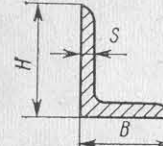
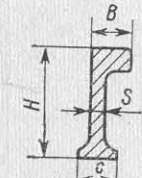
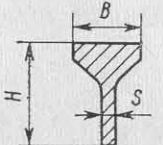
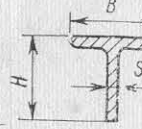
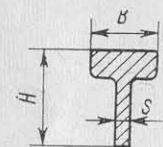
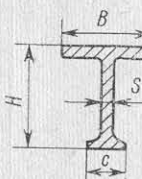
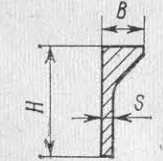
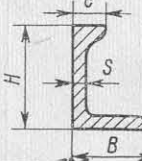
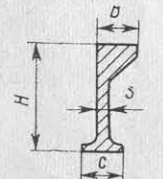
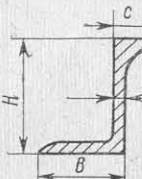
Листы и профили из сплавов АМг можно подвергать различным видам механической обработки, гибке на вальцах, листогибочных станках и другом оборудовании. Штамповать изделия из сплавов АМг можно как в холодном, так и в горячем состоянии при необходимости получения сложных форм заготовок.

Вырезка деталей из листов, панелей и другого проката производится в основном механическим способом на гильотинах и другом механическом оборудовании. Алюминиево-магниевые сплавы могут подвергаться также и газoeлектрической резке на специальных машинах или ручным резаком. Газoeлектрическую резку

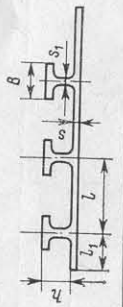
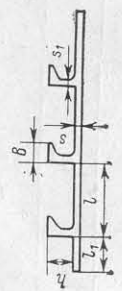
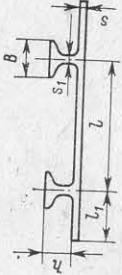
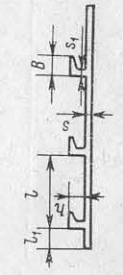
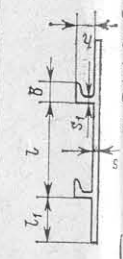
Некоторые профили, применяемые в судостроении

Таблица

Продолжение

Профиль	Сечение профиля	Размеры, мм								Профиль	Сечение профиля	Размеры, мм							
		S		H		B		c				S		H		B		c	
		наименьшее	наибольшее	наименьшее	наибольшее	наименьшее	наибольшее	наименьшее	наибольшее			наименьшее	наибольшее	наименьшее	наибольшее	наименьшее	наибольшее	наименьшее	наибольшее
Угольник равнобокий		1,5	20	15	200	15	200	—	—	Полособульб несимметричный с прямоугольной головкой		3,5	7	70	170	15	32	—	—
Угольник неравнобокий		2	16	20	200	15	120	—	—	Полособульб несимметричный с прямоугольной головкой и пояском		3,5	7	70	170	15	32	18	25
Полособульб симметричный		2,5	12	40	300	13	90	—	—	Тавр		6	11	180	300	90	170	—	—
Полособульб симметричный с прямоугольной головкой		3	8	50	200	18	70	—	—	Тавр с пояском		6	11	180	300	90	170	26	36
Полособульб несимметричный		2,5	9	40	200	10	14	—	—	Углобульб с полкой в сторону бульба		3	5	40	120	30	50	13	26
Полособульб несимметричный с пояском		2,5	4,5	40	100	10	22	14	20	Углобульб с полкой в сторону, противоположную бульбу		2	5	35	120	20	40	9	26

Панели из сплава АМг61, применяемые для корпусных конструкций

Шифр панели	Поперечное сечение	Размеры сечения, мм					
		S	S ₁	h	B	l	l ₁
ПК-0265 ПК-01004		4	3	40	30	200	135
		6	4	50	30	155	80
ПК-0424 ПК-0257		4	3,5	50	14	200	100
		6	6	90	28	450	225
ПН-13-1.0610 ПН-13-2.0812 ПН-13-3.1014 ПН-14.1216		6	4,5	100	31	500	250
		8	5	120	38	500	250
		10	6	140	42	580	250
		12	6,5	160	48	500	250
ПК-0266		3	2,5	40	20	200	135
ПК-01005		4	4	80	19	400	200

обычно применяют для вырезки деталей с криволинейным контуром и вырезки фланцев. Прямолинейные детали обычно подвергают газозлектрической резке в том случае, когда большая толщина листов не позволяет разрезать их на гильотинах или другим механическим оборудованием. Газозлектрическая резка требует в ряде случаев после себя дополнительной обработки кромок.

§ 2

СВАРОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ СВАРКИ

Как уже отмечалось выше, в судостроении при изготовлении конструкций из алюминиево-магниевых сплавов наиболее широко применяют дуговую сварку в защитных газах (аргон или гелий) и контактную сварку. Указанные методы сварки требуют высококачественных сварочных материалов, таких, как сварочная проволока, аргон, вольфрам, а также медных сплавов для изготовления электродов к контактным машинам.

Сварочная проволока. Для аргонодуговой сварки, как полуавтоматической, так и автоматической, сварочная проволока может поставляться диаметром 0,8—12 мм по ГОСТ 7871—63.

Для полуавтоматической сварки плавящимся электродом рекомендуется проволока диаметром 0,8—2 мм, для автоматической сварки неплавящимся и плавящимся электродами — проволока диаметром 2 мм и выше. Марку и химический состав электродной проволоки (табл. 5) выбирают в зависимости от марки основного металла и требований, предъявляемых к прочности сварного соединения.

Таблица 5

Химический состав сварочной проволоки (в %) по ГОСТ 7871—63

Марка проволоки	Химический состав (в %)									
	Алюминий	Магний	Марганец	Железо	Кремний	Титан	Бериллий	Цинк, не более	Медь, не более	
Св. АМц	Основа	0,05	1,0—1,5	0,3—0,5	0,2—0,4	—	—	—	—	—
Св. АМгЗ	»	3,2—3,8	0,3—0,6	0,5	0,5—0,8	—	—	0,1	0,2	0,05
Св. АМг5В	»	4,8—5,8	0,5—0,8	0,4	0,4	0,1—0,2	0,002—0,005	0,2	0,05	0,05
Св. АМг6	»	5,8—6,8	0,5—0,8	0,4	0,4	0,1—0,2	0,002—0,005	0,2	0,1	0,1

Примечание. Прочие примеси для всех марок проволоки — не более 0,1%.

Прочность сварного соединения должна быть не ниже 0,9 основного металла.

Рекомендуемые марки сварочной проволоки при механизированной сварке конструкций приведены ниже.

Марка сваряемого сплава	АМц	АМг, АМгЗ	АМг5В	АМг6	АМг61
Рекомендуемая марка сварочной проволоки	Св. АМц	Св. АМг5В	Св. АМг5В или Св. АМг61	Св. АМг61 или Св. АМг6	Св. АМг61

При полуавтоматической сварке желательно иметь проволоку дополнительно нагартванную для лучшей проходимости ее через каналы шлангов и стабильного горения дуги.

Сварочную проволоку малых диаметров серийно выпускают диаметром $\geq 1,5$ мм. Проволоку диаметром $< 1,5$ мм обычно изготавливают непосредственно на заводах-потребителях путем перетяжки небольших партий, что сдерживает применение полуавтоматической сварки при изготовлении конструкций малой толщины.

Подготовка сварочной проволоки к сварке на судостроительных предприятиях заключается в удалении с нее смазки и окисной пленки. Для этого бухты проволоки развешивают на прядки и подвергают химической очистке по следующей технологии:

- обезжиривание с помощью смывок ОП-7 и ОП-10;
- травление при температуре 60—70°С в течение 5—20 мин в растворе, состоящем из едкого натрия (8—12 г/л), кальцинированной соды (40—50 г/л), тринатрийфосфата (40—50 г/л);
- промывка в горячей воде при температуре 50°С в течение 1 мин;
- промывка в холодной проточной воде;
- осветление в растворе, состоящем из хромового ангидрида (100 г/л) и серной кислоты (плотностью 1,84—10 м/л) при температуре 15—25°С;
- промывка в холодной, затем в горячей проточной воде;
- сушка при температуре 60—80°С до полного удаления влаги.

При травлении, осветлении и промывке проволоку необходимо периодически встряхивать.

Могут применяться и другие способы химической очистки сварочной проволоки и электрохимического полирования, которые обеспечивают необходимое качество подготовки поверхности.

Большое внимание следует уделять хранению проволоки после химической обработки, так как источником появления пор при сварке может быть не только влага, но и водородсодержащие вещества, адсорбированные на поверхности. Предотвращению пористости способствует также уменьшение времени хранения проволоки, срок хранения которой для полуавтоматической и автоматической сварки не должен превышать 8—16 ч. Проволока, хранящаяся дольше указанного времени, должна быть повторно химически обработана. Хранят проволоку на складах в цехах в специальных шкафах.

Защитные газы. В качестве защитных газов для полуавтоматической и автоматической сварки применяют аргон, гелий и их смеси. Наиболее широко используют аргон марки А по ГОСТ 10157—62. Иногда для автоматической сварки листов толщиной более 10 мм и автоматической микроплазменной сварки применяют гелий марок А и Б по МРТУ 51-04-23—62 или смесь аргона с гелием в пропорциях 40% гелия и 60% аргона [16]. В табл. 6 даны физические свойства защитных газов.

Таблица 6

Физические свойства инертных газов, применяемых для механизированной сварки

Газ	Атомная масса	Масса 1 л, г	Температура кипения, °С	Теплопроводность, кал/(см·с·°С)
Аргон	39,944	1,7833	—185,5	$0,378 \cdot 10^{-4}$
Гелий	4,003	0,17847	—268,9	$3,32 \cdot 10^{-4}$

Промышленное получение аргона производится из воздуха путем его сжижения. Температура кипения аргона (—186°С) ниже, чем кислорода (—183°С), и выше, чем азота (—190°С). В разделительных колоннах происходит избирательное испарение отдельных газов. Дальнейшим глубоким охлаждением и фрикционной перегонкой этой смеси повышают концентрацию аргона до требуемой величины. Очистку аргона от остатков кислорода производят путем беспламенного сжигания водорода в «сыром» аргоне в присутствии катализатора. Применяют также очистку аргона от кислорода в реакторах, заряжаемых гранулами активной окиси меди. В чистом аргоне в виде примесей остаются небольшие количества кислорода, азота и влаги (табл. 7).

Таблица 7

Химический состав аргона по ГОСТ 10157—62

Содержание в объемах, %	Марка аргона		
	А	Б	В
Аргон	Не менее 99,99	Не менее 99,96	Не менее 99,9
Азот	Не более 0,01	Не более 0,04	Не более 0,1
Кислород	Не более 0,003	0,005	0,005
Содержание влаги при давлении 760 кгс/см ²	0,03	0,03	0,03

В последнее время, в связи со значительным расходом аргона при изготовлении корпусных конструкций из алюминиевых сплавов, на судостроительных заводах для питания цехов и участков аргоном устанавливают рампы (для централизованного питания постов сварки от баллонов и автореципиентов) или разрядные станции, которые питаются от железнодорожных цистерн или автомашин типа АГУ с жидким аргоном.

Жидкий аргон в специальных испарителях, которыми оборудованы станции, превращается в газообразный, с помощью специального устройства его давление понижается до 2—3 кгс/см² и при этом давлении газ подается в заводскую или цеховую магистраль для питания сварочных постов.

Гелий получают из природных газов также путем их сжижения. Природный газ предварительно очищают от окиси и двуокиси углерода, подвергают осушке, а затем сжижают. Метан и другие углеводороды отделяют в адсорберах с активированным углем. В виде примесей остается небольшое количество азота, водорода, кислорода и влаги.

Аргон и гелий обычно поставляют в баллонах при давлении 150 кгс/см².

Вольфрамовые прутки. В качестве неплавящегося электрода для аргонодуговой сварки алюминиевых сплавов применяют вольфрам по ТУ ВМ2-529—57.

Вольфрамовые электроды представляют собой тянутые прутки диаметром 0,5—6 мм или кованные диаметром до 7—10 мм.

Металлический вольфрам высокой частоты (до 99,7%) получают электролизом расплава вольфрамита или шеелита с бурой при температуре 1050—1300°С или химической обработкой минералов [CaO·WO₃ и (FeO, MnO) WO₃]. В результате образуется трехокись вольфрама WO₃, которую затем восстанавливают водородом при температуре 500—850°С, получая порошкообразный вольфрам. Порошковый вольфрам подвергают прессованию, спеканию и свариванию. Путем дальнейшей проковки и волочения получают тонкие прутки необходимого диаметра.

Основные физические свойства вольфрама указаны ниже.

Плотность при 20°С, Г/см ³	19,35
Коэффициент линейного расширения при температуре 100°С	4,4·10 ⁻⁶
Температура, °С:	
плавления	3377
кипения	5000
Удельная теплоемкость при 20°С, кал/Г°С	0,0323
Удельная теплопроводность при 20°С, кал/см·с·°С	0,4
Удельное электросопротивление при 0°С, Ом·см	5,035·10 ⁻⁶
Температурный коэффициент электросопротивления в интервале 20—100°С	4,82·10 ⁻³
Твердость НВ, кгс/мм ²	350

Расход вольфрама составляет ~ 0,002—0,005 кг на 1 пог. м сварки. Однако при значительном увеличении силы тока, приводящей к разбрызгиванию вольфрама, коротких замыканиях на изде-

лие, высокой влажности защитного газа, а также при нерациональном использовании оставшейся части электрода возможно увеличение расхода вольфрама.

Материал для электродов контактной сварки. Основными критериями для выбора электродного материала для контактной сварки являются высокая электро- и теплопроводность, жаропрочность и твердость сплава. Медь обладает высокой электропроводностью, однако не имеет необходимой жаропрочности и твердости. Для увеличения твердости при повышенных температурах медный сплав легируется добавками кадмия и хрома, а также серебряром. Чистую медь иногда нагартовывают для увеличения твердости. (Некоторые марки материалов, применяемые для изготовления электродов при контактной сварке, приведены в табл. 8.)

Сплав ВрХ07 — дисперсионно-твердеющий, упрочняемый термообработкой. Кадмиевая медь не упрочняется термообработкой. Упрочнение сплава связано с проведением операций холодной штамповки, протяжкой, проковкой или обжатием в специальных штампах. Наиболее благоприятным сочетанием свойств электропроводности и жаропрочности отличается сплав Мц5Б, в связи с этим его можно использовать для сварки алюминиевых сплавов толщиной до 5—7 мм на относительно мягких режимах с высокими значениями удельного давления.

Стандартные электроды для контактных машин поставляют некоторые заводы. В большинстве случаев заводы-потребители из получаемых материалов сами изготавливают электроды для эксплуатации контактных машин.

§ 3

СВАРОЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ МЕТОДОВ СВАРКИ, ИХ НАЗНАЧЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ

Оборудование для автоматической сварки

Сварка неплавящимся электродом. В судостроении для автоматической сварки стыковых швов полотниц неплавящимся электродом применяют автоматы типа АДСВ-2, которые предназначены для сварки стыковых соединений толщиной 2—6 мм на переменном токе. При модернизации сварочной головки могут свариваться стыковые соединения толщиной до 10 мм (сварочная горелка снабжается цангами для сварки вольфрамовыми прутками до 6 мм).

Автомат АДСВ-2 тракторного типа состоит из самоходной тележки, шкафа управления, в котором имеется устройство для плавного гашения дуги. На тележке установлены сварочная головка и пульт управления. Горелка сварочной головки снабжена комплектом сменных сопел и цанг для крепления вольфрамовых электродов диаметром 2—5 мм. Охлаждение горелки водяное. Автомат

Таблица 8
Марки материалов, применяемых для изготовления электродов при контактной сварке алюминиевых сплавов

Материал	Марка сплава	ТУ или ГОСТ	Требуемая твердость по Бринеллю, НВ	Твердость в состоянии поставки		Обработка для получения требуемой твердости
				диаметр или толщина, мм	НВ	
Кадмиевая медь; прутки тянутые и прессованные	МК	СТУ 49-1084—64	100—110	12—26	110	Холодная деформация в оправке на 30—40%
				30	95	
				40—120	50	
Хромовая бронза; прутки тянутые и прессованные	БрХ07	СТУ 30-271—62	120	—	—	Термообработка, закалка с температурой 980—1000°C, выдержка 1—1,5 ч
				10—30	110	
Хромовая бронза; полосы	БрХ07	МПУ 4372—54	110	—	—	Промежуточная холодная деформация 40—60% и отпуск при температуре 450—480°C, выдержка 4—5 ч
Хромокадмиевый сплав; прутки тянутые и прессованные	Мц5Б	ТУ 1025—63	120	—	—	Поставляются термически обработанные
				—	—	
						Термообработка, закалка в воде при температуре 960°C, выдержка 1—1,5 ч
						Промежуточная холодная деформация при температуре 40—60°C и отпуск при температуре 470°C, выдержка 4—5 ч

обычно движется по направляющим, установленным на специальных стендах для сварки полотнищ.

В последнее время для сварки стыковых швов применяют автомат типа АДСВ-5 с подвесной сварочной головкой, который отличается тем, что движется по специальным направляющим поргала. Автомат АДСВ-5 предназначен для сварки нержавеющей сталей на переменном токе, но может быть переоборудован для сварки на переменном токе неплавящимся электродом. Питание таких автоматов для сварки неплавящимся электродом обычно осуществляется переменным током от трансформатора ТС-32 или других источников питания.

На некоторых заводах для автоматов типа АДСВ-2 и других источником питания служат установки УДАР-300, УДАР-500 или УДГ-301, УДГ-501, при этом в процессе сварки более устойчиво горит дуга из-за наличия у них стабилизатора напряжения. Подача аргона в горелку происходит также автоматически по схемам установок УДАР и УДГ.

Недавно разработан и испытан головной образец автомата «Алюминий-1» (табл. 9), который может быть применен как для сварки неплавящимся электродом, так и для сварки сжатой дугой на переменном токе.

Таблица 9

Основные технические характеристики автоматов для сварки неплавящимся электродом и сварки сжатой дугой на переменном токе

Параметр	Тип автомата		
	«Алюминий-1»	АДСВ-2	АДСВ-5
Сила тока, А	1000	400	300
Скорость, м/ч:			
сварки	8—40	10—80	10—90
подачи присадочной проволоки	40—140	10—80	10—100
Напряжение питания блока аппарата, В	220 и 380	220 и 380	220 и 380
Диаметр вольфрамового электрода, мм	4—10	2—6	1—4
Масса, кг:			
трактора сварочного	80	70	65
аппаратного шкафа	85	52	160
Габариты, мм:			
трактора сварочного	335×400×635	560×600×480	225×450×790
аппаратного шкафа	845×405×670	730×515×1050	1075×300×1660

Сварка плавящимся электродом. Для сварки стыковых швов толщиной 4 мм и более плавящимся электродом применяют автоматы типа АДСП-2. Автомат АДСП-2 тракторного типа состоит из самоходной тележки и шкафа управления. На тележке установлены сварочная головка и пульт управления. Горелка автомата снабжена комплектом сменных сопел и наконечником для сварки

проволокой диаметром 1; 1,2; 1,6; 2; 2,5 и 3 мм. Охлаждение горелки водяное. Автомат может устанавливаться на специальной стенде для сварки или двигаться по направляющим при сварке по лотнич «на весу». Для сварки плавящимся электродом применяются также автоматы типа АДПГ-500. В последнее время для более устойчивого горения дуги при сварке в схему автомата включают импульсную приставку, которая обеспечивает лучшее формирование шва, а также делает возможным в ряде случаев выполнять сварку соединений малой толщины (3—4 мм). В табл. 10 даны характеристики автоматов АДСП-2 и АДПГ-500.

Таблица 10

Технические характеристики автоматов АДСП-2 и АДПГ-500 для сварки алюминиевых сплавов плавящимся электродом

Параметр	Тип автомата	
	АДСП-2	АДПГ-500
Толщина свариваемого материала, мм	Более 3	Более 3
Скорость сварки, м/ч	10—80	15—70
Вид тока	Постоянный, обратная полярность	Постоянный, обратная полярность
Максимальная сила сварочного тока, А	400	500
Диаметр присадочной проволоки, мм	1—3	0,8—2,5
Скорость подачи электродной проволоки, м/ч	100—800	90—960
Номинальное напряжение питающей сети, В	220 или 380	220 или 380
Расход охлаждающей воды, л/мин	До 6	До 6
Габариты трактора, мм:		
длина	560	570
ширина	600	265
высота	480	425
Масса, кг	63	28
Габариты аппаратного шкафа, мм:		
длина	730	730
ширина	515	515
высота	1050	1050
Масса, кг	52	52

Для сварки швов тавровых соединений (приварка набора) иногда применяют модернизированный автомат типа АСУ. Сварку швов тавровых соединений можно выполнять «в лодочку» или «в угол» сварочной проволокой диаметром 2 мм.

Для сварки трехфазной дугой применяют автоматы типов АДСВ-2 и АДСП-2 и некоторые другие, на которых устанавливают специальные горелки. Автоматы имеют источник типа ИТД 600/1000м для питания трехфазной дуги.

Оборудование для полуавтоматической сварки

При обычной и импульсно-дуговой полуавтоматической сварке плавящимся электродом применяют только те полуавтоматы, которые обеспечивают стабильную подачу сварочной проволоки. Применявшиеся ранее в судостроении полуавтоматы типов ПДА-180, ПДА-300, ПШП-6, ПШП-9 и ПШП-10 ввиду ряда недостатков и, в частности, из-за плохой подачи сварочной проволоки не нашли широкого распространения. Даже после некоторой модернизации они не обеспечивают хорошую подачу проволоки и не позволяют получить стабильный струйный процесс сварки.

В 1954 г. была проведена работа по выявлению возможности использования полуавтоматов ПДА-180 и ПДА-300 для сварки конструкций из сплавов АМг толщиной 3—5 мм проволокой диаметром 0,8—1,5 мм. В результате было установлено следующее.

1. Полуавтомат ПДА-300 при использовании проволоки диаметром 1,5 мм не обеспечивает получение струйного процесса сварки из-за недостаточной скорости и нестабильной подачи проволоки. При сварке листов толщиной 3—5 мм возникают прожоги. Полуавтомат позволяет производить сварку только при капельном переносе металла через дуговой промежуток, что обеспечивает стабильный процесс и хорошее формирование шва, но снижает эффективность сварки.

2. Полуавтомат ПДА-180, предназначенный для сварки проволокой диаметром 0,8—1,2 мм, после переделки и, в частности, введения фторопластового канала для подачи сварочной проволоки получил возможность несколько улучшить подачу сварочной проволоки и обеспечить струйный процесс горения дуги при сварке конструкций толщиной свыше 4 мм.

Применение фторопластовых каналов для подачи сварочной проволоки сделало возможным дальнейшее совершенствование системы подачи проволоки у сварочных полуавтоматов.

В 1967 г. в производственных условиях был использован первый образец малогабаритного полуавтомата «Спутник», работающий на проволоке диаметром 0,8—1 мм, что позволяет выполнять сварку во всех пространственных положениях. Малогабаритные пульт управления и механизм подачи сварочной проволоки полуавтомата расположены на пояском ремне. В настоящее время полуавтомат «Спутник-2» после некоторой доработки широко применяют при сварке корпусных конструкций из алюминиевых сплавов.

На судостроительных заводах пользуются также ранцевыми полуавтоматами типов ПРМ-2 и ПРМ-4. В этих полуавтоматах имеются малогабаритные держатели с гибким шлангом. Внутри шлангов находятся фторопластовые каналы, обладающие низким коэффициентом трения, обеспечивающие хорошую подачу проволоки. Равномерная подача сварочной проволоки делается возможной также за счет применения двух пар подающих роликов. Пульт управления полуавтоматом расположен в переносном ранце для более удобного управления процессом сварки.

В 1970—1971 гг. были проведены опытные работы с макетными образцами сварочных полуавтоматов типов ПДГИ-101 и «Электрон» для сварки конструкций малой толщины, которые в ближайшее время будут серийно выпускаться промышленностью.

Технические характеристики некоторых полуавтоматов приведены в табл. 11.

Технические характеристики полуавтоматов

Параметр	Тип полуавтомата			
	ПРМ-2	ПРМ-4	«Электрон»	«Спутник-2»
Сила номинального сварочного тока, А	300	500 (большая горелка) 200 (малая горелка)	300	200
Пределы регулирования скорости подачи сварочной проволоки, м/ч	100—750	100—800	60—600	200—600
Диаметр сварочной проволоки, мм	1—2	0,5—2	1,2—1,6	0,8—1
Масса, кг:				
горелки	2	2,5—2,4	0,3	0,25
аппаратного шкафа	24	18	60	8

В результате проведенных исследований по полуавтоматической сварке была найдена возможность управлять процессом образования и переноса капли расплавленного электродного металла через дуговой промежуток при сварке в защитных газах. Это достигается путем наложения на основной сварочный ток дополнительных мощных импульсов тока, полученных от отдельного источника питания (импульсной приставки). Этот процесс получил название импульсно-дуговой сварки плавящимся электродом. В принципе установка для импульсно-дуговой сварки состоит из источника сварочного тока, обеспечивающего горение дуги в промежутке между импульсами, и генератора импульсов, подающего в дугу мощные импульсы тока. Пиковые значения импульсного тока могут превышать ток основной дуги в несколько раз [11, 14, 15].

Наложение импульсов значительно расширяет диапазон сварочного тока, что позволяет применять проволоку диаметром 1,6 и 2 мм при сварке во всех пространственных положениях. Наложение импульсов тока вызывает пульсацию давления дуги на сварочную ванну, что способствует улучшению формирования швов и значительно уменьшает их пористость. Металл шва становится более плотным, имеет измельченную структуру и содержит меньше опасных включений, чем при обычных способах сварки.

Первой конструкцией импульсной приставки, примененной для полуавтоматической сварки плавящимся электродом, была приставка типа ИПП-1. Она предназначалась для сварки во всех пространственных положениях проволокой диаметром 1,6—2 мм.

Техническая характеристика приставки ИПП-1 следующая: напряжение питания 380 В (три фазы), частота 50 Гц, мощность 5 кВА, частота следования до 50 имп/с.

При наложении кратковременного импульса повышается стабильность горения дуги и создается возможность сварки при низких значениях силы тока, что уменьшает возможность прожогов при сварке конструкций малой толщины. Наложение импульса тока помогает направленному переносу электродной капли, способствует улучшению электродинамического сжатия дуги, что особенно важно при сварке в различных пространственных положениях. Силу тока при импульсной полуавтоматической сварке регулируют переносным потенциометром. Импульсы тока регулируют на импульсных приставках переключателями импульсов. При недостаточной величине импульса капля расплавленного металла не срывается с конца сварочной проволоки и вызывает значительное выделение дыма и брызг. Большой импульс тока приводит к выплескиванию капель из сварочной ванны. Длительность импульса устанавливается в зависимости от диаметра сварочной проволоки.

В настоящее время приставки типа ИПП-1 и улучшенной конструкции ИПП-2 не изготавливают, на смену им выпускают импульсные приставки типа ГИД-1, генераторы импульсов типа ГИ-ИДС-1 и импульсные генераторы ВДГИ-102 и ВДГИ-301 (табл. 12).

Оборудование для контактной сварки

Контактная сварка получила большое распространение в различных отраслях промышленности, в том числе и в судостроении.

В последнее время контактные сварочные машины широко применяют при изготовлении алюминиевых конструкций, где сложный процесс сварки осуществляется почти без участия человека, они обеспечивают стабильное качество и высокую производительность (в среднем 15—25 сварных точек в минуту). Особенности устройства контактных машин позволяют успешно использовать их в поточных линиях и на механизированных участках сварки.

Для изготовления корпусных конструкций из сплавов АМг и приварки к ним узлов насыщения служат специализированные контактные машины (табл. 13, 14, 15, 16).

При точечной сварке применяют машины типов МТПТ, МТПУ, МТК и МТВ, для шовной сварки — типа МШВ. Шовные машины на судостроительных заводах используют значительно реже, чем точечные.

Выпускаемое в последнее время оборудование для контактной сварки имеет более совершенные схемы управления и оснащается новой аппаратурой. Так, конденсаторные машины типа МТК и

Таблица 12

Технические характеристики выпрямителей и генераторов импульсов тока

Параметр	Тип выпрямителя и генератора			
	ВДГИ-102	ВДГИ-301	ГИД-1	ГИ-ИДС-1
Номинальное напряжение питающей сети, В	220/380	220/380	380	380
Номинальная первичная мощность, кВА	7	13	9	15
Номинальный режим работы ПР, %	60	60	60	60
Номинальный сварочный ток (среднее значение), А	180	325	—	—
Пределы регулирования, А:				
базового тока	20—100	20—200	—	—
амплитуды импульсов тока	100—600	150—1000	100—1200	400—1100
Пределы регулирования длительности импульсов тока, м/с	1,3—4,5	1,3—4,5	1,2—3,8	1,3—2,5
Частота следования импульсов тока, 1/с	50 и 100	50 и 100	50 и 100	50 и 100
Габариты, мм	1015×748× ×953	1015×748× ×953	1185×730× ×774	470×520× ×800
Масса, кг	300	350	200	190

Таблица 13

Основные технические характеристики машин для контактной точечной сварки

Параметр	Тип машины		
	МТПТ-400	МТПТ-600	МТИП-1000
Напряжение сети, В	380	380	380
Частота, Гц	50	50	50
Номинальная мощность, потребляемая из трехфазной сети	400	600	1000
Номинальный ток, А	63 000	100 000	160 000
Число ступеней регулирования вторичного напряжения	16	16	16
Толщина свариваемых деталей, мм	2,5+2,5	4,5+4,5	7+7
Полезный вылет хобота, мм	1500	1500	1500
Раствор электродов, мм	500	500	500
Рабочий ход верхнего электрода, мм	До 30	До 30	До 30
Максимальный подъем верхнего электрода, мм	300	300	300
Максимальное усилие на электродах, кг	3200	5500	16 000
Внутренний диаметр свариваемой обечайки, мм, при длине:			
650	500	650	900
1500	1000	1100	1300

Таблица 14

Основные технические данные машин для контактной точечной и шовной сварки с выпрямленным током на стороне низкого напряжения сварочного трансформатора

Параметр	Технические данные		
	точечной сварки		шовной сварки
	МТВ-80	МТВ-150	МШВ-63
Номинальный сварочный ток, А	80 000	160 000	63 000
Максимальное усилие на электродах, т	6,3	20	2
Длина вылета хобота, мм	1500	1500	1200
Потребляемая мощность при номинальном токе, кВА	650	1000	470
Максимальная толщина свариваемых деталей, мм	4,5+4,5	8+8	3+3

Таблица 15

Технические характеристики конденсаторных контактных машин

Параметр	Тип машины	
	МТК-75	МТК-6301
Максимальный импульс сварочного тока, А	80 000	63 000
Рабочая батарея конденсаторов:		
максимальная запасенная энергия, кВт/с	22	13,3
максимальная емкость, мкФ	274 440	166 600
число ступеней регулирования емкости	15	17
пределы регулирования емкости, мкФ	9800—274 400	9800—166 600
количество конденсаторов, шт.	784	476
емкость одного конденсатора, мкФ	350	
тип конденсатора	К-50-И-1	К-50-И-1
максимальное рабочее напряжение конденсатора, В	400	400
допускаемое обратное напряжение, В	100	100

Таблица 16

Технические характеристики точечных машин типа МТП

Параметр	Тип машины	
	МТП-300	МТПУ-300
Максимальная толщина свариваемых деталей, мм	2,5 + 2,5	1,5 + 1,5
Производительность сварки, точка/мин	40	30
Номинальная мощность при ПВ = 20%, кВА	300	300
Напряжение питающей сети, В	380	380
Номинальный сварочный ток, А	32 000	32 000
Число ступеней регулирования вторичного напряжения	16	16
Рабочий ход верхнего электрода, мм	20	20
Максимальный ход верхнего электрода, мм	100	130
Полезный вылет консоли, мм	500	500
Максимальное давление на электродах, кг	3250	1500

контактные машины с выпрямленным током на стороне низкого напряжения сварного трансформатора типов МТВ и МШВ успешно применяют на судостроительных заводах при сварке конструкций из сплавов АМг.

Конденсаторные машины обеспечивают более высокое и стабильное качество сварных соединений, потребляют меньшую электрическую мощность и имеют повышенную производительность по сравнению с машинами типов МТПТ и МТПУ, которые применялись ранее для сварки алюминиевых сплавов. Установленные на конденсаторных машинах низковольтные электролитические конденсаторы (400 В) и сравнительно простая электрическая схема машин обеспечивают надежность их в работе.

Машины типа МТВ имеют по сравнению с однофазными машинами переменного тока следующие преимущества:

- в несколько раз снижается потребляемая мощность и увеличивается коэффициент мощности;
- равномерно загружается трехфазная питающая сеть;
- величина сварочного тока не изменяется при введении в сварочный контур машины свариваемого изделия;
- потребляемая мощность меньше зависит от величины вылета электродов и изменения расстояния между хоботами;
- ввиду непрерывного нагрева улучшается структура сварных соединений.

В настоящее время машины типов МТПТ и МТИП не выпускаются электротехнической промышленностью, хотя еще имеются в эксплуатации на судостроительных заводах.

Значительная часть оборудования для контактной сварки требует определенных условий для установки и эксплуатации, что в ряде случаев встречает определенные затруднения. Так, для

машин, имеющих игнитроны, температура помещений должна быть не ниже +5°C. Температура воды для охлаждения игнитронов рекомендуется 20°C на входе и не более 40°C на выходе.

Для питания машин типов МТПТ, МТПУ, МТИП и других требуются значительные электрические мощности, поэтому для их подключения необходима подводка специальных электрических кабелей от подстанций к местам установки, для того чтобы работа машин не влияла на эксплуатацию других агрегатов, действующих в цехе.

Применение в дальнейшем контактных машин типов МТВ и МТК для изготовления корпусных конструкций из сплавов АМ в условиях судостроительных цехов весьма рационально, так как эти машины при эксплуатации требуют значительно меньшей электрической мощности.

§ 4

НАЛАДКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ СВАРОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Сварочное оборудование изготавливают с применением сложных электрических и кинематических схем, для которых необходим тщательный уход и периодический ремонт. Поддержание рабочего состояния сварочного оборудования требует организации четкой системы профилактики, ремонта и ухода за ним.

Сварочные машины и аппараты проходят планово-предупредительный ремонт (ППР) для восстановления их работоспособности, удлинения срока службы и обеспечения качества сварки [17].

Система ППР предусматривает совокупность работ по техническому уходу и ремонту, включая профилактические осмотры, выполнение основных видов ремонта — малого, среднего и капитального. Также систематически проводится межремонтное обслуживание, которое на судостроительных заводах выполняет наладчик сварочной аппаратуры при участии сварщиков, работающих на данном оборудовании. Операции по обслуживанию сварочного оборудования могут выполняться во время перерывов в работе а при поломке — в процессе работы.

В обязанности наладчика входит:

- 1) установка и подключение сварочной аппаратуры и ее настройка;
- 2) текущий ремонт, замена изношенных частей, наладка и регулирование механизмов;
- 3) контроль выполнения правил эксплуатации и безаварийности работы сварочного поста, в том числе наблюдение за работой приборов.

Наладчики сварочной аппаратуры также производят изготовление (сборку) подающих шлангов для полуавтоматов и автоматов. Эту работу наладчики выполняют в том случае, если на предприятии нет участка или цеха для централизованного изготовле-

ния токоведущих шлангов и других узлов и запасных деталей для полуавтоматов и автоматов.

Средний и капитальный ремонты обычно проводят в электроцехах отдела главного механика и главного энергетика по заявкам механиков или энергетиков цехов. Сварочное оборудование, поступающее в электроцех, должно иметь дефектную ведомость, согласно которой выполняется необходимый ремонт.

При механизированной сварке конструкций из алюминиевых сплавов обычно применяют довольно сложную аппаратуру, особенно это относится к шкафам управления контактных машин, сварочных автоматов и полуавтоматов, а также импульсных приставок. Для этой аппаратуры необходимо иметь комплект запасных частей (лампы, электроизделия, измерительная аппаратура и т. д.). На некоторых судостроительных заводах при отделе главного сварщика созданы участки для изготовления сменных быстро изнашивающихся частей к автоматам, полуавтоматам и другому сварочному оборудованию (мундштуки, подающие ролики, сопла и т. д.). Отделы судового оборудования и материально-технического снабжения получают комплекты электродеталей и другие изделия, необходимые для ремонта сварочного оборудования. Заявку и номенклатуру сменных запасных частей устанавливает отдел главного сварщика, он также определяет нормы выдачи цехам запасных частей.

Обслуживание сварочных агрегатов наладчиками производится согласно инструкциям по эксплуатации сварочных агрегатов, правилам технической эксплуатации электроустановок и правилам техники безопасности.

Рассмотрим примерный объем работ по техническому обслуживанию сварочных автоматов, полуавтоматов, контактных машин, источников питания типов УДАР и УДГ, выполняемых наладчиками.

Наладчик сварочной аппаратуры подключает к сети автоматы, полуавтоматы, контактные машины и другое оборудование согласно электросхемам, паспортам на оборудование и инструкциям по эксплуатации. Перед включением сварочного аппарата заземляют шкаф управления и источник питания, затем проверяют соответствие напряжения питания сварочной установки напряжению сети, причем питающее напряжение 220 или 380 В не должно превышать $\pm 10\%$. Проверяют давление поступающего сжатого воздуха и напор воды в водопроводной сети. Давление сжатого воздуха в сети должно быть не менее 4—5 кгс/см², давление воды — не менее 1,5—2 кгс/см². Наладчик контролирует также герметичность систем пневматики и систем охлаждения сварочных агрегатов.

Ежедневно перед началом работы сварщика или во время перерыва наладчик сварочных установок проверяет исправность узлов и механизмов сварочного оборудования: контакты силовых контакторов, контакты внутренних и внешних соединений схем. При неисправности контактные поверхности зачищают, затяжи-

вают соединения или заменяют неисправные контакты, в том числе контакты сварочных токопроводов. Проверяется работа осциллятора: устанавливают, горят ли лампы в аппаратных шкафах, дают ли показания приборы. В случае неисправности изоляции проводов ее восстанавливают на поврежденных участках. При необходимости замеряют сопротивление обмоток изоляции трансформаторов. Определяется исправность мундштуков и наконечников сварочных головок, состояние подающих роликов и поджатие их пружин, качество токоведущих шлангов и каналов шлангов.

Наладчик проверяет работу электромагнитных клапанов для пуска защитного газа и герметичность газового тракта, а в пультах управления действие аппаратуры и кнопок. В редукторах других механических узлах определяется уровень смазки масляных ванн, при необходимости их заполняют смазкой. В сварочных генераторах проверяют надежность прилегания щеток к коллектору по всей поверхности. Щетки на траверсе должны быть одной марки, указанной в паспорте.

Один раз в неделю наладчик чистит и продувает сухим сжатым воздухом узлы и системы сварочных аппаратов, шланги для подачи сварочной проволоки, а также шланги газовых и водяных магистралей.

Не реже одного раза в месяц смазывают трущиеся части механизмов, проверяют сопротивление обмоток изоляции (минимальное сопротивление обмоток изоляции генераторов и трансформаторов должно быть не менее 0,5 МОм). В контактных машинах измеряют сопротивление вторичного контура. В шкафах управления протирают спиртом контакты реле и проверяют их прилегание. Контролируют взаимодействие работы частей механических приводов и систем.

Не реже одного раза в шесть месяцев необходимо проверять электронные лампы и регулировать пусковую аппаратуру (электромагнитные пускатели, клапаны, реле). В контактных машинах определяют состояние свечей и электродов, измеряя при этом их прогиб по оси электродов. С помощью электросекундомера проверяют выдержку параметров режимов сварки («сжатие», «сварка», «проковка», «пауза» и др.).

При ремонте сварочного оборудования в зависимости от его конструкции устанавливают категорию сложности ремонта. Она выражается в условных единицах от 1 до 40 исходя из конструктивных и технологических особенностей оборудования. Наиболее сложные для ремонта контактные машины, сварочные автоматы, полуавтоматы для сварки конструкций из алюминиевых сплавов, а также некоторые источники питания (кремниевые и селеновые выпрямители). Нормативы времени в часах на одну единицу категории сложности и ремонта указаны в табл. 17. В табл. 18 приведены категории сложности и ориентировочная трудоемкость ремонта некоторых типов сварочного оборудования, применяемого для сварки алюминиевых сплавов.

Таблица 17

Нормативы времени в часах на единицу категории сложности ремонта сварочного оборудования

Работы	Ремонт		
	малый	средний	капитальный
Электрослесарные	1	5	11
Станочные	0,2	1	2
Прочие	—	1	2
Итого	1,2	7	15

Таблица 18

Категории сложности и ориентировочная трудоемкость ремонта некоторых видов сварочного оборудования

Оборудование	Тип машины	Категория сложности ремонта (в условных единицах)	Трудоемкость ремонта, нормо-ч		
			капитальный	средний	малый
Автоматы для сварки в защитных газах	АДСВ-2	9	135	63	11
	АДСП-2	9	135	63	11
	АДПГ-500	9	135	63	11
Полуавтоматы для сварки в защитных газах	ПРМ-2	7	105	49	8,5
	ПРМ-4	7	105	49	8,5
	«Спутник»	7	105	49	8,5
Трансформаторы	СТЭ-34	3	45	21	4
	ТС-500	5	75	35	6
	ТСД-500	5	75	35	6
Преобразователи	ПСГ-500	12	180	84	14,5
	ПСУ-500	12	180	84	14,5
Установки для сварки в защитных газах	УДАР-500	14	210	96	17
	УДГ-500	14	210	96	17
Контактные машины	МТПУ-300	20	300	140	24
	МТПТ-600	20	300	140	24
	МТК-75	30	450	210	36

При умножении норматива времени на величину принятой категории сложности ремонта сварочного оборудования получают величину трудоемкости ремонта оборудования. В эту величину входит работа по ремонту сварочной головки, аппаратных шкафов, пультов управления.

Затраты на капитальный ремонт сварочного оборудования производятся за счет амортизационных отчислений с основных фондов; затраты на малый и средний ремонт — за счет основной деятельности цехов по статьям содержания оборудования (цеховые накладные расходы и др.).

Наладчики сварочного оборудования в корпусных цехах судостроительных заводов являются ответственными за эксплуатацию сварочного оборудования и его безаварийную работу. Наладчики по правилам могут быть рабочие, имеющие квалификацию наладчика сварочного оборудования 3—6 разрядов, прошедшие аттестацию по технике безопасности. Аттестацию наладчики обычно проводят ежегодно, при этом проверяются теоретические знания и практические навыки согласно разряду. Затем наладчикам выдают аттестаты на право наладки оборудования.

В связи с тем, что судостроительные заводы в настоящее время располагают значительным количеством сварочного оборудования, в том числе и для сварки алюминиевых конструкций, существуют нормы обслуживания сварочного оборудования. Рекомендуемые нормы обслуживания сварочного оборудования в корпусных цехах одним наладчиком приведены в табл. 19. Эти нормы относятся к одному типу сварочных машин, автоматов, полуавтоматов.

Таблица

Рекомендуемые нормы обслуживания сварочного оборудования

Оборудование	Норма обслуживания, шт.	
	в цехах предварительной сборки	в монтажных цехах
Автоматы для сварки в защитных газах	10	8
Полуавтоматы для сварки в защитных газах	10	8
Машины для контактной сварки	15	—

Как правило, в судостроительных цехах одновременно эксплуатируется несколько разных типов сварочных машин, автоматов, полуавтоматов, которые приходится обслуживать наладчику. При обслуживании разнотипных автоматов и полуавтоматов нормы обслуживания снижают на 10—20%.

Систему оплаты наладчиков сварочной аппаратуры устанавливают в зависимости от работы электросварочного оборудования, закрепленного за ними на участке цеха.

ОСНАСТКА ДЛЯ СБОРКИ И СВАРКИ КОРПУСНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

§ 1

ПЛИТЫ, ПОСТЕЛИ, СТОЛЫ, ПЛОЩАДКИ ДЛЯ СБОРКИ И СВАРКИ УЗЛОВ НАБОРА, ФУНДАМЕНТОВ И ПОЛОТНИЩ СЕКЦИЙ

Для сборки и сварки плоскостных секций (переборок, платформ, палуб, стенок, надстроек и др.) в сборочно-сварочных цехах устанавливают стальные металлические площадки (стенды) и плиты.

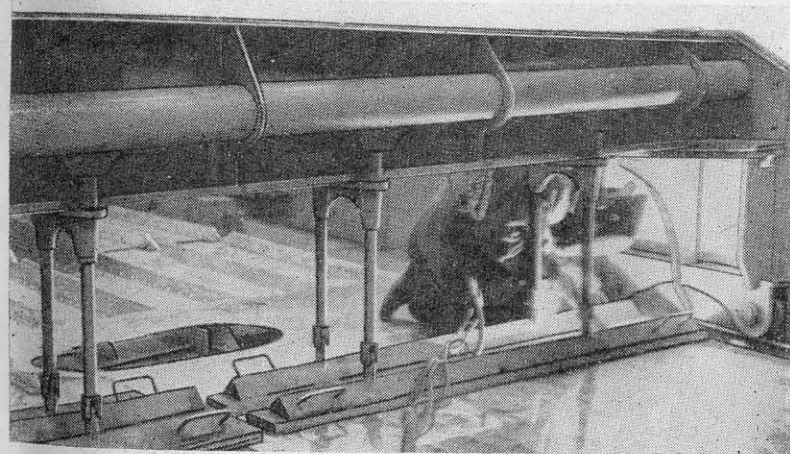


Рис. 1. Катучие балки с пневматическими прижимами.

Для обеспечения хорошего теплоотвода и возможности крепления собираемых конструкций с помощью электроприхваток сборочные площадки и плиты облицовывают листами из алюминиевых сплавов. Плиты и площадки должны иметь достаточную жесткость и ровную рабочую поверхность. Горизонтальная поверхность плит не должна иметь бухтиноватость более 3 мм на 1 пог. м. В связи с тем, что облицовочные листы из алюминиевых сплавов могут повреждаться и должны периодически очищаться от прихватоков, их обычно делают съемными и привинчивают к стендам на гайках с потайными головками. Толщина облицовочных листов

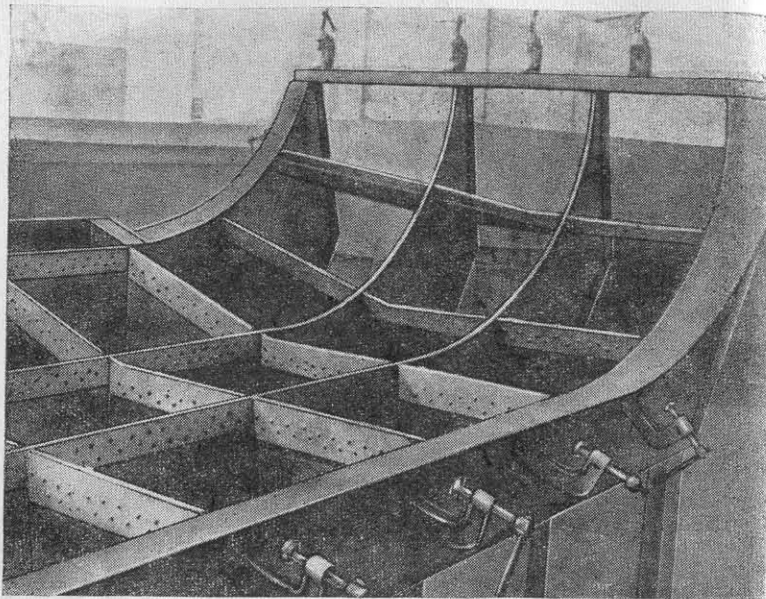


Рис. 2. Постель для сборки и сварки полубъемных секций с прижимными струбцинами.

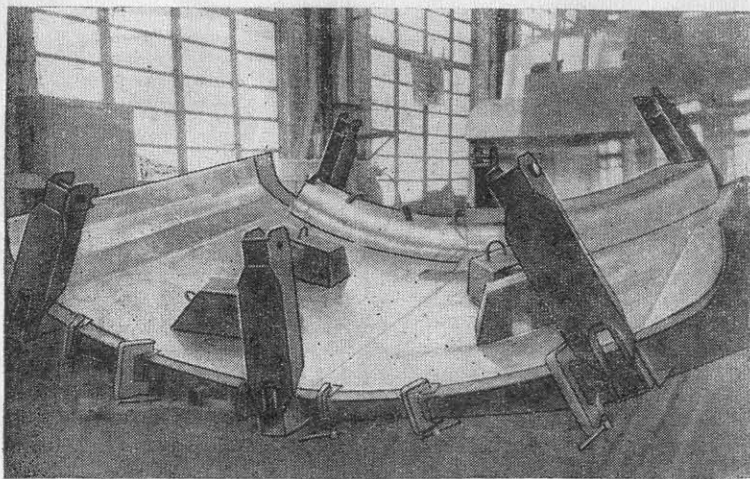


Рис. 3. Постель с прижимом обшивки с помощью грузов.

оставляет 8—12 мм. К сборочным плитам для подготовки полотнищ сварке пристраивают стелы для автоматической сварки. Установку таких стелов производят чаще всего между двумя сборочными плитам. На первой плите раскладывают и готовят листы к варке, на второй после сварки листов полотнищ размечают и устанавливают набор.

Для прижатия набора к полотнищам на сварочных плитах иногда устанавливают катучие балки или орталы (рис. 1), имеющие пневматические или винтовые прижимы. Однако из-за сложности подхода к местам сварки применение таких приспособлений ограничено.

Обычно в цехе, где изготавливают люминиевые корпусные конструкции, плиты-площадки располагают, как правило, вдоль пролетов цеха, посередине пролета оставляют лишь проход или проезд. Высота плит примерно 400—600 мм.

Для сборки и сварки полубъемных и объемных секций используют постели, обеспечивающие прижатие листов обшивки к лекалам по контуру с помощью струбцин талрепов (рис. 2).

Для некоторых секций с криволинейными обводами изготавливают постели, в которых обшивка прижимается с помощью винтовых прижимов или грузов (рис. 3). Жесткость сборочных постелей обеспечивается необходимым количеством лекал, устанавливаемых через 250—300 мм, иногда через 100 мм, и скрепляющими их ребрами жесткости (рис. 4 и 5).

Для сборки объемных секций (блоков) (рис. 6) применяют стель-кондукторы, или комбинированные постели. В этих постелях первая собирают днище на обычной скальной постели, затем подстав-

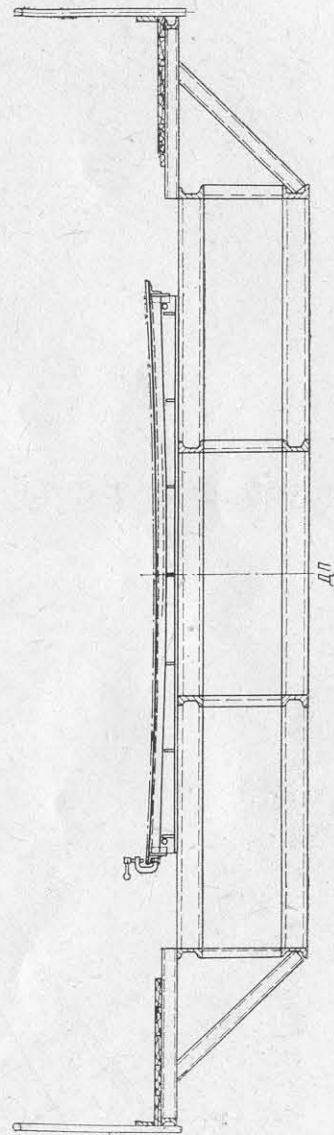


Рис. 4. Постель для сборки и сварки палубы носового блока.

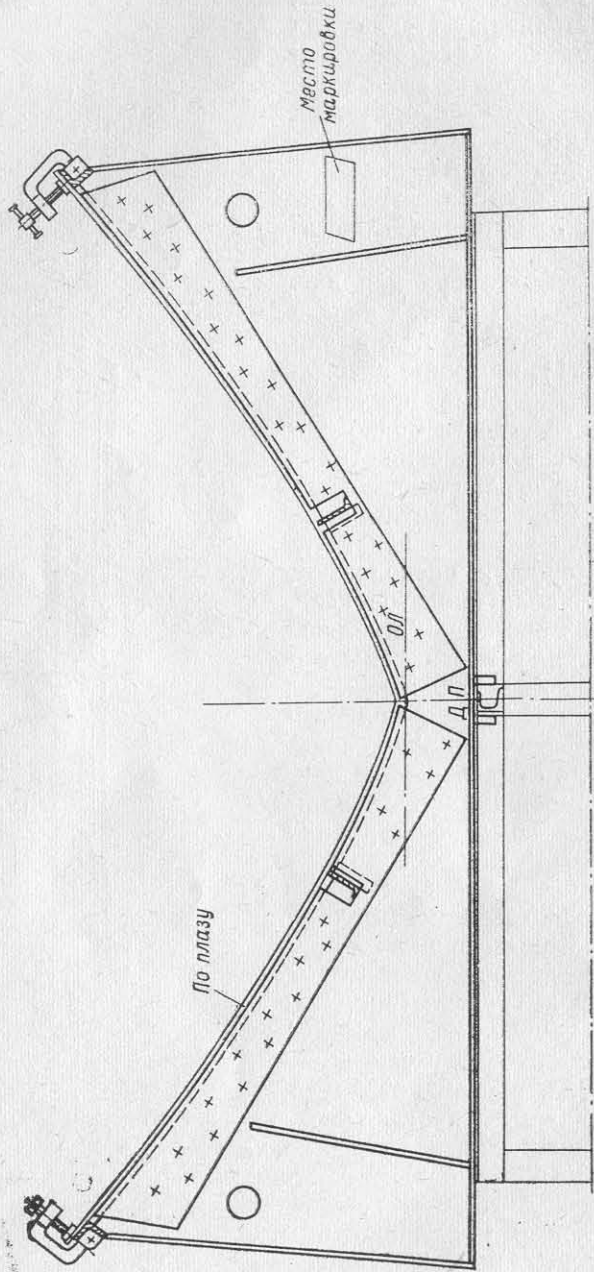


Рис. 5. Постель для сборки и сварки днищевой секции.

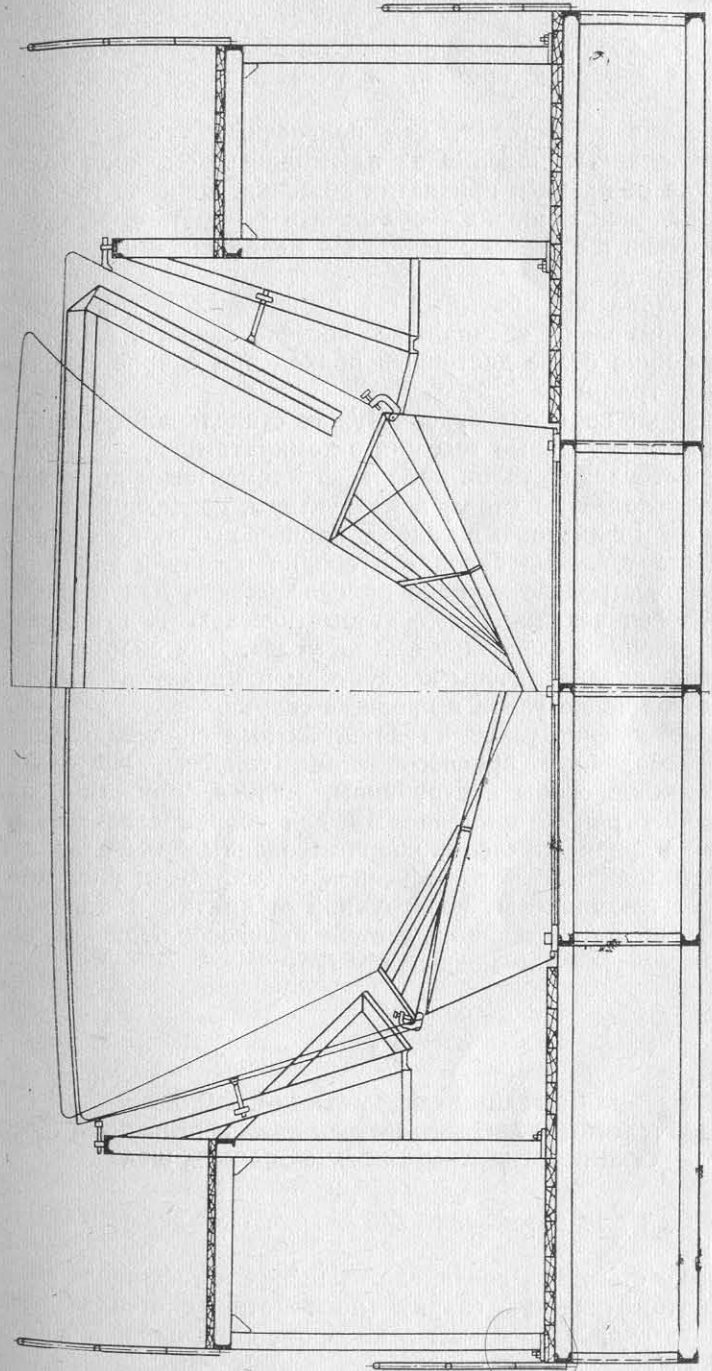


Рис. 6. Оснастка для сборки и сварки блоков.

ляют специальные стойки для установки бортовых секций. Такие постели оборудованы лесами для удобства сборки и сварки бортов и палуб в объемные секции, постели оборудуются также струцинами для обжатия кромок, талрепами и другими приспособлениями.

Все лекала в постелях, как поперечные, так и продольные, имеют наклепанные наделки из алюминиевых сплавов толщиной 6—8 мм для обжатия и прихватки обшивки. Одно из главных значений наделок обшивки — обеспечить теплоотвод за счет прижатия обшивки к наделкам лекал. По мере износа наделок их заменяют новыми.

Для изготовления объемных секций носовых и кормовых оконечностей применяют специальные постели также с лекалами, обеспечивающие более доступный подход при сварке форштевня и фигурных транцев.

Для сварки корпусов судов служат стапель-кондукторы с лекалами или специальные тележки с домкратами.

При изготовлении узлов набора, фундаментов и других тавровых узлов используют столы и кондукторы, создающие необходимый прижим и фиксацию деталей в процессе сборки и сварки. При серийном изготовлении судов для сборки и сварки узлов набора применяют быстродействующие приспособления или специальные станки, обеспечивающие также автоматическую или полуавтоматическую сварку в «лодочку» или «в угол». Для сборки и сварки фундаментов предназначены кондукторы и манипуляторы, обеспечивающие вращение узлов в процессе сварки.

При изготовлении узлов из алюминиевых сплавов используют различные сборочные приспособления (талрепы, винтовые распорки и стяжки, скобы и струбины, клинья, прижимы «рыбихвост»), аналогичные применяемым для сборки стальных конструкций, но в ряде случаев модернизированные для сборки алюминиевых изделий. Чтобы обеспечить теплоотвод и предохранить поверхности алюминиевых конструкций от вмятин и царапин, наружные части прижимающих частей приспособлений облицовывают алюминиевым или медным сплавом.

§ 2

КОНСТРУКЦИИ СПЕЦИАЛЬНЫХ СТЕНДОВ ДЛЯ СБОРКИ И АВТОМАТИЧЕСКОЙ СВАРКИ ПОЛОТНИЩ СЕКЦИИ С ОБРАТНЫМ ФОРМИРОВАНИЕМ ШВА

На стендах для автоматической сварки выполняют следующие операции:

— сборку стыковых соединений плоских и гофрированных листов под автоматическую сварку (на некоторых стендах имеется возможность сваривать стыки с набором, если набор не доходит на ≥ 100 мм);

— центровку стыков и прижим листов в процессе сварки без применения электроприхваток;

— сварку стыков полотнищ с двусторонним формированием шва за один проход автомата; обратная сторона шва образуется при помощи прижимающей стальной планки с канавкой.

Сварку полотнищ на этих стендах выполняют автоматами не плавящимся электродом при толщине листов 2—8 мм, трехфазной дугой 10—20 мм и плавящимся электродом 4—20 мм.

В судостроении наиболее распространен стенд, схематично изображенный на рис. 7. Он обеспечивает сварку неплавящимся электродом полотнищ шириной до 5 м при толщине листов 2—8 мм неограниченной длине.

Наиболее целесообразно для сварки на стенде использовать автомат АДСВ-2 (рис. 8) (его технические данные см. в табл. 9). Питание автомата может осуществляться от источников переменного тока: сварочного трансформатора, установки типов УДАР-500, УДГ-501 и т. д.

Для обеспечения жесткости верхней балки стенда, создающей необходимый прижим листов в процессе сварки, стенки балок приходится проектировать высотой до 200 мм и более, что приводит к некоторым изменениям конструкции автомата АДСВ-2.

Эти изменения следующие:

— направляющие салазки сварочной головки автомата удлинены на 100 мм, что дало возможность опустить сварочную горелку до необходимой величины;

— установлено приспособление для регулировки и направления сварочной головки и сварочной проволоки относительно линии стыка.

Проведенная модернизация значительно улучшила условия управления автоматом при движении по верхней балке и дала возможность регулировать установку сварочной головки относительно стыка.

Сборку и сварку на стенде выполняют следующим образом (рис. 9). Листы 2, кромки которых зачищены и обезжирены, подают на стенд и устанавливают по центру канавки прижимной стальной планки 3, находящейся в этом случае в крайнем нижнем положении. С помощью двухходовых кранов пульта управления к прижимным балкам 1 подают сжатый воздух давлением 4—5 кгс/см², который заполняет резиновые шланги. Шланги, раздуваясь, поднимают штоки балки и стальную прижимную планку, которая, в свою очередь, прижимает кромки листов к верхней балке стенда. Произведенная таким образом сборка листов под сварку обеспечивает их прижатие без установки прихваток.

После стыковки листов автомат настраивают для проведения сварки. Предварительно на пробных планках подбирают необходимый режим сварки. Головку автомата и сварочную проволоку регулируют по центру стыка. По приборам устанавливают режимы сварки, затем включают автомат, который, двигаясь по направляющим вдоль верхней балки стенда, выполняет сварку.

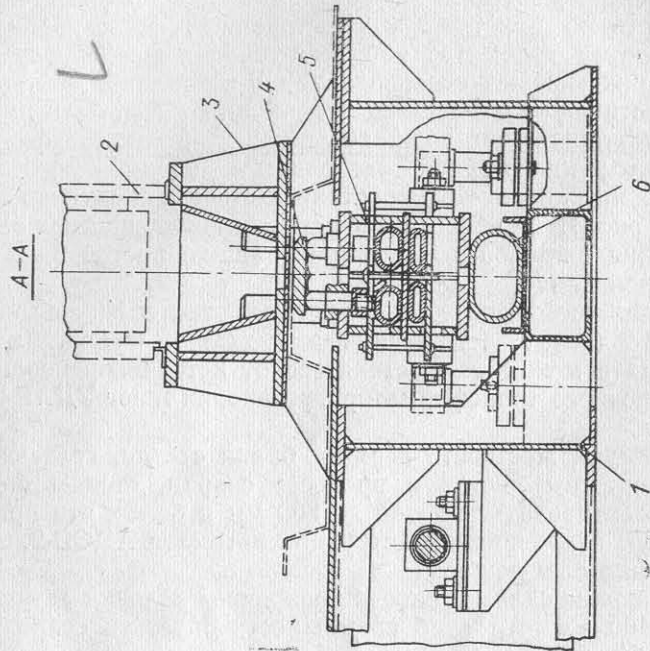
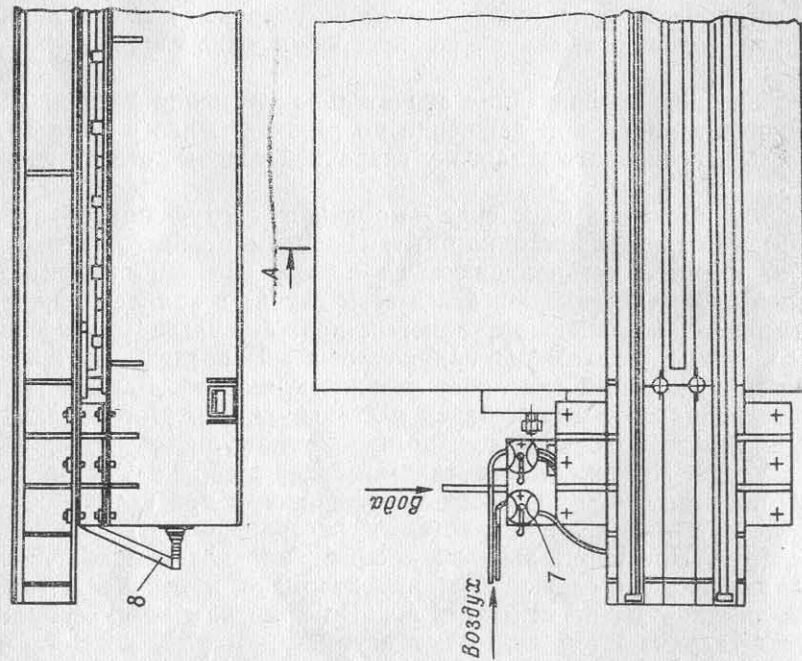


Рис. 7. Схема устройства стэнда для автоматической аргодуговой сварки плоских секций из сплавов АМг. 1 — рама; 2 — сварочный автомат; 3 — средняя балка в сборе с направляющими для движения автомата; 4 — прижимная планка с канавкой для формирования сварного шва; 5 — средняя балка в сборе; 6 — планка прорезанная для поджатия



Сварщик-автоматчик с помощью корректора следит за правильным направлением проволоки по стыку.

В процессе сварки кромки листов расплавляются и благодаря наличию канавки в стальной прижимной планке расплавленный

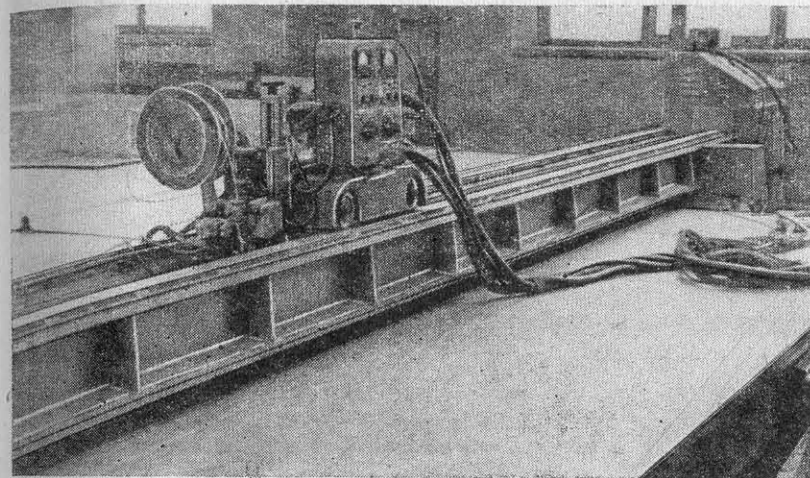


Рис. 8. Стенд для автоматической сварки с установленным на нем автоматом типа АДСВ-2.

металл затекает в нее, формируя обратную сторону шва. Таким образом за один проход сварочного автомата образуется двусторонний шов.

Конструкция стэнда предусматривает сборку и сварку гофрированных листов или прессованных панелей, высота набора которых может достигать до 60 мм. Для этой цели в конструкции стэнда имеется рычаг-стопор, который, фиксируя максимальное расстояние, обеспечивает проход гофрированных листов и дает возможность сваривать полотнища с гофрами или прессованные панели с набором.

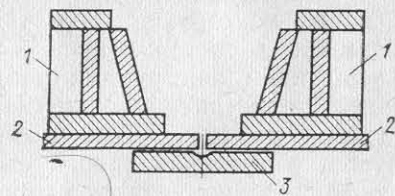


Рис. 9. Схема установки листов при сборке под сварку.

Стенд обычно устанавливают и встраивают в сборочно-сварочные плиты, причем основные балки углубляют в землю. Для отвода тепла нижнюю часть верхней балки облицовывают листами из алюминиевых сплавов.

Применяют и другие стэнды, отличающиеся лишь способом поджатия листов. Так, на стенде, изображенном на рис. 10, листы к формирующей планке поджимают с помощью рычагов в верхней

балке, тогда как на стенде, описание которого приводится ниже, поджатие производят с помощью толкателей в нижней балке.

Конструкция стенда, показанного на рис. 10, состоит из нижней балки 11, где находится формирующая планка 3 с канавкой, которая является сменной и в зависимости от конструкции может охлаждаться водой. Для установки листов по центру канавки служат фиксаторы 2. В нижней части балки расположен шланг 1. В верхней балке 8 находятся резиноканевые шланги 4, которые раздуваясь, приводят в движение рычаги 6 и прижимают нижние планки 7 к свариваемым листам. Облицовочные листы 9 обеспечивают теплоотвод свариваемых конструкций. Вдоль верхних

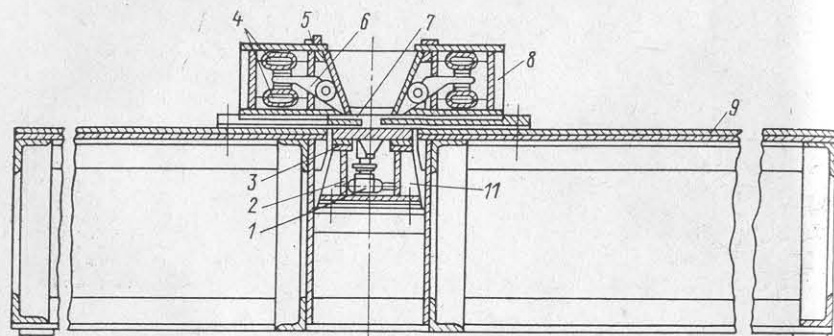


Рис. 10. Стенд для сборки и автоматической сварки полотнищ рычажного типа.

балки расположены рельсы 5, по ним движется сварочный автомат. Рама 10 встраивается в сварочную плиту, на которой производится сварка.

Увеличение габаритов свариваемых полотнищ, необходимость сварки конструкций большой толщины и обеспечение нужного прижатия листов в процессе сварки требуют создания более совершенной конструкции стендов. Сейчас изготавливается универсальный стенд (рис. 11) для сварки полотнищ длиной до 6,5 м и толщиной до 10—15 мм с использованием автоматов тракторного типа. Устройство такого стенда обеспечивает сварку плоских гофрированных листов или прессованных панелей (рис. 12), а также сварку стыков секций с высотой набора до 300 мм. (Автоматическая сварка при изготовлении таких секций вызывает необходимость сборки нескольких подсекций после приварки к ним набора контактной сваркой, так как контактные машины выполняют сварку изделий шириной не более 3 м, а соединение указанных подсекций ручной сваркой вызывает значительные сварочные деформации.)

Для сварки изделий трехфазной дугой с обратным формированием шва применяется стенд оригинальной конструкции, состоящий из несущей балки портального типа,двигающейся по направля-

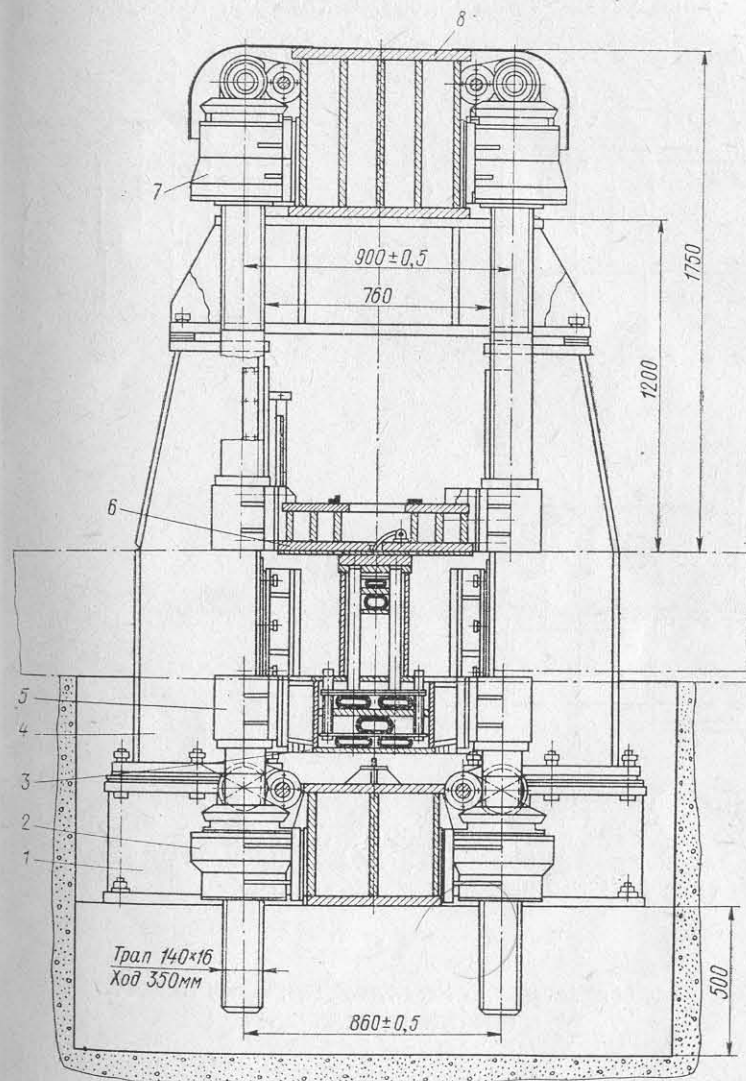


Рис. 11. Схема устройства стенда для автоматической сварки полотнищ и секций толщиной до 15 мм.

1 — фундаментная рама; 2 — механизм привода средней балки; 3 — нижняя балка; 4 — колонны; 5 — механизм привода нижней балки; 6 — средняя балка; 7 — механизм привода верхней балки; 8 — верхняя балка.

ляющим плиты, и шарнирно подвешенной к ней балки, которая прижимает кромки листов с помощью пневмоцилиндров. Под сварной стык подкладывается формирующая стальная планка. На прижимной балке установлен сварочный трактор, движущийся по

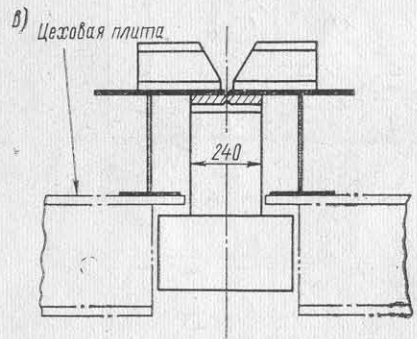
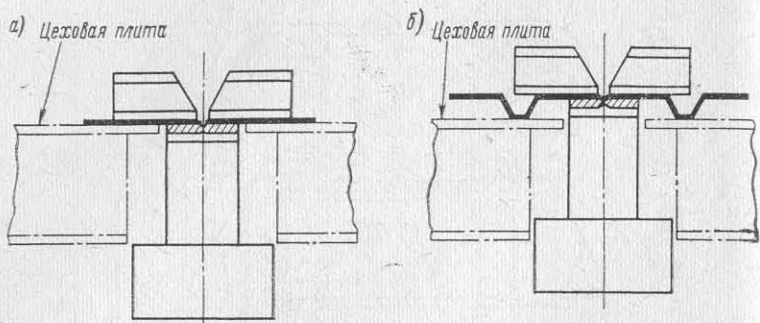


Рис. 12. Схема сварки различных видов конструкций плоских секций: а — листов; б — гофрированных конструкций; в — полотнищ с набором.

направляющим; прижимная балка может перемещаться вместе с порталом. Сварка стыков полотнищ толщиной 3—10 мм с мощностью такой прижимной балки может производиться также томоматом типа АДСВ-2 неплавящимся электродом.

§ 3

РОЛЬГАНГИ ДЛЯ КОНТАКТНОЙ ПРИВАРКИ НАБОРА К ПОЛОТНИЩАМ СЕКЦИЙ

Для обеспечения качества и удобства работ при контактной сварке применяют ряд приспособлений, дающих возможность устанавливать и передвигать узлы и секции в процессе сварки. Одним из основных видов оснастки для контактной сварки являются рольганги различной конструкции, представляющие собой столы на которых установлены ролики для передвижения секций и узлов. В качестве роликов могут применяться приспособления типа «гусиные шейки» (рис. 13), обеспечивающие разворот и движение секций, или обычные обоймы с шарикоподшипниками

Иногда применяют трубы на вращающихся осях. Рольганги часто изготавливают передвижными на колесах, а в момент сварки их опорят винтовыми стопорами. Рольганги обычно устанавливают

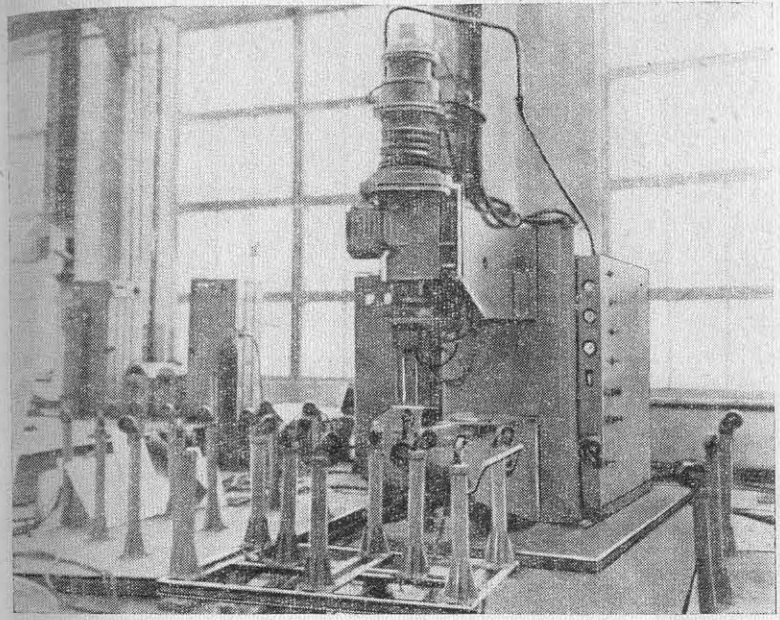


Рис. 13. Рольганги с роликами типа «гусиные шейки».

по следующей схеме: два — для передвижения секций вдоль машин и один — для поперечного передвижения секций.

В последнее время для автоматизации процесса сварки с движением секций к сварочным электродам применяют специальные столы-рольганги с заданным движением (с заданным шагом) (рис. 14). Указанное приспособление состоит из рамы 2, на которой укрепляется свариваемая секция или панель. Рама со свариваемой плоской секцией перемещается по роликам 3, 5 каретки 4. Каретка также перемещается вдоль роликов 6. Таким образом, свариваемая секция может переме-

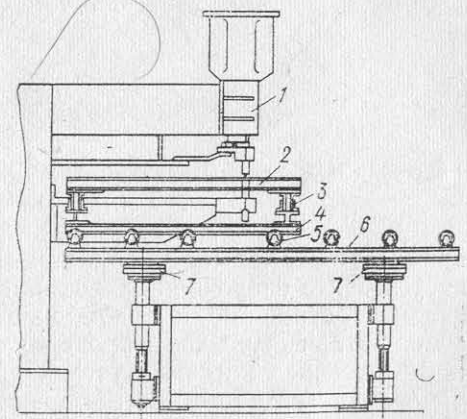


Рис. 14. Стол-рольганг с заданным шагом.

щаться как на шаг сварки, так и на другой ряд точек. Чтобы панель не терлась о нижний электрод машины, стол после подъема верхнего электрода поднимается вверх с помощью пневмодвигателей камер 7. Движение рамы с секцией на шаг сварки можно производить вручную по разметке или с помощью специальных шаговых устройств. Работа шагового устройства синхронизируется с работой сварочной машины 1.

Для сварки секций (панелей), имеющих кривизну, иногда проектируют специальные манипуляторы для выравнивания поверхности свариваемой панели в горизонтальное положение относительно оси электродов. Однако такие приспособления целесообразны в том случае, если количество свариваемых деталей достаточно велико и применение приспособлений экономически оправдано.

§ 4

ОСНАСТКА И ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ МЕХАНИЗАЦИИ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ РАБОТ ПРИ СВАРКЕ

Для обеспечения механизации вспомогательных работ при сварке используют ряд приспособлений и устройств. Так, для правки и намотки сварочной проволоки в кассеты при автоматической и полуавтоматической сварке применяют специальные стан-

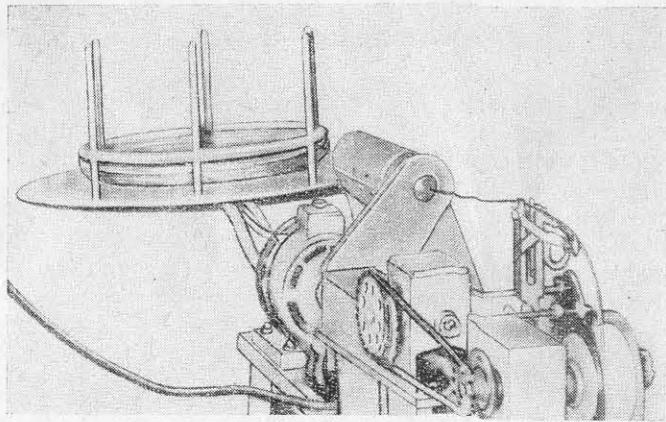


Рис. 15. Станок для намотки сварочной проволоки в кассеты для полуавтоматической сварки.

(рис. 15). Станок состоит из рамы и барабана, в который укладывается бухта сварочной проволоки. Проволока проходит через направляющее устройство и с помощью мотора с редуктором наматывается в кассету. Чтобы проволока равномерно укладывалась, перед кассетой устанавливают устройство для укладки проволоки (по типу намотки шпупек у швейных машин). Вре-

Для очистки профилей под контактную сварку и механизированную аргодуговую сварку также существует ряд станков и приспособлений. В большинстве случаев это оборудование проектируют и изготавливают сами заводы как специальную оснастку.

Для зачистки профильного материала из сплавов АМг под контактную сварку изготовлен станок, выполняющий зачистку поверхности проката с помощью металлических щеток. Станок может зачищать угольники, углубульбы, полособульбы, а также тавровые профили. Профили протягиваются через щеточные устройства чашечного типа и очищаются от оксидной пленки.

Станок состоит из пяти основных узлов: станины, двух электродвигателей (мотор горизонтального вала А-032-4 — мощность 1 кВт, частота вращения 1410 об/мин и мотор вертикального вала А-031-2, мощность 1 кВт, частота вращения 2830 об/мин); рабочего механизма, направляющих устройств и четырех чашечных щеток.

Производительность станка 3 пог. м профиля в 1 мин, соответственно производительность труда повышается в 5—6 раз по сравнению с ручной очисткой при хорошем качестве работ. Станок обеспечивает двустороннюю очистку полки профиля под контактную сварку и может выполнять одностороннюю очистку полки под полуавтоматическую сварку.

Глава

III

СБОРКА И СВАРКА УЗЛОВ НАБОРА, ФУНДАМЕНТОВ И ИЗДЕЛИЙ НАСЫЩЕНИЯ СЕКЦИЙ

§ 1

СБОРКА И ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКАЯ СВАРКА УЗЛОВ НАБОРА И ФУНДАМЕНТОВ

При изготовлении корпусных конструкций применяют большое количество тавровых узлов (балок, бракет, ветвей шпангоутов, книц с поясками и др.), а также различных узлов набора и фундаментов. Все эти детали при серийной постройке судов желательнее всего изготавливать на специализированных участках, применяя универсальную оснастку и механизированную сварку. Изготовленные узлы набора и фундаменты комплектуют и складывают, а при необходимости, подают на участки сборки и сварки секций, а частично и на стапельные участки, где их устанавливают на корпусные конструкции.

Тавровые узлы и балки в зависимости от действующих нагрузок сваривают двусторонними или односторонними сплошными швами с прерывистым швом с обратной стороны соединения. Для сварки узлов проницаемых соединений и соединений, не имеющих значительных нагрузок, применяют прерывистые швы, которые снижают сварочные деформации конструкций.

В связи с тем, что узлы набора имеют различную конфигурацию (прямолинейные балки, криволинейные узлы набора с различными радиусами кривизны и т. д.); их обычно группируют по видам сварки. Прямолинейные узлы набора (стрингеры, фундаментные балки, brackets и кницы) сваривают автоматической сваркой на плитах или на станках для сборки и сварки тавров. Сварку криволинейных узлов обычно выполняют полуавтоматами типа ПРМ-2 (рис. 16), ПРМ-4, «Спутник» (рис. 17) с импульсными параметрами. В этом случае узлы сваривают как сплошными швами, так и прерывистыми.

Подготовку кромок под автоматическую и полуавтоматическую сварку выполняют следующим образом. Обычно узлы набора сваривают без разделки кромок. Если необходима разделка фаски для тавровых узлов (фундаментные балки, стрингеры и т. д.), работающих в условиях знакопеременных нагрузок, то, начиная с соединений толщиной $\delta=5\div 6$ мм, с помощью пневматических забивал, станка типа СКС-25 или на фрезерных станках производят разделку кромок для полного провара соединений.

При полуавтоматической импульсно-дуговой сварке и автоматической сварке для тавровых соединений с фаской по ГОСТ 14806—69 рекомендуются угол разделки кромок $\alpha=60\pm 1^\circ$, притупление 2 ± 1 , зазор $0+1$ мм. Место установки под сварку ребра и полки тавра на ширину не менее 15—25 мм зачищают металлическими щетками, затем обезжиривают уайт-спиритом или смывками типа ОП-7 и прихватывают аргонодуговой сваркой. Между стенкой и полкой тавра или фундамента в зависимости от толщины свариваемых листов допускается зазор 0,5—1,5 мм. Так как прихватки ухудшают формирование шва при механизированной сварке, особенно при полуавтоматической, они должны иметь минимальный калибр шва и длину не более 15—25 мм при толщине собираемых деталей 3—8 мм. Одностороннюю сварку тавровых узлов лучше проводить на стороне, противоположной установленным прихваткам.

Сварку прямолинейных тавровых узлов и элементов набора толщиной более 6 мм без разделки и с разделкой фаски стенки тавра выполняют автоматами в защитных газах в положении «вниз» (рис. 18). Фундаменты и узлы насыщения сваривают обычно полуавтоматической сваркой.

Так как количество однотипных конструкций тавровых балок с двусторонними сплошными швами невелико, применение специальных станков для сборки и сварки тавровых узлов при изготовлении конструкций из сплавов АМг экономически не всегда оправдано из-за высокой стоимости станков. Поэтому в большинстве

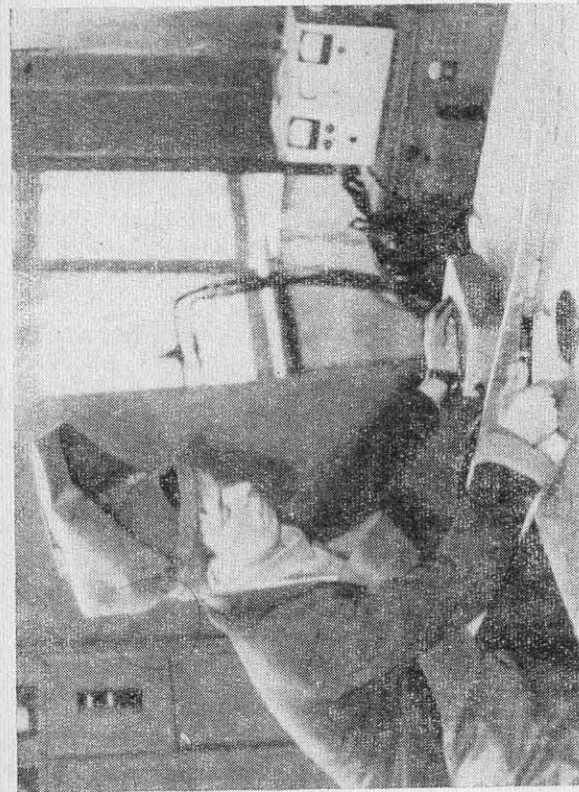


Рис. 17. Сварка узлов набора полуавтоматом «Спутник».

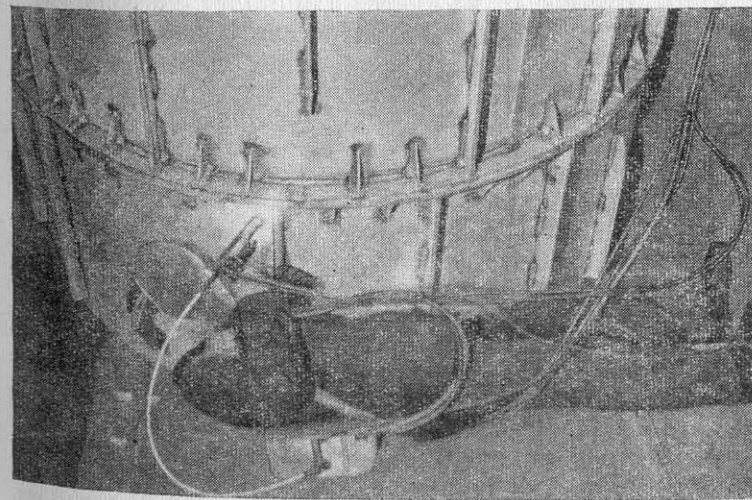


Рис. 16. Сварка фундаментов полуавтоматом ПРМ-2.

случаев узлы типа стрингеров или фундаментных балок сваривают на простейших приспособлениях автоматами при расположении свариваемого узла «в лодочку» или полуавтоматами наклонными электродами. При значительном количестве тавровых узлов (например, при крупносерийной постройке судов), свариваемых с торонными швами, рационально применение специальных станков для сборки и сварки тавровых узлов.

Технологический процесс сборки и сварки при изготовлении узлов набора конструкций из алюминиевых сплавов следующий. Сборку и сварку тавровых узлов, как прямолинейных, так и криволинейных, производят в корпусных цехах или на специаль-

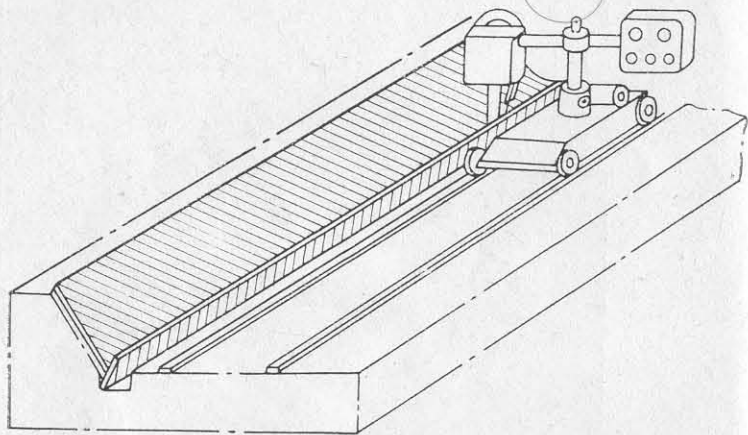


Рис. 18. Приспособление для автоматической сварки тавровых узлов «в лодочку».

участках. Узлы изготовляют на плитах или столах с помощью приспособлений и кондукторов, которые обеспечивают установку и подтягивание пояски к стенке тавра. Сборку обычно выполняют с помощью электроприхваток. Балки с двусторонними сплошными швами сваривают на приспособлениях, обеспечивающих фиксацию положения тавра «в лодочку», с помощью автоматов типа АДСВ-2, АДСП-2 и в некоторых случаях модернизированными автоматами типа АСУ. Иногда сварку выполняют импульсными полуавтоматами плавящимся электродом.

Сварку прямолинейных тавровых узлов типа бракет или криволинейных тавровых узлов «в лодочку» при установке одновременно нескольких узлов в линию. Автомат, двигаясь по направляющему, сваривает кницы или бракетки за один проход, затем свариваемые детали разъединяют и концы швов зачищают.

При полуавтоматической сварке угловых швов сварочная горелка равномерно перемещается по оси шва без поперечных колебаний. Наклон горелки к изделию по оси шва должен составлять $\sim 75-80^\circ$. При сварке прерывистыми швами в конце приваривания сварщик несколько замедляет движение горелки, чтобы заполнить

кратер шва. Для повышения качества прерывистых швов, там, где это целесообразно (тавровые балки и другие узлы большой длины), рекомендуют увеличивать длину свариваемого участка до 400—500 мм. Это улучшает условия сварки и уменьшает количество образуемых кратеров. Расход аргона при сварке угловых швов в зависимости от калибра шва равен $\sim 40-80$ л/пог. м.

Очень удобен для сварки узлов набора толщиной $\delta = 3-4$ мм полуавтомат «Спутник». Он оборудован компактным поясным устройством управления механизмом подачи сварочной проволоки легкой горелкой. При правильном подборе режимов и отработанной технике сварки им можно сваривать швы угловых и тавровых соединений во всех пространственных положениях. Опыты показали возможность применения этого полуавтомата с импульсной приставкой ГИД-1 при сварке проволокой диаметром 0,8—1 мм.

Для сварки узлов набора и фундаментов деталей толщиной $\delta > 3$ мм рекомендуются полуавтоматы типа ПРМ-2 или ПРМ-4 с импульсной приставкой ГИД-1 или с импульсными генераторами типов ВДГИ-102 и ВДГИ-301. В зависимости от толщины металла сварку производят проволокой диаметром 1,5—2 мм. Применение импульсных генераторов дает возможность варьировать режимами сварки таким образом, чтобы сваривать конструкции на малых токах и достигать стабильности процесса, не подвергая прожогам соединения малых толщин тавровых узлов, особенно при вертикальных и горизонтальных положениях шва в пространстве.

Сварка полуавтоматом требует сохранения определенной скорости, чтобы выдерживать заданный калибр шва. Практика показывает, что в ряде случаев при полуавтоматической сварке превышаются калибры швов, что крайне нежелательно, так как это ведет к увеличению сварочных деформаций изготавливаемых конструкций, а также к излишним затратам труда и сварочных материалов.

Необходимо строго придерживаться отработанных режимов сварки и, в частности, скорости сварки. Выбор параметров — частоты импульса, силы сварочного тока, напряжения на дуге, скорости сварки и подбор расхода защитного газа производятся на образцах предварительно, перед сваркой.

Полуавтоматическую плавящимся электродом сварку выполняют на постоянном токе обратной полярности. Источниками питания служат сварочные генераторы типов ПСГ, ПСУ, выпрямители типов ВС, ВСК, ВСУ или импульсные генераторы типа ВДГИ. Силу сварочного тока выбирают в зависимости от толщины свариваемого металла. Величина силы тока зависит от скорости подачи электродной проволоки. При увеличении толщины металла силу тока необходимо увеличивать. При сварке узлов с расположением шва в вертикальном и потолочном положениях сила тока уменьшается (\sim на 10—15%).

Скорость сварки выбирают с учетом толщины металла свариваемого узла, необходимости получения соответствующего калибра шва и обеспечения провара соединения. От скорости сварки зави-

Элементы подготовки кромок для импульсной полуавтоматической сварки во всех пространственных положениях для конструкций толщиной 2—6 мм (по опыту предприятий)

сит производительность труда сварщика, поэтому режимы рекомендуется подбирать таким образом, чтобы скорость сварки была максимальной.

Напряжение на дуге обычно составляет 18—22 В. Чем ниже напряжение на дуге, тем меньше разбрызгивание при обычной полуавтоматической сварке. При импульсно-дуговой сварке напряжение на дуге регулируется в больших пределах, так как процесс идет более стабильно. Определенное значение имеет правильный выбор расхода газа и направление потока защитного газа. В качестве защитного газа при сварке угловых швов малой и средней толщины применяют аргон. При сварке тавровых соединений толщиной более 15 мм может быть использован гелий или смесь гелия и аргона [16]. Применение гелия при сварке нахлесточных соединений не совсем рационально, так как гелий очень летучий газ и не может обеспечить надежную защиту.

Малый диаметр сопла при больших расходах газа может привести к завихрению струи газа, что вызывает нарушение защитной зоны горения дуги и сварочной ванны. Удаление сопла от шва на величину более 10 мм также может вызвать подсосы воздуха и завихрения. Средний расход газа для сварки угловых швов и оптимальные режимы полуавтоматической сварки приведены в табл. 2. Конструктивные элементы подготовки кромок для импульсной полуавтоматической сварки — в табл. 21.

Таблица

Режимы полуавтоматической импульсной сварки тавровых соединений без скоса кромок

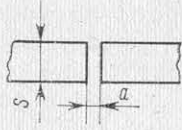
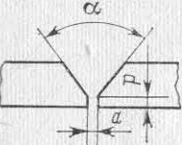
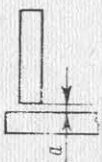
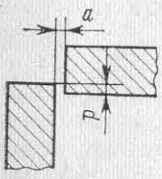
Толщина свариваемого металла, мм	Диаметр сварочной проволоки, мм	Сварочный ток, А	Напряжение на дуге, В	Базовый ток, А	Длительность импульсов, мс	Расход аргона, л/мин
2	1,2	100—120	18—19	40—60	2,7—2,9	8—9
3	1,5	130—160	19—21	60—80	3—3,4	9—10
4	1,5	150—180	20—22	70—90	3,2—3,5	10—11
5	1,5	160—190	21—22	80—100	3,6—4	12—13
6	1,5—1,6	180—200	21—23	90—110	3,8—4	12—13
8	1,6—2	200—240	21—23	100—110	4—4,2	12—13
10	2	240—280	21—23	110—120	4,2—4,4	16—17

Примечание. Частота импульсов тока составляет 100 имп/с при сварке во всех диапазонах толщины.

§ 2

СБОРКА И КОНТАКТНАЯ ТОЧЕЧНАЯ СВАРКА
УЗЛОВ НАБОРА СЕКЦИЙ
И ДРУГИХ ИЗДЕЛИЙ

При изготовлении небольших узлов набора и деталей насыщения из сплавов АМг, особенно малой толщины ($\delta=1\div 4$ мм), применяют контактную точечную сварку. К этим узлам можно отнести

Тип соединения	Разделка кромок	Толщина металла, мм	Угол разделки, град.	Притупление или перекрой, мм	Зазор, мм
Стыковое		2	—	—	0+0,5
		3	—	—	0+1
		4	—	—	0+1
		5	70±5	1±0,5	0+0,5
		6	60±5	1±0,5	0+0,5
		—	—	—	—
Тавровое		2	—	—	0+0,5
		3	—	—	0+0,5
		4	—	—	1+1
		5	—	—	1+1
		6	—	—	1+1
		—	—	—	—
Угловое		2	—	0,5+0,5	0+0,5
		3	—	1+0,5	0+0,5
		4	—	1+0,5	0+1
		5	—	—	0+1
		6	—	—	0+1
		—	—	—	—

25-30 = 100%

выгородки, рамки узлов набора, ветви шангоутов, пайолы, емкости, шкафы, детали насыщения, в том числе кассеты для кабелей и целый ряд других узлов для постройки судов. Такие узлы можно сваривать на контактных точечных машинах типов МТПУ-МТПТ-400 и МТПТ-600, на конденсаторных машинах типа МТК-6301, МТК-75 и т. д. Контактную сварку ответственных конструктивных конструкций производят по клею КС-609. Сварку по клею также применяют, если конструкции работают в условиях трения или требуют герметичности.

Контактная сварка обеспечивает высокую производительность работ, снижая их трудоемкость, значительно улучшает внешний вид свариваемых изделий, снижает затраты на правку конструкций.

Порядок подготовки деталей для контактной сварки узлов набора и насыщения следующий. Поверхности свариваемых конструкций подвергают механической очистке в районе сварки. Для производства травления деталей в ваннах. Иногда при изготовлении небольшого количества деталей применяют зачистку поверхностей наждачным полотном. Механическую зачистку выполняют так: ручными пневматическими машинками с металлическими щетками из нержавеющей стали, диаметр проволоки щеток 0,2—0,15 мм. Для очистки профилей под контактную сварку в ряде случаев применяют специальные станки, через которые пропускают профили. Очистку в этом случае производят с помощью установки наборных металлических щеток определенной конфигурации. Очищенные до металлического блеска детали под контактную сварку могут подвергаться травлению до 8 ч. Качество очищенных поверхностей контролируют, измеряя контактное сопротивление с помощью микрометра М-246, которое должно быть не более 120 мкОм, или проверяя его внешний вид с помощью эталонных образцов.

Более производительным способом подготовки кромок деталей сварки небольших габаритов является химическое травление в растворе следующего состава: ортофосфорная кислота (техническая по ГОСТ 10648—63) 50—100 г/л, двуххромовокислородная калий (хром калиевый технический по ГОСТ 4220—65) 0,5—1 г/л. Температура раствора должна быть 20—40°C. Время травления для сплавов АМг составляет 10—35 мин. Протравленные детали промывают в ванне с холодной проточной водой и обтирают сухой ветошью, имеющийся на их поверхности. Промытые детали помещают в ванну с горячей водой при $T \geq 50^\circ\text{C}$, а затем протирают салфетками. Сушить детали можно в специальных сушильных шкафах или на стеллажах. Очищенные таким образом детали могут храниться до 5 сут.

Одновременно с подготовкой свариваемого металла подбирают и подготавливают к сварке электроды. В зависимости от конфигурации узлов и, в частности, от привариваемого профиля, применяют прямые или фигурные электроды или специальные лодки. Электроды должны обладать соответствующей жесткостью и стойкостью. Твердость электродов после термообработки должна быть не менее НВ100. Рабочую поверхность электродов не

обязательно перед сваркой заточить по форме сферы. Если свариваемые детали одинаковой толщины, то оба электрода имеют одинаковый радиус сферы, при сварке деталей различной толщины сфера заточки электродов должна соответствовать толщине детали, с которой соприкасается электрод. Радиусы электродов в процессе сварки проверяют специальным шаблоном (рис. 19). При образовании на рабочей поверхности электрода плоской площадки, диаметр которой превышает допустимый в шаблоне, электрод отправляют на заточку.

Перед сваркой рабочие поверхности электродов зачищают от загрязнений с помощью шлифовальной наждачной шкурки № 3,4 на тканевой основе (ГОСТ 13344—67).

Зачистку обычно производят с помощью полосовой резины толщиной 10—20 мм, которая обернута шкуркой. Резиновая полоса зажимается между двумя электродами и, проворачиваясь вокруг оси электрода, зачищает их поверхности до металлического блеска.

Узлы деталей под сварку собирают обычно на столах из алюминиевых сплавов, находящихся возле контактной машины или непосредственно на рольгангах. Детали, после проверки качества зачистки и соответствия размеров и формы (отсутствие бухтин, трещинок), с помощью которой определяют точность сопряжения, отсутствие значительных зазоров. Затем намечают места сварки путем разметки по рейкам. Устанавливаемые при контактной сварке секций оптические разметчики для сварки мелких узлов не применяют.

В зависимости от конфигурации узлов, их сложности и толщины свариваемых деталей окончательную сборку под сварку производят с помощью струбцины или фиксаторов, обеспечивающих прижим деталей болтами или заклепками. Сборка деталей и узлов под контактную сварку сопряжена с проверкой их по шаблонам на линиях разметки. В связи с этим установка прихватки на контактной машине должна быть строго обусловлена местами разметки сварных точек. Прихватки необходимо устанавливать в местах сварки по чертежу через 150—200 мм, для того чтобы зазоры в зависимости от толщины свариваемых деталей были не более 0,5 мм. При прихватке деталей длиной более 0,5 м для их равномерного «натяга» и уменьшения деформации сварочные точки следует выполнять в направлении от середины к краям.

Применяемые для сборки фиксаторы или струбцины располагают таким образом, чтобы дать возможность производить прихватку в районе поджатия деталей. Это особенно важно при сварке мелких рамок для шкафов и других узлов. Прихватку деталей под точечную сварку выполняют на режимах, установленных

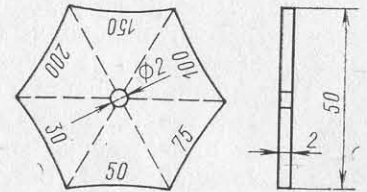


Рис. 19. Шаблон для проверки радиуса заточки электродов.

для данных деталей, размеры точек должны быть одинаковыми с размерами точек, получаемых при сварке.

Перед сборкой деталей под сварку на свариваемые поверхности наносится клей или грунт. Нанесение грунта или клея производится обычно шпателем или кистью на ширину нахлестки обе сопрягаемые поверхности с толщиной слоя 0,2—0,6 мм одним слоем толщиной 0,4—1 мм.

При контактной точечной сварке судовых конструкций чаще всего используют клей КС-609, который, однако, не лишен ряда технологических недостатков (специфический запах, требующий хорошей вентиляции; жизнеспособность клея с момента введения в него отвердителя всего 1,5—2 ч при температуре 20°С).

Сварку по клею узлов набора и узлов насыщения обычно производят, если необходима герметичность конструкции, а также при эксплуатации ее в условиях повышенной вибрации.

Перед началом работы сварщик-контактщик или наладчик определяет готовность машины к сварке. Для этого, в частности, проверяются прохождение воды по всей системе машины; напряжение питающей сети, обеспечивающее работу стабилизирующего устройства; правильность установки электродов (без переколов и смещений). После включения машины проверяют сжатие электродов по манометру и ход электродов, обеспечивающий нормальное перемещение изделия в процессе сварки.

Перед сваркой узлов производят, согласно нормам ОН9-329—69, подбор режимов и выполняют сварку технологических проб для проведения испытания на скручивание и отрыв. Режим корректируется до получения сварочного соединения с литой зоной необходимого диаметра. Для каждого сварного соединения режим сварки подбирают следующим образом. Сначала устанавливают величину сварочного тока (подбором ступени трансформатора) и длительность импульса, затем определяют усилие на электродах по манометру и длительность пауз между импульсами сварки с помощью деления на шкале «импульс» и «пауза». Под этим усилием выполняют сварку технологических проб и производят разрушение (табл. 22) для проверки правильности выбранных режимов сварки и соответствия результатам механических испытаний.

На подобранном таким способом режиме сварки при положительных результатах контроля образцов выполняют сварку в типичных узлах однотипных изделий.

Рассмотрим технологическую последовательность контактной сварки некоторых узлов набора и насыщения.

Ветви шпангоутов толщиной $\delta=2+2$ мм сваривают на машине МТК-75 обычными электродами. Сначала очищенные под сварку детали шпангоутов размечают по шаблону. Затем собирают струбциной поясok с вертикальной стенкой шпангоута и прихватывают собранные детали на контактной машине. Прихватка выполняется от середины к концам шпангоута согласно разметке чек. Ветви шпангоута сваривают по отработанному режиму.

Таблица 22

Разрушающая нагрузка одной точки при испытании соединений из алюминиевых сплавов на растяжение

Толщина свариваемых соединений, мм	Сварка на машинах переменного тока				Сварка на машинах постоянного тока			
	Среднее усилие среза, кгс							
	АМг61	АМг5В	АМц	АМг3	АМг61	АМг5В	АМц	АМг3
0,5	100	60	40	50	—	—	—	—
0,8	140	100	80	80	—	—	—	—
1	220	160	120	130	280	250	150	180
1,5	350	250	230	240	360	350	230	250
2	450	350	350	360	620	450	280	350
2,5	—	—	—	—	750	650	350	450
3	—	—	—	—	1000	800	400	600
4	—	—	—	—	1800	1100	—	1000
5	—	—	—	—	2600	2000	—	1500

Сварку пайол (настилов) толщиной $\delta=1,5+1,5$ мм выполняют на машине МТПУ-300 или МТК-75 с помощью специальных колонок для сварки ячеек. Сначала отштампованные полосы пайол загибают. Затем, собрав две полосы пайол, сваривают их между собой в местах касания. Последовательно наращивая полосы пайол, приваривают их в решетку.

§ 3

МЕТОДЫ БОРЬБЫ С ДЕФОРМАЦИЯМИ ПРИ СВАРКЕ УЗЛОВ НАБОРА И ФУНДАМЕНТОВ

При сварке конструкций из алюминиевых сплавов, особенно тонколистовых конструкций, возникают деформации. Сплавы АМг, обладая высокой теплопроводностью и повышенным коэффициентом линейного расширения, вызывают деформации расширения, приводящие при остывании конструкций к возникновению трещин. Коэффициент линейного расширения алюминиевых сплавов в 2,5 раза выше, чем у стали. Сравнивая величины теплофизических коэффициентов стали и сплавов АМг, можно отметить, что они характеризуются отношением $a/c\gamma$, где a — коэффициент линейного расширения, $1/(^{\circ}\text{C}\cdot 10^6)$; c — удельная теплоемкость, кал/(г·°С); γ — удельный вес, г/см³.

Это отношение составляет $(14-16)\cdot 10^{-6}$ см³/кал для стали и $(39-40)\cdot 10^{-6}$ см³/кал для алюминиевых сплавов, что и определяет степень деформации конструкций из алюминиевых сплавов по сравнению со сталью [9].

Неравномерный нагрев при сварке вызывает в зоне шва значительные напряжения, которые приводят к пластическим деформациям укорочения. После остывания узлов набора в конструкциях наблюдаются остаточные деформации укорочения и напряжения. Остаточные деформации укорочения в сварных швах

возможны в продольном и поперечном направлениях. В результате возникающих укорочений швов в полотнищах конструкций образуются местные деформации в виде бухтин, домиков и ребристости, а также изгибов конструкций и происходит укорочение изделия в целом. Расчетные методы определения сварочных деформаций разработаны С. А. Кузьминовым [9], им же даны некоторые рекомендации по борьбе со сварочными деформациями.

Для уменьшения деформаций при сварке узлов и фундаментов из сплавов АМг можно рекомендовать ряд мероприятий, как конструктивных, так и технологических. Конструктивные мероприятия

— при проектировании узлов необходимо задавать сварные швы строго по расчету и уменьшать объем наплавленного металла, стремясь к минимальным объемам швов; применять вместо X-образной V-образную разделку кромок под сварку

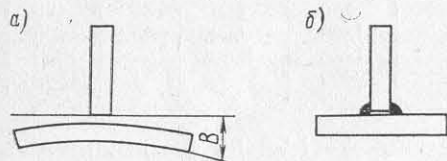


Рис. 20. Форма обратного выгиба узлов набора перед сваркой (а) и тавровое соединение после сварки (б).

— использовать, где возможно, механизированные способы сварки, в том числе контактную, автоматическую и полуавтоматическую в защитных газах;

— применять прессованные и прокатные профили, исключая приварку поясков набора.

Технологические мероприятия:

— детали, поступающие на сборку узлов набора, должны быть выправлены и не иметь деформаций, превышающих допустимые;

— детали таврового набора перед сваркой необходимо подвергнуть обратному выгибу (рис. 20) для компенсации образуемых сварочных деформаций, придав выгибу обратный знак возникающих деформаций;

— при сварке узлы следует закрепить в кондукторах и других приспособлениях (прижимы, грузы);

— создать интенсивный теплоотвод за счет применения стальных или кондукторов, облицованных легким сплавом или медью;

— рационально использовать последовательность сварки, т. е. необходима предварительная сварка стыков стенок и поясков при изготовлении балок из нескольких деталей; также рекомендуют, чтобы сварку тавровых узлов большой длины производили от середины балки (центра тяжести поперечного сечения конструкции) к краям одновременно два сварщика;

— повышать точность подготовки кромок (разделка фасок, соблюдение зазоров) и обеспечивать заданные размеры швов (высота либры швов, выдерживание ширины стыковых швов и т. д.).

Выполнение указанных рекомендаций при изготовлении узлов набора во многом способствует снижению деформаций и уменьшению объема правочных работ, которые при большом объеме сварки приводят к перегреву основного металла и образованию

называемых «жеваных» конструкций, т. е. конструкций, имеющих некрасивый внешний вид.

Для уменьшения деформаций от сварки узлов набора и фундаментов применяют холодную и горячую правку с применением усилий и без них. Правку изделий из алюминиевых сплавов выполняют вручную на плитах. Горячую правку производят, нагревая конструкцию аргонодуговой горелкой вольфрамовым электродом без применения присадок, или путем наложения холостых заливок.

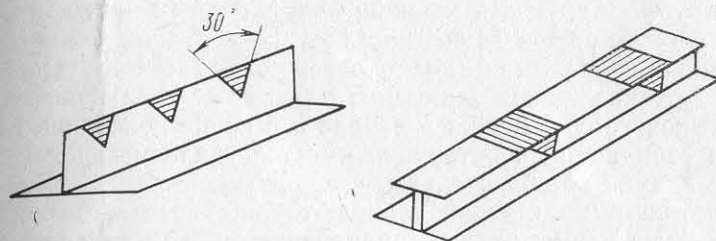


Рис. 21. Расположение мест нагрева при правке набора.

Линии нагрева при правке тавровых узлов набора располагаются так, как показано на рис. 21. Нагрев производят от верхнего угла к основанию треугольника, при этом происходит выгибание тавра с помощью грузов или от ударов медной кувалды.

Глава

IV

СБОРКА И СВАРКА ПОЛОТНИЩ СЕКЦИЙ

§ 1

СБОРКА И АВТОМАТИЧЕСКАЯ АРГОНОДУГОВАЯ СВАРКА ПОЛОТНИЩ НЕПЛАВЯЩИМСЯ ЭЛЕКТРОДОМ С ОБРАТНЫМ ФОРМИРОВАНИЕМ ШВА НА СПЕЦИАЛЬНЫХ СТЕНДАХ

Для улучшения качества сварки полотнищ листов из сплавов АМг толщиной 2—8 мм и уменьшения сварочных деформаций применяют автоматическую сварку стыковых соединений неплавящимся электродом с обратным формированием швов. Сварку при этом методе выполняют на специальных стендах. Наряду со сваркой плоских полотнищ практикуют сварку гофрированных листов, также прессованных панелей.

Режимы сварки стыковых соединений автоматом АДСВ-2

Толщина свариваемого металла, мм	Диаметр вольфрамового электрода, мм	Сила тока, А	Напряжение на дуге, В	Скорость сварки, м/ч	Расход аргона, л/мин
3	4	190—200	16—19	18—20	7—8
3	4	195—205	19—20	15—18	8—9
4	5	200—220	19—21	15—18	8—9
5	5	260—280	19—21	15—18	8—9
6	5	280—300	19—22	12—15	9—10
8	6	320—360	20—22	10—12	10—11

Примечание. Диаметр присадочной проволоки 2 мм.

Перед сваркой кромки листов после их обрезки на гильотине или другом оборудовании тщательно очищают от загрязнений. Очистка может производиться пневматическими металлическими щетками или химическим способом. Чтобы получить швы без трещин и других дефектов, торцы свариваемых листов дополнительно очищают напильником или другим инструментом. Ширина зачищенных кромок и прилегающих поверхностей листов составляет 15—20 мм. Зачищенные кромки обезжиривают уайт-спиритом и другими растворителями или водными растворами ОП-7 и ОП-10.

Зачищенные под сварку листы полотнищ помещают на стеллаж по центру формирующей канавки подкладной планки или по углам и фиксаторам в зависимости от конструкции стенда. Затем поджимают собранные листы с зазором под сварку. По концам стыков устанавливают выводные планки, обеспечивающие качество стыкового соединения в начале и в конце полотнищ. Если на концах собираемой конструкции имеется удаляемый припуск, водные планки не обязательны.

Полотнища на стендах собирают чаще всего без прихватки, однако иногда прихватки устанавливают, в этом случае усиленные прихватки необходимо срубить перед сваркой заподлицо. Для обеспечения усадки в процессе сварки полотнище рационально собирать с клиновым зазором в стыке. Так, при длине листов до 10 м клиновидный зазор должен составлять от 1 мм в начале стыка до 4—5 мм в конце стыка. При сварке клиновидный зазор убирается за счет усадки, и полотнище имеет минимальные деформации.

После поджатия листов настраивают автомат на стык с помощью приспособления для корректировки направления сварочной головки и сварочной проволоки относительно линии стыка. При этом выполняют следующие операции. Головку автомата (вольфрамовый электрод) и сварочную проволоку сварщик регулирует по центру стыка. Затем путем сварки пробных планок, которые выбирают такой же толщины, что и свариваемая конструкция, подбирают режим сварки, обеспечивающий получение качественного сварного соединения. Режим сварки контролируют приборами, установленными на автомате.

Сварку ведут на переменном токе. Источником питания служат трансформаторы типа Т-34, установки типа УДАР-500 или УДГ-1 и др. Сварщик с помощью корректора следит за правильным движением проволоки по стыку и получением хорошего формирования шва.

При сварке кромки свариваемых листов расплавляются, расплавленный металл по канавке, находящейся в стальной прижимной планке, затекает в нее, формируясь в подварочный шов. После одного прохода сварочного автомата образуется двусторонний шов. Чтобы обеспечить хорошее формирование обратной стороны шва и получить швы высокого качества, была установлена оптимальная конфигурация геометрии канавки, имеющая трапециевидную форму (рис. 22). Рекомендуемые режимы сварки стыковых соединений автоматом АДСВ-2 приведены в табл. 23.

Сварка швов с обратным формированием шва обеспечивает стабильное качество сварных соединений. Как показывают результаты проведенных механических и металлографических испыта-

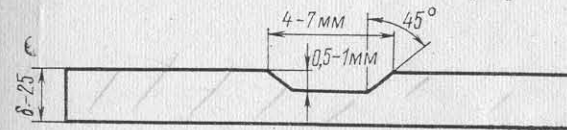


Рис. 22. Форма канавки подкладной планки для сварки автоматом.

ний сварных образцов стыковых соединений, установлено, что механические свойства сварных соединений, указанные ниже, полностью отвечают техническим требованиям, предъявляемым к ответственным корпусным конструкциям:

Предел, кгс/мм ² :	
прочности	31,5—32
текучести	16—17
Относительное удлинение, %	11—12
Угол загиба, град.	180

Рентгенографирование сваренных конструкций также подтверждает хорошее качество сварки. На рис. 23, 24, 25 изображены внешний вид сварного соединения, а также образцы на разрыв и загиб, сваренные автоматической сваркой.

При сварке гофрированных листов имеются некоторые технологические особенности раскроя листов. Стыки в этом случае желательно располагать по центру расстояния между гофрами; смещение стыка, расположенного близко к гофру, может привести к смятию последнего поджимающей планкой. Расстояние между центрами гофров должно быть не менее 150—200 мм, так как более близкое расположение гофров может препятствовать проходу поджимающей планки, ширина которой обычно 120—130 мм. Полученные после такой сварки конструкции имеют хоро-

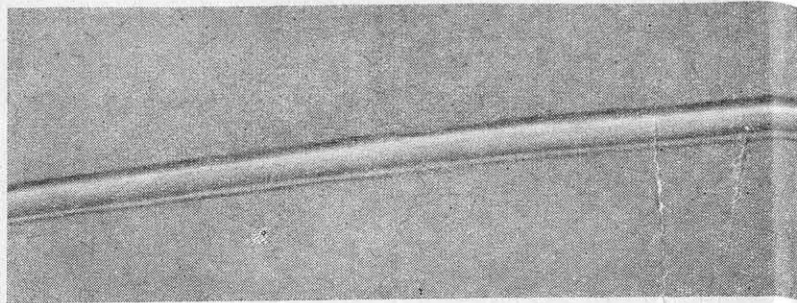


Рис. 23. Внешний вид шва, сваренного автоматической сваркой неплавящимся электродом.

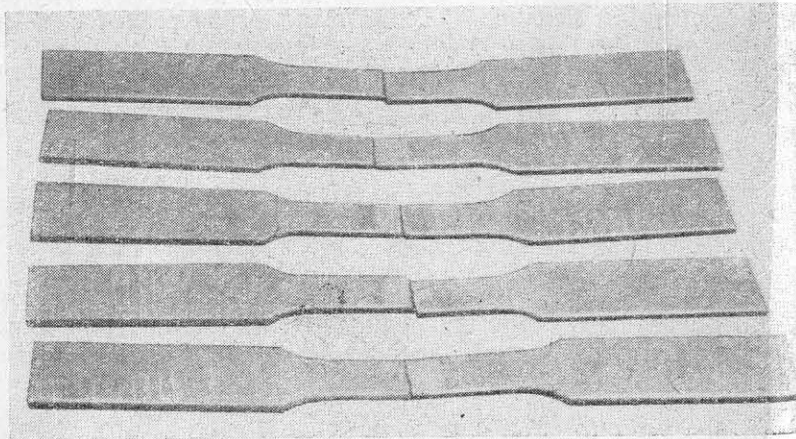


Рис. 24. Образцы на разрыв, сваренные автоматической сваркой.

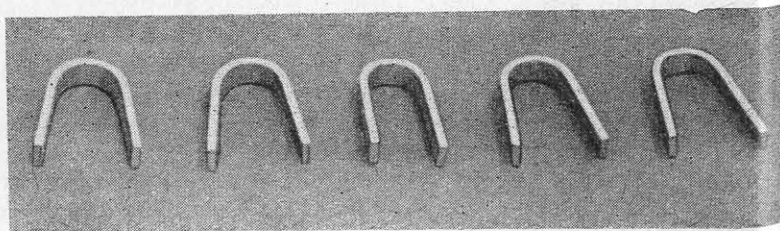


Рис. 25. Образцы на загиб, сваренные автоматической сваркой.

ний внешний вид, так как гофрированные полотна обладают большой жесткостью. Наличие хорошего теплоотвода при сварке на стенде снижает сварочные деформации гофрированных конструкций. На рис. 26 изображена сварка автоматом гофрированных полотен.

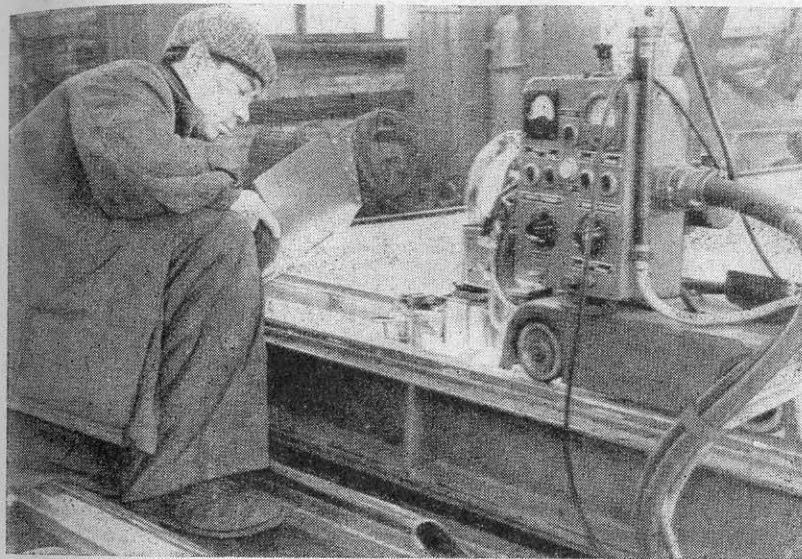


Рис. 26. Сварка автоматом АДСВ-2 гофрированных полотен на стенде.

В последнее время в связи с изготовлением корпусных конструкций из прессованных панелей была опробована технология автоматической сварки их с обратным формованием (рис. 27).

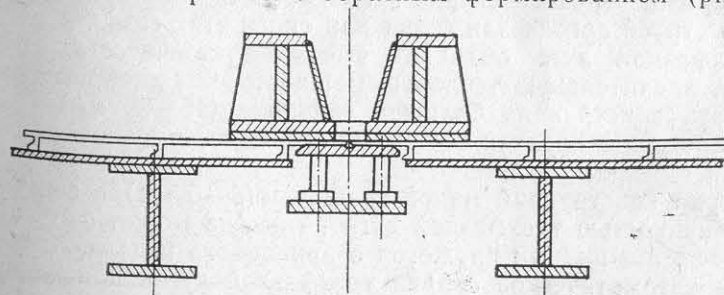


Рис. 27. Схема установки прессованных панелей на стенде под автоматическую сварку.

Сварку панелей производят таким же образом, как и гофрированных полотен. В зависимости от конструкции стенда можно сваривать панели с различной высотой ребер жесткости, но при определенной ширине шпации. Сварку шва желательно выполнять со стороны панели, не имеющей набора. Таким образом, основной

шов, имеющий гладкую поверхность, будет образовываться со стороны обшивки, а обратный шов будет сформирован прижимной планкой со стороны набора и находится внутри конструкции. Режимы сварки панелей аналогичны сварке обычных полотниц.

§ 2

СБОРКА И АВТОМАТИЧЕСКАЯ АРГОДУГОВАЯ СВАРКА ПОЛОТНИЦ ТРЕХФАЗНОЙ ДУГОЙ

При изготовлении конструкций из легких сплавов для увеличения производительности труда наряду с однофазной сваркой неплавящимся электродом в судостроении начали внедрять автоматическую сварку трехфазной дугой (рис. 28) в среде защитных газов [13].

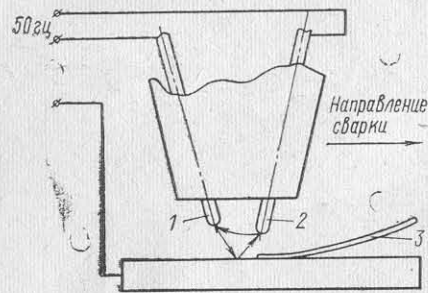


Рис. 28. Схема сварки трехфазной дугой.

1 — первый электрод; 2 — второй электрод; 3 — присадочная проволока.

Эта сварка является разновидностью неплавящимся электродом, питаемой трехфазной дугой осуществляется от источника переменного тока промышленной частоты 50 Гц. При горении трехфазная дуга как бы состоит из трех самостоятельных дуг — двух дуг, находящихся между вольфрамовыми электродами и свариваемым изделием, и одной дуги, горящей

между электродами. Однако эти дуги взаимосвязаны.

Присадочный материал подается в зону горения дуги так же как и при однофазной сварке неплавящимся электродом, и защищается струей аргона или гелия или смеси этих газов.

Трехфазная дуга обладает высокой устойчивостью горения и имеет значительную тепловую мощность, что дает возможность сваривать конструкции большой толщины (15—20 мм) без растрескивания кромок, а средней толщины — на более высоких скоростях, чем при однофазной дуге.

Сварка конструкций малой толщины (3—5 мм) в связи с высокой мощностью трехфазной дуги не всегда может быть обеспечена из-за возможных прожогов свариваемого изделия.

Для автоматической сварки трехфазной дугой применяют аппараты типа АДСВ-2 или АДСП-2, на которые устанавливают специальные сварочные горелки типа АГФ-1 или АСТВ-2М, и источники питания трехфазной дуги типа ИТД-600/1000м или ИПТ-500, обеспечивающие питание дуги током 100—600 А в электродах, соответствующем току в изделии 175—850 А.

Установка для сварки трехфазной дугой может быть сконструирована также из стандартных сварочных аппаратов и приборов, собранных по схеме, показанной на рис. 29.

В качестве источников трехфазной дуги могут быть использованы установки УДАР-500, ИПК-3М, ИПК-600, СТН-500, включенные в трехфазную сеть по схеме «открытый треугольник».

Для уменьшения величины составляющей постоянного тока служит батарея параллельно соединенных групп балластных реакторов, включенных в цепь фазы «сварное изделие». В схему помещают осциллятор для облегчения возбуждения дуги и силовой контактор для включения сварочных трансформаторов. Фазовые

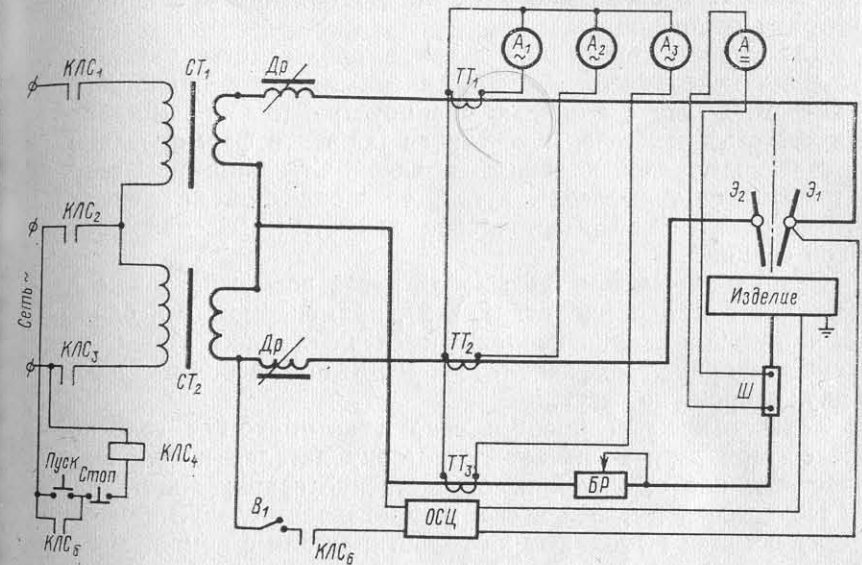


Рис. 29. Схема источника питания трехфазной дуги.

СТ₁, СТ₂ — сварочный трансформатор; БР — батарея реакторов; А₁, А₂, А₃ — амперметры переменного тока; А — амперметр постоянного тока; ОСЦ — осциллятор; КЛС₁ — КЛС₅ — силовые контакторы; Др — сварочные дроссели; В₁ — выключатель осциллятора; ТТ₁ — ТТ₃ — трансформаторы; Э₁, Э₂ — сварочные электроды; Ш — шунт.

сварочные токи измеряют с помощью трех амперметров переменного тока с трансформаторами тока.

Установки для сварки трехфазной дугой типов ИТД-600/1000м и ИПТ-500 обеспечивают регулирование процесса сварки и последовательность включения газа и тока с помощью программного управления по приведенной ниже схеме:

- продувка газовой магистрали защитным газом в течение 2—5 с перед сваркой;
- возбуждение сварочной дуги с помощью осциллятора на пониженных токах и постепенное нарастание тока в течение нескольких секунд для защиты вольфрамовых электродов от разрушения;
- включение сварочного трактора на маршевую скорость;
- отключение осциллятора после стабилизации дугового разряда;
- включение подачи сварочной проволоки.

Отключение автомата и прекращение сварки также регулируется по определенному циклу.

Сварку стыков полотнищ автоматами для трехфазной дуги рациональнее всего вести на стендах или балках, обеспечивающих обратное формирование швов за один проход автомата. В этом случае сварку можно проводить на листах толщиной до 20 мм, что дает большой экономический эффект, снижает перегрев конструкций и улучшает качество шва по сравнению с многопроходной сваркой и сваркой с двух сторон автоматом с применением кантовки полотнищ.

Для сварки трехфазной дугой в производство внедрена конструкция передвижной балки с пневматическим прижимным устройством. Балка с помощью пневмоустройства прижимает свариваемый стык к плите, обеспечивая обратное формирование шва за счет подкладной планки с канавкой. Стыковые швы свариваются автоматом с трехфазной дугой, установленной на передвижной балке, обеспечивая изготовление как стыковых, так и пазовых швов секций.

Сварка автоматом трехфазной дугой возможна также на стационарном стенде (см. гл. II, § 2), применяемом для однофазной аргодуговой сварки неплавящимся электродом. При отсутствии стенда сварку трехфазной дугой можно проводить на плите с двух сторон «на весу».

Технологический процесс сварки автоматом с головкой для трехфазной дуги включает подготовку деталей к сварке, сборку полотнищ под сварку и непосредственно сварку полотнищ.

Подготовку деталей к сварке производят следующим образом. Резку деталей выполняют на гильотинах или с помощью плазменной головки с последующей зачисткой кромок. Листы толщиной более 10 мм желательно обработать строжкой на станках, так как после гильотинной резки кромки реза, как правило, имеют серповидность. У конструкций толщиной менее 10 мм, свариваемых без разделки кромок, торцы желательно зачистить перед сваркой напильником. Для улучшения направления сварочной проволоки по стыку рекомендуется делать небольшую фаску глубиной 1—1,5 мм под углом 45°.

Перед началом сборки полотнищ на сварочном стенде необходимо очистить свариваемые кромки листов. При сборке должно быть разностенности листов или неприлегания к стальной формирующей подкладке. В конце и начале свариваемого стыка устанавливают выводные планки или заготавливают листы с припуском, обеспечивающим выход шва за пределы размеров секции. Листы собирают с помощью пневматических прижимов, так как прихватки в значительной степени ухудшают формирование шва. Если сборка без прихваток невозможна, их количество должно быть минимальным. Прихватки выполняют ручной аргодуговой сваркой с полным проваром.

Электроды перед сваркой затачивают (рис. 30). Для электродов диаметром менее 8 мм заточку выполняют только по торце

вой поверхности. Чтобы уменьшить попадание в шов вольфрамовых включений, заточка вольфрамовых электродов рекомендуется через 30—40 мин непрерывной работы.

После настройки автомата на шов подбирают режим сварки, который при сварке трехфазной дугой включает:

— силу сварочного тока на электродах и на изделии, а также соотношение между этими величинами, определяемое величиной коэффициентов токов;

— расположение электродов относительно свариваемого стыка, определяемое величиной угла, образованного между плоскостью

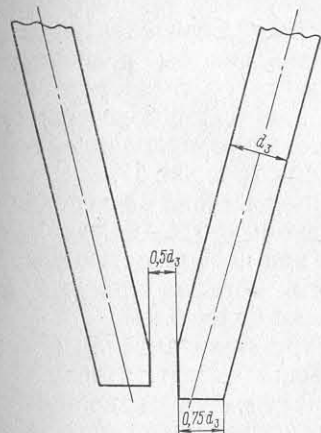


Рис. 30. Схема заточки вольфрамовых электродов.

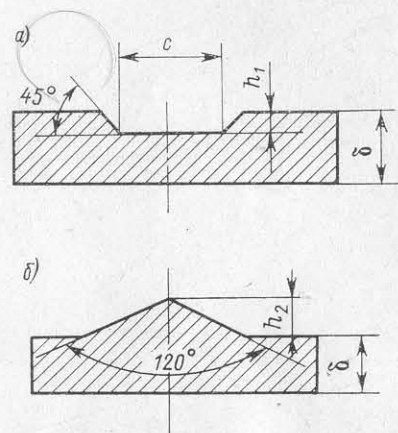


Рис. 31. Форма подкладных съемных планок: а — формирующая; б — призматическая.

электродов и осью шва, а также расстояние электродов относительно поверхности свариваемых листов;

- скорость сварки;
- скорость подачи присадочной проволоки;
- напряжение на каждой дуге.

При сварке трехфазной дугой в связи со значительной мощностью дуги существует опасность получения прожогов. При сварке с обратным формированием шва эта опасность уменьшается за счет поджимной формирующей планки. Для хорошего формирования шва с обратной стороны, как и при однофазной сварке, применяют стальные формирующие подкладки (рис. 31).

При толщине свариваемых листов $\delta = 6 \div 10$ мм ширина канавки формирующей планки составляет 8—10 мм; при $\delta = 10$ мм и более 10—12 мм. Толщина формирующих планок 20—25 мм. Иногда для уменьшения нагрева формирующие планки охлаждают водой. Для этого снизу приваривается желоб и пропускается вода.

При автоматической сварке «на весу» для избежания прожогов также необходимы подкладные планки. Если сварку листов ведут с разделкой кромок, рекомендуются призматические сталь-

ные планки (рис. 31, б) [13]. Высота призмы должна соответствовать глубине разделки кромок.

Стыковые швы сваривают углом вперед с наклоном горелки относительно вертикали 7—10°.

Глубина и ширина проплавления металла при трехфазной сварке зависят не только от параметров режима, но и от других

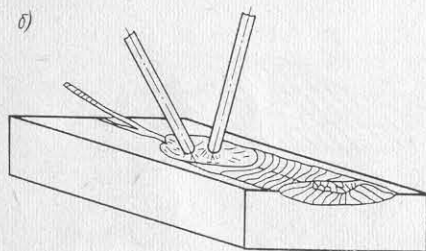
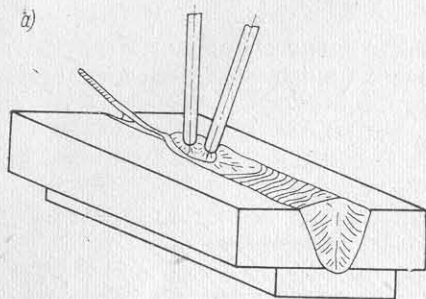


Рис. 32. Схема влияния установки электродов на форму шва и глубину проплавления: а — сварка последовательными электродами; б — сварка развернутыми электродами.

факторов, в частности, от расположения электродов. Если электроды расположить последовательно (рис. 32, а), можно получить глубокое проплавление и узкий шов. Если электроды расположить как бы развернутыми друг к другу с зазором между ними, шов будет более широким, но с меньшим проплавлением соединения (рис. 32, б).

Длина вылета электродов при сварке обычно 4—6 мм. Высота сопла над поверхностью расплавленного металла должна быть также не более 6 мм.

Сварщик-автоматчик при сварке обычно следит, чтобы между электродами и изделием все время поддерживалась постоянная длина дуги, так как при сварке соединений толщиной более 10 мм длина дуги может увеличиваться за счет выдувания расплавленного металла. В таком случае необходимо опускать электроды до первоначального зазора. Очень важно также, что-

бы присадочная проволока равномерно поступала в сварочную ванну. Плавление проволоки должно происходить плавно, без «вскипания», при полной защите омывающим газом и сопровождаться ровным специфическим звуком. Проволока не должна выходить за пределы ванны и подходить под факел дуги.

Стыки необходимо сваривать без перерывов, в случае вынужденного перерыва сварщик должен тщательно зачистить кратер шва и возбуждение дуги для продолжения сварки произвести на ранее выполненном шве на расстоянии 50—60 мм от кратера.

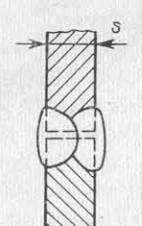
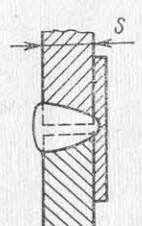
При длительной сварке рекомендуется очищать сопло горелки от загрязнений, протирая ее салфетками.

Сварку панелей и гофрированных листов проводят таким же образом, как при однофазной сварке. Режимы сварки такие же, как и для соответствующих толщин обычных листов. Рекомендуемые режимы сварки трехфазной дугой приведены в табл. 24.

Таблица 24

Режимы автоматической сварки стыковых швов конструкций сплава АМг61 трехфазной дугой в среде аргона диаметром присадочной проволоки 2 мм

Толщина свариваемого металла, мм	Сила сварочного тока, А			Диаметр вольфрамового электрода, мм	Скорость сварки, м/ч	Скорость подачи присадочной проволоки, м/ч	Расход аргона, л/мин
	$I_{э1}$	$I_{э2}$	$I_{изд}$				
6	370—390	370—390	490—510	8	32—35	180—200	25—30
8	460—480	460—480	600—620	8	27—30	160—180	28—32
10	520—540	500—520	700—720	8	17—20	150—180	28—32
12	540—560	520—540	730—750	10	12—15	120—150	28—32
15	540—560	520—540	730—750	10	8—10	100—120	28—32
6	390—410	360—380	500—520	8	50—52	180—210	28—32
8	470—490	460—480	590—610	8	38—40	170—200	28—32
10	510—530	510—530	690—710	8	28—30	170—200	28—32
15	530—550	510—530	700—720	10	12—15	120—150	28—32
20	530—550	520—540	700—720	10	9—10	100—120	28—32
					7—8	80—100	



Примечание. Сварку проводят при последовательном расположении электродов.

Расход аргона при автоматической сварке трехфазной дугой на основную сварку составляет 50—60 л/пог. м, а со вспомогательными операциями — 70 л/пог. м. Расход вольфрама с учетом переточки электродов равен $\sim 0,3—0,5$ г/пог. м.

§ 3

СБОРКА И АВТОМАТИЧЕСКАЯ АРГОДУГОВАЯ СВАРКА ПОЛОТНИЩ ПЛАВЯЩИМСЯ ЭЛЕКТРОДОМ

Автоматическая аргодуговая сварка плавящимся электродом представляет процесс, при котором сварочная дуга образуется между электродной присадочной проволокой и свариваемым изделием. Сварку проводят на постоянном токе обратной полярности. При сварке током прямой полярности наблюдается меньшая стабильность горения дуги и большее разбрызгивание расплавленного металла, а также ухудшается формирование шва.

Сварка плавящимся электродом имеет ряд специфических особенностей. При сварке плавящимся электродом в защитных газах от постоянства длины дуги зависит проплавление основного металла, формирование шва, разбрызгивание и плотность наплавленного металла. Поэтому одним из важных факторов является поддержание постоянной длины дуги. При сварке плавящимся электродом в защитных газах широко применяют системы подачи проволоки в дугу с постоянной скоростью. Постоянство дуги в этом случае основано на принципе саморегулирования дуги. Интенсивность саморегулирования дуги зависит от статических характеристик дуги и источника тока.

Сварка стыковых соединений должна выполняться с минимальными зазорами в стыке (до 1,5 мм) для конструкций толщиной $\delta=4\div 10$ мм из-за возможности прожогов. Тщательной должна быть подготовка кромок и проволоки (травление и обезжиривание). В случае недостаточной чистоты поверхности кромок и проволоки в шве может образоваться пористость. Пористость также могут вызвать влага на кромках свариваемых листов и пары воды в зоне дуги. Водород, выделяемый при разложении воды в столбе дуги, поглощаясь расплавленным металлом, способствует образованию пористости в металле шва.

Важным фактором для повышения стабильности горения дуги, улучшения формирования швов и уменьшения пористости при использовании автоматической сварки плавящимся электродом является применение импульсного питания дуги. В качестве импульсной приставки для сварки проволокой диаметром 2 мм и более могут применяться генераторы типа ГИ-ИДС-1 или ГИД-1.

Основными источниками питания для сварки плавящимся электродом являются генераторы с падающей внешней характеристикой типов ПС-500, ПСО-500 или сварочные выпрямители типа ВД-500 и т. д. В качестве сварочного автомата используют аппа-

раты типа АДСП-2 или АДПГ-500 (их технические характеристики см. в гл. I, § 3).

При сварке плавящимся электродом на стенде с обратным формированием шва разделку кромок выполняют, как обычно, в зависимости от толщины свариваемого металла. При сварке стыковых соединений толщиной $\delta=4\div 10$ мм разделку кромок можно не производить. Зазор для этих соединений должен быть не более 1—1,5 мм. При толщине соединений более 10 мм необходима V-образная разделка кромок.

При сварке полотнищ, где длина отдельных швов достигает 5 м при толщине свариваемых листов до 8 мм, целесообразно устанавливать в собираемых стыках клиновидный зазор величиной 1—4 мм, который способствует уменьшению сварочных деформаций и служит для компенсации усадки стыкового соединения. Листы на стенде перед сваркой закрепляют с помощью пневматических или других приспособлений, установленных на стенде.

Сборка листов полотнищ под сварку без прихваток — самая рациональная. В случае применения прихваток количество их должно быть минимальным, особенно при сварке плавящимся электродом, так как сварка по прихваткам вызывает появление пор и других дефектов в стыковых швах. Некачественные прихватки с трещинами и наружными порами должны быть вырублены и заварены вновь.

Нежелательно также смещение кромок относительно друг друга в стыковых соединениях, так называемая разностенность. Разностенность допускается не более 10% от толщины свариваемых листов.

На концах стыков полотнищ устанавливают заходные и выходные технологические планки размером $\sim 150\times 150$ мм. Планки необходимо приварить к стыкуемым листам, чтобы избежать прожогов при автоматической сварке. Подготовка кромок технологических планок должна быть идентична подготовке кромок свариваемой конструкции.

Очень большое значение при сварке плавящимся электродом имеет тщательная зачистка кромок перед сваркой. Иногда кромки зашлифовывают напильником для обеспечения их чистоты. Если время между сборкой и сваркой более 2 сут, производят повторную зачистку кромок стыка. Однако это весьма трудоемкая операция, так как необходимо соединение разобрать, зачистить и вновь собрать.

Настройку режимов при импульсно-дуговой автоматической сварке выполняют путем установки базового и импульсного амплитудного значений тока, напряжения на дуге, расстояния вылета электрода, скорости сварки, наклона электрода, расхода защитного газа. Эти параметры определяют опытным путем, наплавляя пробный валик. Перед сваркой при выключенном импульсном генераторе принимают несколько заниженное значение сварочного тока, затем настраивают режим импульсного генератора. Устанавливают величину рекомендуемого сварочного тока на импульсных

генераторах, после чего включают генератор. В процессе пробной сварки производят окончательную регулировку сварочного тока основного генератора.

Сварку выполняют «углом вперед». Угол наклона горелки к поверхности свариваемой детали должен составлять $\sim 70-85^\circ$. При сварке алюминиевых сплавов «углом вперед» слой расплавленного металла ванны движется вперед, уменьшая глубину проваривания и образуя зону необходимого сплавления. В результате создается возможность сварки на довольно больших скоростях, однако скорость необходимо специально подбирать, иначе может образоваться шов с продольным гребнем.

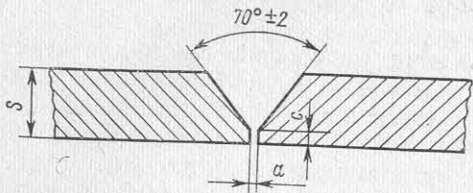


Рис. 33. Эскиз разделки кромок при автоматической сварке плавящимся электродом «на весу».

При $S=6$ мм — $a=0^{+1}$ и $c=2\pm 1$; при $S=8$ мм — $a=0^{+1}$ и $c=2\pm 1$; при $S=10$ мм — $a=0\pm 2$ и $c=3\pm 1$; при $S=16$ мм — $a=0^{+2}$ и $c=3\pm 1$; при $S=20$ мм — $a=0^{+2}$ и $c=12\pm 1$.

загрязняется поверхность газового сопла. Очистку сопла необходимо производить через 15—20 мин после сварки.

Режимы автоматической импульсной сварки плавящимся электродом (сварка с двух сторон)

Толщина свариваемого металла S, мм	Диаметр сварочной проволоки, мм	Ступени режима работы импульсных генераторов			Сила тока, А	Напряжение на дуге, В	Скорость сварки, м/ч	Расход аргона, л/мин
		В-1	В-2	В-3				
6	2	III—IV	III	I	130—150	20—22	20—25	10—12
8	2	IV	III	II	170—200	20—22	20—25	12—14
10	2	IV	III	II	240—260	21—23	20—23	12—14
16	4	Максимальные ступени			320—350	27—30	24—26	30—32
20	5	То же			490—510	30—32	24—26	30—35

Примечание. Сварку проводят при частоте импульсов 100 имп/с. Количество проходов — два.

При отсутствии импульсной приставки для уменьшения пористости рекомендуется выполнять сварку в аргоно-кислородной смеси при содержании кислорода 2—4% [16]. Кислород в смеси с аргоном улучшает стабильность горения дуги, снижает разбрызгивание электродного присадочного металла и повышает коэффициент наплавки. Однако содержание кислорода не должно превышать 10%. Смешение газов при сварке можно получить с помощью инжекторного смесителя СМГИ-2.

Сварку полотнищ можно также производить «на весу» с разделкой кромок (рис. 33), при этом проплавленный металл со стороны корня шва необходимо удалять после кантовки механической

Таблица 26

Режимы автоматической импульсной сварки плавящимся электродом с обратным формированием шва

Толщина свариваемого металла S, мм	Ступени режима работы импульсного генератора ИИП-1			Частота импульсов, имп/с	Сила тока, А	Напряжение на дуге, В	Скорость сварки, м/ч	Расход аргона, л/мин
	В-1	В-2	В-3					
4	III—IV	III	I	50	160—180	19—20	25—30	8—10
5	III—IV	III	I	50	180—190	20—21	25—28	9—10
6	III—IV	III	I	100	190—200	20—21	25—28	10—11
8	III—IV	III	I	100	200—210	21—22	25	11—12
10	IV	III	II	100	210—220	21—22	20	12—14

Примечание. Диаметр присадочной проволоки 2 мм.

обработкой, путем вырубки пневматическим зубилом или фрезеровкой. Наличие непровара при вырубке характеризуется раздвоением стружки. После вырубки корня шва и его тщательной очистки полотнища сваривают с обратной стороны. Сварка швов стыковых соединений с обратной стороны должна производиться током несколько большей силы, чем сварка с основной стороны. Для листов толщиной более 15 мм рекомендуется автоматическая сварка «на подъем», что обеспечивает лучший провар и формирование швов. Угол подъема должен составлять $\sim 20-30$ мм/пог. м.

Режимы автоматической импульсной сварки плавящимся электродом даны в табл. 25 и 26.

СБОРКА И АВТОМАТИЧЕСКАЯ СВАРКА СЖАТОЙ ДУГОЙ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

В 1970—1971 гг. в судостроении нашел применение метод автоматической сварки сжатой (плазменной) дугой переменного тока на стыковых соединениях листов толщиной 3—10 мм. Этот метод представляет собой разновидность газозлектрической сварки неплавящимся электродом [7].

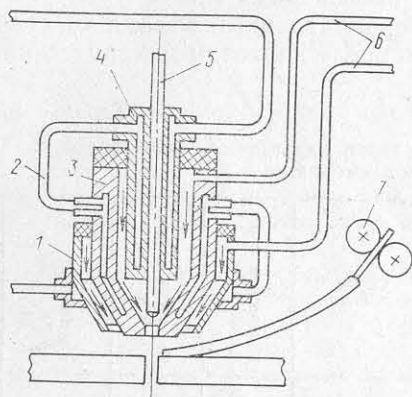


Рис. 34. Схема сварки алюминиевых сплавов сжатой дугой переменного тока и устройство плазмотрона.
1 — защитное сопло; 2 — подвод воды; 3 — плазмообразующее сопло; 4 — цапгодержатель; 5 — вольфрамовый электрод; 6 — подвод защитного газа; 7 — подающий механизм сварочной проволоки.

(рис. 35) или «Алюминий-1». На сварочную головку автомата устанавливают плазмотрон, с помощью которого производят сварку.

Питание при сварке сжатой дугой переменного тока осуществляется от специализированного источника УДГ-701 или серийного источника питания дуги УДГ-501.

Макетный образец источника типа УДГ-701 имеет следующие основные характеристики:

Номинальное напряжение питающей сети переменного тока частотой 50 Гц, В	380
Номинальный режим работы ПВ, %	100
Потребляемый от сети ток, А	не более 140
Напряжение холостого хода, В	120
Сварочный ток при ПВ = 100%, А	100—170
Номинальное напряжение на дуге, В	17—25
Величина постоянной составляющей сварочного тока (плавно регулируемая), А	0—200
Масса установки, кг	700
Габариты, мм	1100×1200×1400

В ближайшие годы установка УДГ-701 будет серийно выпускаться промышленностью.

Автомат для сварки сжатой дугой имеет следующие устройства и системы, обеспечивающие стабильность процесса сварки: систему поддержания заданной длины дуги, устройство для возбуждения дежурной дуги с помощью осциллятора, устройство для плавного регулирования скорости подачи сварочной проволоки, устройство для наклона плазмотрона «углом вперед» до

60°. Сварку сжатой дугой переменным током выполняют с помощью специального плазмотрона (рис. 34), сопло которого охлаждается водой. Защиту расплавленного металла шва от воздействия воздуха осуществляют за счет подачи защитного газа из наружного защитного сопла плазмотрона. При сварке сжатой дугой так же, как и при сварке неплавящимся электродом, сварочная проволока подается в сварочную ванну по специальному каналу по касательной к плоскости свариваемого изделия в факел дуги.

Сварку сжатой дугой выполняют автоматами АДСВ-2

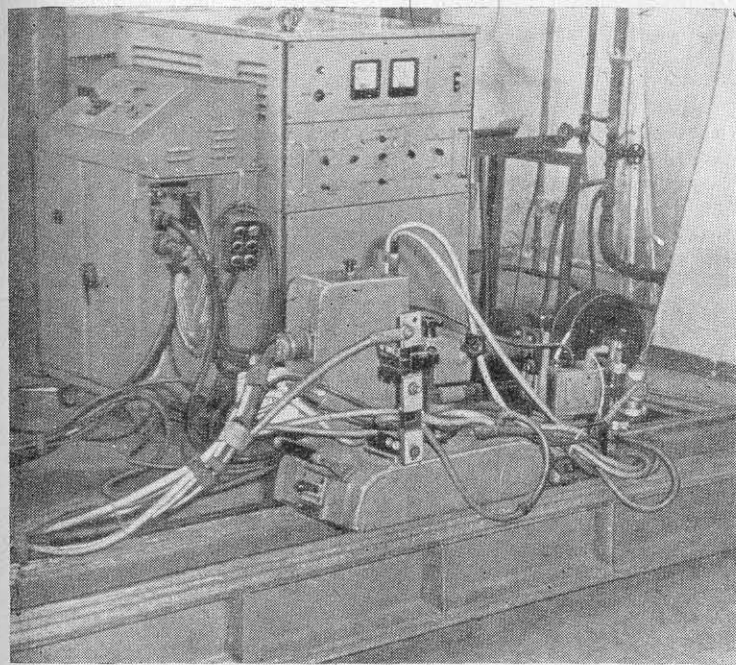


Рис. 35. Автомат типа АДСВ-2 с плазмотроном для сварки сжатой дугой переменного тока, питаемого от источника УДГ-701.

60°. Автомат также должен иметь скорость не менее 30 м/ч и быть оборудован автоматической системой, обеспечивающей включение сварочного тока только при подаче в плазмотрон защитного газа и воды для его охлаждения.

По окончании сварки и выключении сварочного тока подача газа должна прекратиться через 10—15 с, чтобы защитить ванну расплавленного металла.

Для сварки сжатой дугой применяют проволоку диаметром 2—2,5 мм по ГОСТ 7871—63, в качестве плазмообразующего и защитного газа используют аргон по ГОСТ 10157—62 марки А.

Для сварки сжатой дугой применяют вольфрамовые электроды по ТУ ВМ2-529—57, могут использоваться также прутки итрированного вольфрама марки ВИ по ТУ 48-42-73—71. Вольфрамовые электроды затачивают на станке, при этом чистота поверхности должна быть $\nabla 5$, заточенные электроды устанавливают в цангу плазмотрона.

Стыки под сварку сжатой дугой подготавливают так же, как и для других способов автоматической сварки. Перед сваркой устанавливают выводные технологические планки. Для конструкций толщиной до 10 мм разделка кромок при сварке с обратным формированием шва не производится. Режимы сварки швов с обратным формированием приведены в табл. 27. Подкладную форми-

Таблица 27

Режимы автоматической сварки сжатой дугой с обратным формированием шва

Толщина свариваемых листов, мм	Сила сварочного тока, А	Напряжение на дуге, В	Скорость сварки, м/ч	Скорость подачи сварочной проволоки, м/ч	Расход газа, м/мин		Диаметр вольфрамовой сварочной проволоки, мм	Зазор в стыке, мм
					плазмообразующего	защитного		
3	215—220	20—22	20	80—90	5—6	8—10	4/2	0—1
4	220—250	20—22	20—21	50—55	5—6	8—10	4/2	0—1
6	310—320	20—22	18—20	50—55	6—7	10—15	4/2	0—1
8	370—400	20—22	15—16	40—50	7—8	10—15	6/2	2—3
10	430—450	19—20	13—15	40—50	8—9	15—20	8/2	2—3

рующую планку применяют с канавкой следующих размеров: для соединений толщиной 3—6 мм — глубина 0,5—0,8 мм и ширина 4—5 мм, для соединений толщиной 7—10 мм — глубина 1—1,2 мм и ширина 6—7 мм.

По внешнему виду швы, сваренные сжатой дугой, напоминают швы, сваренные автоматической сваркой неплавящимся электродом, но с несколько выраженной чешуйчатостью шва. Автоматическая сварка сжатой дугой была опробована на производственных конструкциях. В результате сварки полотнищ толщиной $\delta = 4 \div 5$ мм было выявлено, что применение автоматической сварки сжатой дугой несколько уменьшает деформации и снижает общий расход аргона, однако особых преимуществ по сравнению с автоматической аргонодуговой сваркой неплавящимся электродом этот способ не имеет.

Недавно разработан способ автоматической плазменной сварки на постоянном токе обратной полярности от обычных сварочных генераторов типа ПС-500 [5].

Применение сварки постоянным током обратной полярности способствует разрушению окисной пленки на кромках изделия, что улучшает качество расплавленного металла в процессе сварки, а использование обычных генераторов упрощает схему сварочного поста и уход за оборудованием.

Новый плазмотрон более прост и устойчив в работе. Первые опыты дали обнадеживающие результаты. Сварку конструкций толщиной $\delta = 3 \div 10$ мм можно выполнять на скоростях, превышающих скорость автоматической плазменной сварки на переменном токе. Соединения из сплавов АМг6 и АМг61, сваренные плазменной сваркой на постоянном токе обратной полярности, по полученным данным, имеют прочность в пределах, требуемых техническими условиями, и составляют 0,9—0,94 от прочности основного металла. В настоящее время указанный способ сварки проходит промышленную проверку.

§ 5

МЕТОДЫ БОРЬБЫ С ДЕФОРМАЦИЯМИ ПРИ СВАРКЕ ПОЛОТНИЩ

Исследования деформаций сварочных конструкций из сплавов АМг показывают, что деформаций у алюминиевых конструкций в 2,5 раза больше, чем у стали. Неравномерный нагрев и остывание металла при воздействии электрической дуги вызывают температурные напряжения и пластические деформации укорочения. После охлаждения в свариваемых изделиях образуются остаточные деформации и напряжения. В результате деформаций укорочения, как продольных, так и поперечных, в конструкциях (в частности, в полотнищах) возникают общие деформации в виде изгибов, а также местные деформации в виде «бухтин», «домиков» и волнистости свободных кромок.

При конструировании рекомендуются следующие мероприятия по уменьшению деформаций полотнищ:

- уменьшить число свариваемых стыков за счет правильного выбора габаритов листов;
- проектировать полотнища с совмещенными стыками и пазами;
- избегать перекрещивающихся стыковых соединений, вызывающих деформации в районе перекрестия;
- стыковые соединения листов полотнища желательно проектировать параллельно набору;
- стыки на гофрированных листах и в прессованных панелях необходимо располагать поблизости к ребрам жесткости на величину ~ 100 —120 мм.

УСТАНОВКА И ПРИВАРКА НАБОРА В СЕКЦИЯХ

§ 1

СБОРКА И ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКАЯ ПРИВАРКА НАБОРА И ФУНДАМЕНТОВ В СЕКЦИЯХ

Приварку набора (тавровые балки, бульбы, угольники и т. п.) к полотнищам секций производят на плитах, если это плоские секции, и в постелях, если секции имеют кривизну. Сваренное заранее полотнище закрепляют на плите прихватками по контуру или клиновыми прижимами и струбцинами к постели.

Разметку и установку набора выполняют с предварительной зачисткой и обезжириванием мест сварки (рис. 36). Набор зачищают пневматическими щетками или на специальных станках для зачистки профиля (см. стр. 45), затем устанавливают и поджимают к обшивке.

Прихватку рекомендуется выполнять ручной аргонодуговой сваркой, калибры прихваточных швов должны быть не более основных. Количество прихваток должно быть минимальным, и устанавливать их следует со стороны, противоположной сварке, так как сварка по прихваткам обычно вызывает неравномерный калибр шва и наплывы. Зазоры между полотнищем и ребрами жесткости должны быть не более 1 мм. При сварке соединений малой толщины ($\delta = 2 \div 4$ мм) зазор желательно уменьшить до 0,5 мм. На подготовленную под сварку секцию для уменьшения сварочных деформаций устанавливают грузы (рис. 37).

Приварку набора к полотнищам секций механизированным способом производят как автоматической, так и полуавтоматической сваркой. Однако в связи с тем, что специализированные автоматы для сварки угловых швов промышленность сейчас не выпускает, приварку набора в большинстве случаев осуществляют полуавтоматической сваркой. Кроме того, применение автоматов рационально при сварке сплошных угловых швов большой протяженности и наличии набора одного направления при раздельном способе сборки и сварки. В настоящее время, когда в судостроении внедряется изготовление судовых конструкций из прессованных панелей, где сварка угловых швов будет несколько ограничена, приварку набора (навесная система набора) к панелям будет выполняться в основном полуавтоматической сваркой.

Набор к полотнищам секций приваривают полуавтоматами типов ПРМ-2, ПРМ-4, «Спутник», «Электрон» и т. д. Конструкция

Технологические мероприятия по уменьшению деформаций при сварке полотнищ следующие:

— правка листового материала перед сборкой под сварку в соответствии с допусками; листы и плиты при толщине до 4 мм после правки не должны иметь волнистость поверхности (стрелку прогиба) более 3 мм на 1 пог. м, при толщине 5—10 мм — не более 4 мм на 1 пог. м и при толщине 11 мм и выше — 5 мм на 1 пог. м.;

— сборка листов с соблюдением требуемых зазоров, разделок кромок и других параметров, обеспечивающих минимальный нагрев свариваемых кромок;

— применение механизированной сварки на повышенных скоростях для уменьшения нагрева на единицу длины свариваемой конструкции и деформаций в целом;

— использование оснастки, обеспечивающей значительный теплоотвод от свариваемых конструкций за счет облицовки постелей деталей стенов алюминиевым сплавом;

— применение пневматических или других прижимов для закрепления листов на постели или стенде при сварке полотнищ;

— установка клинового зазора в стыках и пазах, обеспечивающего необходимое укорочение тонколистовых полотнищ при сварке на стендах и препятствующего набеганию одной кромки на другую (домики, бухтины);

— соблюдение режимов сварки, обеспечивающих заданные конструктивные размеры швов;

— использование сварки с обратным формированием швов для минимального ввода тепла на единицу длины шва.

Как показывает практика изготовления полотнищ, сварка их механизированным способом на стендах с обратным формированием дает минимальные сварочные деформации. Это обусловлено значительным теплоотводом и высокой скоростью сварки. В этом плане сварка сжатой дугой более перспективна.

В некоторых случаях для уменьшения деформаций полотнищ применяют проколачивание швов непосредственно после сварки. Проколачивание выполняют пневматическим молотком со вставленной медной чеканкой. Чтобы исключить ручное проколачивание швов, были проведены опыты по прокатке роликками тонколистовых полотнищ на специальном станке для растяжки околошовной зоны. Растяжение околошовной зоны позволяет снизить напряжение в секциях и несколько уменьшить бухтиноватость полотнищ.

Деформации конструкций после сварки обычно устраняют, правя их с помощью нагрева. В последнее время наряду с проколачиванием мест нагрева применяют также методы безударной правки. Нагрев мест под правку производят горелками для ручной аргонодуговой или плазменной сварки. В последнем случае следы расплавления поверхностного слоя металла на поверхности листов отсутствуют.

этих полуавтоматов приведена выше (см. гл. I, § 3). Использование импульсных приставок типов ГИ-ИДС-1, ГИД-1 и импульсных генераторов делает возможным применение импульсной полуавтоматической сварки также и на секциях.



Рис. 36. Установка набора с помощью электроприхваток.

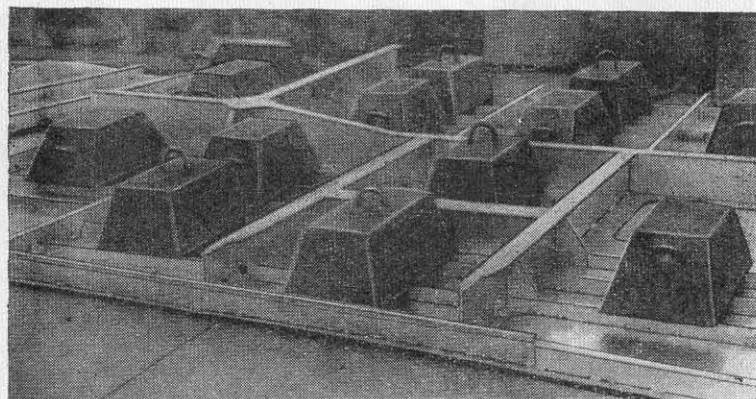


Рис. 37. Установка грузов для прижатия секций к плите.

В зависимости от требований, предъявляемых к конструкции и условиям ее работы, приварку набора к полотнищам секций с помощью полуавтоматической сварки в защитных газах выполняют: сплошными двусторонними швами, сплошными односторонними швами, односторонними сплошными швами в сочетании

с прерывистыми швами с другой стороны, двусторонними прерывистыми швами, односторонними прерывистыми швами, а также точечными швами как двусторонними, так и односторонними.

Вид шва и калибр угловых швов назначает проектант по расчету исходя из действующих нагрузок и особенностей работы конструкций. Для уменьшения деформаций тонколистовых конструкций и улучшения работоспособности прерывистых швов в последнее время вместо прерывистых шахматных швов с малой протяженностью участка шва применяют прерывистые швы с длиной проваренных участков 300 мм и более, но с увеличенным шагом. Полуавтоматическую приварку набора можно выполнять во всех пространственных положениях «углом вперед». Угол наклона к поверхности свариваемых деталей должен составлять 70—80°.

Техника импульсной полуавтоматической сварки швов тавровых соединений несложна. Процесс сварки начинается с замыкания сварочной проволоки на свариваемое изделие; в этот момент электрод перпендикулярен линии направления сварки. О наличии импульсов судят по характерному звуку, издаваемому дугой при горении. Вылет электрода должен составлять ~8—12 мм. Начав сварку, горелку наклоняют углом вперед. Проволоку направляют в угол таврового соединения, образуемого свариваемыми кромками. Если толщина таврового соединения не одинакова, сварочную проволоку смещают несколько в сторону более толстого металла.

Так как подготовка и техника ведения полуавтоматической приварки набора к полотнищам в основном аналогична технике сварки узлов набора между собой (см. гл. III, § 1), укажем лишь на некоторые особенности сварки мест пересечения набора.

Сварку вертикальных швов мест пересечения набора и других соединений необходимо вести снизу вверх. Сварку малых калибров швов (до 5 мм) выполняют без колебательных движений горелки, сварку швов тавровых соединений калибром более 6 мм рекомендуется производить с небольшими поперечными колебательными движениями (рис. 38). Угол наклона электрода («углом вперед») должен строго выдерживаться в пределах 70—75°.

Сварку многопроходных швов выполняют последовательным наложением нескольких швов. Перед наложением каждого последующего шва тщательно зачищают предыдущие проходы.

Набор к полотнищам для уменьшения сварочных деформаций приваривают по разработанным схемам. Сначала производят

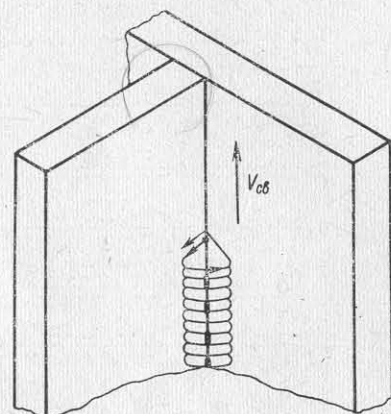


Рис. 38. Схема колебательных движений при сварке тавровых соединений калибром более 6 мм.

вертикальную сварку мест пересечений продольного и поперечного наборов, затем приварку ребер жесткости к полотнищу. Приварку набора полуавтоматом выполняют ячейковым способом два или четыре сварщика одновременно. Обычно сварку начинают от середины секции в нос и корму. Если сварку ведет один сварщик, то набор приваривается симметричными участками от середины секции в нос и корму. Схема сварки набора секций представлена на рис. 39.

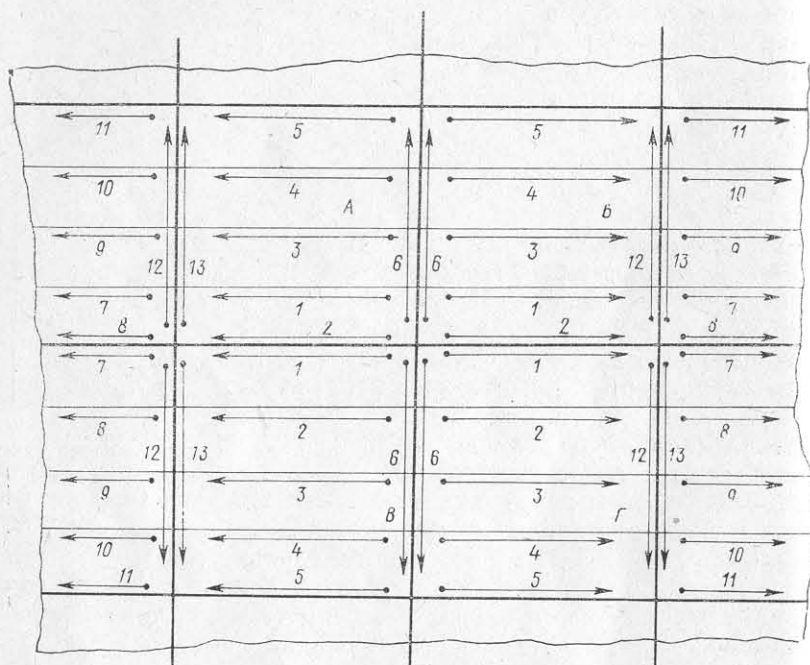


Рис. 39. Схема сварки набора секций.

--- --> — направление сварки; 1, 2, 3, ... — очередность сварки, А, Б, В, Г — сварщики.

Предварительно сваренные фундаменты приваривают, как правило, сплошными швами, часто с полным проваром. В этом случае производят разделку кромок таврового соединения. Вначале приваривают швы со стороны разделки кромок, подрубая корень шва и сваривают шов с противоположной стороны. В начале шва скорость сварки должна быть меньшей, чем при установленном режиме, чтобы создать необходимый провар. Для обеспечения устойчивого процесса сварки большое значение имеет постоянство скорости подачи электродной проволоки, поэтому перед сваркой необходимо уделять внимание качеству намотки проволоки в кас-сеты, а также качеству подготовки полуавтоматов к сварке, в частности, подготовке подающих шлангов.

При сварке горизонтальных и потолочных швов тавровых соединений техника сварки та же, что и при сварке швов в нижнем положении, но сила тока несколько меньше, и проволока должна направляться точно в угол таврового соединения.

Сварку сплошными швами необходимо вести равномерно с постоянной скоростью для того, чтобы сплошные швы имели одинаковый калибр (заданный в чертежах) на протяжении всей длины. Металл шва должен быть мелкочешуйчатым, а поверхность — блестящей по всей длине. Сплошные швы обычно применяют для тавровых соединений, работающих на отрыв или циклические нагрузки. Эти швы являются плотнопрочными и обеспечивают непроницаемость соединений. Швы тавровых соединений, работающие на отрыв и испытывающие циклические нагрузки, требуют сплошного проплавления сечения, поэтому сварку в этом случае выполняют по разделке кромок. Такие швы должны иметь плавный переход от шва к основному металлу (вогнутые швы). Наличие плавного (галтельного) перехода шва к стенкам основного металла обеспечивает хорошую их работоспособность при вибрационных нагрузках, даже при наличии некоторых дефектов. Вогнутые швы с плавным переходом получают при оптимальном подборе режимов сварки (струйный процесс), правильном направлении сварочной проволоки как при сварке наклонным электродом в нижнем положении, так и в положении изделия «в лодочку». Такими швами приваривают килевые листы, стрингеры, фундаментные балки и другие соединения. На рис. 40 изображены вогнутые швы тавровых соединений с полным и частичным проплавлением.

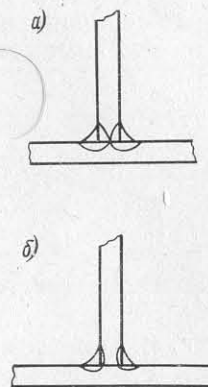


Рис. 40. Тавровые соединения: а — с частичным проплавлением; б — с полным проплавлением.

При сварке сплошных швов или обварке швами по периметру узлов сварные швы необходимо выполнять без перерывов и образования кратеров, являющихся концентраторами напряжений. При случайных перерывах в работе или обрыве дуги для дальнейшего выполнения сварки необходимо возбудить дугу на ранее заваренном шве, заварить кратер, образовавшийся при обрыве, и продолжать сварку. При сварке сплошных швов полуавтоматами в несколько проходов или по прихваткам необходимо стремиться к полному расплавлению ранее наложенного шва и прихваток.

Приварку тавровых соединений прерывистыми швами выполняют в конструкциях, которые не испытывают циклических нагрузок и где не требуется непроницаемость. Прерывистые швы бывают чаще всего шахматные, реже цепные.

В последнее время применяют комбинированные швы, у которых одна сторона сплошная, другая — прерывистая (для обеспечения устойчивости связей). Особенность техники сварки прерывистых швов заключается в том, что выполнять их необходимо

точно по разметке и заплавлять кратеры каждого участка шва.

При сварке ответственных конструкций толщиной 2—6 мм могут применяться точечные швы, выполняемые полуавтоматами плавящимся электродом. Сварку точечных швов применяют при изготовлении тавровых, угловых и нахлесточных соединений выгородок, платформ и других конструкций, которые должны иметь хороший внешний вид и не испытывать силовых нагрузок при эксплуатации. Точечные швы могут быть односторонними или расположенными в шахматном порядке при двусторонней сварке. Проведенные опыты показали, что прочность одной точки при

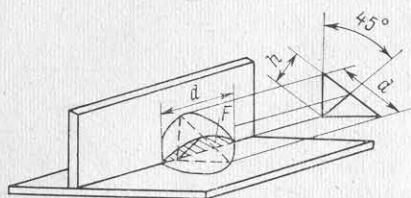


Рис. 41. Геометрические формы сварной точки.

d — диаметр точки; h — высота точки; F — площадь опасного сечения точки.

сварке тавровых соединений из сплавов АМг5В и АМг61 обеспечивает усилие на отрыв 250—300 кгс и на срез до 450—500 кгс. Схема расположения точки и ее геометрические формы показаны на рис. 41.

Сварку точками выполняют как в нижнем положении, так и в вертикальном. Сварку точечных швов производят с помощью того же оборудования, что и обычную полуавтоматическую сварку, диаметр сварочной проволоки берется 1,2—2 мм в зависимости от толщины металла. Требования к сборке под сварку точками такие же, как и при приварке набора к настилам секций сплошными швами, только зазоры при установке набора допускаются не более 0,3—0,5 мм для избежания прожогов. Прихватка подготовленных под сварку конструкций производится точками на тех же режимах, что и сварка основных точек. Сваренные точки во время прихватки остаются в конструкции, поэтому их выполняют по разметке так, чтобы попадать в шаг основной сварки. Перед выполнением прихватки и сварки реечным шаблоном производят разметку установки точек.

При сварке точечных швов полуавтоматом сварочная проволока направляется по биссектрисе угла таврового соединения, образует сварочную дугу и расплавляет свариваемый металл, создавая сварочную точку. Сварочная точка имеет форму круга или круга с небольшим эллипсом, расположенного относительно вершины угла соединения. Каждую сварочную точку выполняют без перемещения держателя полуавтомата вдоль соединения. Для сварки последующих точек держатель полуавтомата быстрыми рывками перемещают от точки к точке свариваемого изделия без выключения сварочного тока, подачи аргона и сварочной проволоки. Время перехода от одной точки к другой составляет ~0,5 с.

Сварку точками выполняют «углом вперед», равным 70—75°, как и при обычной полуавтоматической сварке. Сваренные точки имеют круглую или несколько эллиптическую форму, их диаметр

12—16 мм (диаметр точки назначает обычно конструктор в чертежах в зависимости от толщины свариваемых соединений). Допуск на эллипτικότητα точки $\pm 1,5$ мм. После усадки металла в центре точки может образоваться след в виде лунки. Такая лунка допускается, если глубина ее не более 1 мм, а диаметр не более 2 мм. Дефектные точки, имеющие свищи или трещины, должны вырубаться и затем завариваться вновь. Режимы полуавтоматической сварки точками приведены в табл. 28.

Таблица 28

Режимы полуавтоматической сварки точками

Толщина свариваемого металла, мм	Диаметр сварочной проволоки, мм	Сила сварочного тока, А	Напряжение на дуге, В	Время сварки одной точки, с	Диаметр точки, мм	Число свариваемых точек в минуту
3	1,5	180—200	24—25	1,5—2	10—11,5	24—30
4	2	220—230	24—25	1,5—2	11—12,5	24—30
5—6	2	240—250	25—26	2—2,5	14—16	15—25

Примечание. Расход аргона на 1 пог. м сварки составляет 12—15 л/мин.

Чтобы проверить качество соединений, сваренных точками, изготавливают тавровые и крестообразные образцы для испытаний на срез и отрыв. При этом прочность одной точки должна быть не менее 250 кгс/мм на отрыв и 450 кгс/мм на срез. При правильной технологии точечной сварки разрушение точек обычно происходит по «опасному» сечению точки F (см. рис. 41).

§ 2

СБОРКА И ПРИВАРКА НАБОРА К ПОЛОТНИЩАМ НА КОНТАКТНЫХ ТОЧЕЧНЫХ МАШИНАХ

До последнего времени в судостроении контактную сварку корпусных конструкций из сплавов АМг применяли довольно редко. Недостаток исследований по надежности сварных соединений, выполненных контактной сваркой, отсутствие сравнительных данных по прочности соединений, сваренных точечной и аргонодуговой сваркой и клепаными соединениями, малое количество современного оборудования на заводах сдерживало внедрение и применение контактной сварки.

Контактная сварка является одним из высокопроизводительных способов механизированной сварки, она делает возможным минимальный ввод тепла в изделие, экономит ряд дорогостоящих сварочных материалов (вольфрам, аргон и т. д.), обеспечивает высокую культуру производства. Особенно эффективна контактная сварка при приварке набора к полотнищам конструкций толщиной $\delta = 1 \div 5$ мм, требующих хорошего внешнего вида. В настоя-

щее время отраслевая нормаль ОН 9-329—69 предусматривает деление сварных соединений, выполненных контактной точечной сваркой, на категории. Категорию в зависимости от условий работы конструкции определяет проектант.

Ранее в судостроении при изготовлении надстроек, платформ, палуб, главных переборок и других корпусных конструкций, при приварке набора к полотнищам секций применялась только аргодуговая сварка. Внедрению контактной сварки корпусных конструкций предшествовал комплекс исследований и подготовительных работ, связанных с изучением механических свойств сварных соединений, отработкой технологии сварки, изготовлением оснастки, получением специальных профилей набора и приобретением необходимого оборудования.

В 1965—1966 гг. была проведена работа по внедрению контактной сварки при изготовлении корпусных конструкций из сплавов АМг61 и АМг5В. На контактную сварку перевели приварку набора переборок, платформ, палуб, надстроек и других конструкций с использованием машин типов МТПТ-600 и МТПУ-300.

При внедрении контактной сварки были исследованы механические свойства сварных соединений различных сочетаний толщин сплавов АМг5В, АМг61, отработаны режимы и технология сварки крупногабаритных секций, изготовлена оснастка для сварки указанных конструкций. Проведенная совместно с проектантами работа по составлению номенклатуры сварки, а также разбивка секций на отдельные подсекции дала возможность изготавливать конструкции с помощью контактной сварки (контактные машины при длине хобота 1,5 м и с учетом перестановки секции могут сваривать секции шириной только до 3 м).

Составление и утверждение проектантами нормалей на изготовление технологичных углобульбовых профилей с полкой, противоположной бульбе, ранее не изготовлявшихся для судостроения, дало возможность внедрить контактную сварку корпусных конструкций в более широких масштабах.

С 1966 г. в судостроении начали применять клеесварные соединения с использованием клея КС-609* для сварки конструкций, работающих в условиях повышенной вибрации и обеспечивающих местную и общую прочность судна, а также для соединений повышенной коррозионной стойкости и непроницаемости. В некоторых случаях для получения плотнопрочных соединений набора применяют роликовую контактную сварку.

Технология подготовки деталей под контактную точечную сварку и сварка конструкций состоит из следующих операций.

Предварительно сваренные полотнища устанавливают на плиты или другие приспособления для очистки мест под сварку. Окислы, краска и другие загрязнения, имеющиеся на поверхности листов, неэлектропроводны и затрудняют прохождение электрического тока при сварке, при этом они уменьшают площадь электрического кон-

такта и увеличивают плотность тока. Загрязнения ухудшают процесс сварки, вызывая выплески, прожоги и другие нежелательные явления.

Места под контактную сварку очищают пневматическими щетками из нержавеющей проволоки диаметром 0,1—0,2 мм и длиной 40—50 мм с двух сторон листа на ширину 30—40 мм. Небольшие поверхности иногда очищают наждачной бумагой или наждачным полотном вручную или с помощью механизированных приспособлений. Однако в связи с быстрым истиранием наждачного полотна этот способ себя не оправдывает.

Подготовка к сварке профилей с помощью станка для механической очистки значительно облегчает труд и увеличивает его производительность. Профиль пропускают через отверстие в станке, и с помощью щеток зачищают полку углобульбового профиля с двух сторон (описание и устройство станка см. гл. II, § 4). Наиболее качественный способ очистки поверхности под контактную сварку — травление листов, которое производят в ваннах (см. гл. II, § 2).

Сборку деталей под сварку выполняют на сборочных плитах или непосредственно на рольгангах, установленных возле машины. Углобульбовый набор или другой профиль на свариваемые полотнища устанавливают после разметки мест сборки набора и наведения ребер жесткости на линию разметки по ширине нахлестки. При установке набора на полотнище проверяют отсутствие зазоров между полкой профиля и полотнищем. При больших зазорах или бухтинах профили или листы могут быть подправлены гладилкой. В зависимости от условий эксплуатации данной конструкции зачищенные под сварку места полотнища и полку углобульбового профиля покрывают либо грунтом для предотвращения коррозии, либо клеем, если конструкция работает при знакопеременных нагрузках. Подгонка и установка набора на полотнище производится бригадой из двух сборщиков, которые последовательно устанавливают ребра жесткости, выравнивают их и наносят слой грунта или клея, подготавливая секцию к сварке. Обычно один из сборщиков имеет диплом сварщика для работы на контактных машинах и производит прихватку и сварку секций.

Грунт типов КФ-030, ГФ-032 и АЛГ-12 или клей КС-609 наносят шпателем или кистью на ширину нахлестки ровным слоем на обе свариваемые поверхности. Установив и закрепив по концам полотнища ребра жесткости с помощью струбцин или фиксаторов, производят прихватку ребер жесткости на контактной машине. Чтобы облегчить сборку плоских секций (типа панелей) с набором, применяют приспособления в виде прижимов для крепления углобульбовых профилей. Места прихватываемых точек размечают шаблонами с отверстиями, рейками или специальным разметчиком в процессе сварки (механическим или оптическим). Разметку швов с помощью реек производят мягким карандашом. В процессе сборки и прихватки необходимо обеспечить между ребрами и листами минимальные зазоры (0,1—0,6 мм).

* Авторское свидетельство № 138301, 1961 г.

Во время предварительной сборки проверяют базовые размеры свариваемой конструкции, величину зазора, чистоту свариваемой поверхности, маркировку (марку) материала. Места установки прихваточных точек должны совпадать со штатными точками, установленными по чертежу. Прихваточные точки выполняют на тех же режимах, что и основные. Для уменьшения сварочных деформаций установка точек должна производиться от середины к краям ребер, это дает также возможность исключить смещение деталей в процессе прихватки и предотвратить натяг ребер жесткости. Шаг точек при прихватке ребра может составлять $\sim 100-200$ мм. После прихватки одного ребра полотнище передвигают по рольгангам, устанавливают и прихватывают последующие ребра. Затем выполняют приварку набора.

Перед прихваткой и сваркой необходимо подготовить контактную машину к работе. Применяемые для сварки легких сплавов трехфазные машины с интронными преобразователями типов МТПУ-300, МТПТ-400 и МТПТ-600, а также конденсаторные машины типов МТК-75 и МТК-63-01 имеют сложное устройство и требуют тщательной подготовки всех систем. При проверке готовности машины к работе особое внимание обращают на следующее:

- проходит ли вода через электроды и охлаждающую систему электрической части машины;

- достаточно ли напряжение в питающей сети для обеспечения стабилизации тока;

- правильно ли установлены (без перекосов и смещений) электроды и зачищены ли они перед сваркой;

- выполняется ли сжатие электродов с заданным усилием;

- включается ли сварочный ток после сжатия электродов и снимается ли давление после выключения сварочного тока;

- достаточна ли величина рабочего хода для перемещения свариваемого изделия;

- обеспечивается ли качественная сварка точек (машина должна работать устойчиво, и точки должны быть заданного размера); сварщик часто проверяет работу машины совместно с наладчиком сварочной аппаратуры, который устраняет неисправности, если они имеются.

Установку электродов, их заточку, а также выбор электрода в зависимости от конфигурации свариваемого узла производит сварщик, который, имея набор электродов и специальных колодок, устанавливает их по мере надобности на машину. В специальном шкафу у машины обычно хранится набор инструментов и приспособлений для контактной сварки, в том числе электроды и колодки.

Для сварки углубульбовых профилей с полкой, направленной в противоположную сторону бульба, зетовых профилей, угольников и т. д. применяют специальные электроды (рис. 42 и 43); электроды для сварки углубульбовых профилей с полкой, направленной в сторону бульба, и колодки для сварки пайол показаны на рис. 44 и 45. Углубульбовые профили с полкой, направленной в сторону бульба, имеют довольно сложную форму и не очень

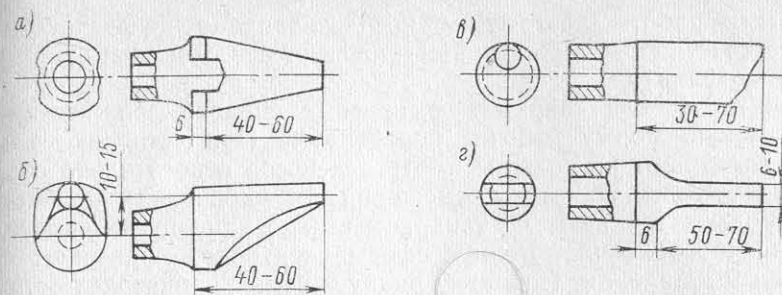


Рис. 42. Электроды прямые специальные: а — конусный; б, в — со специальной рабочей поверхностью; г — плоский.

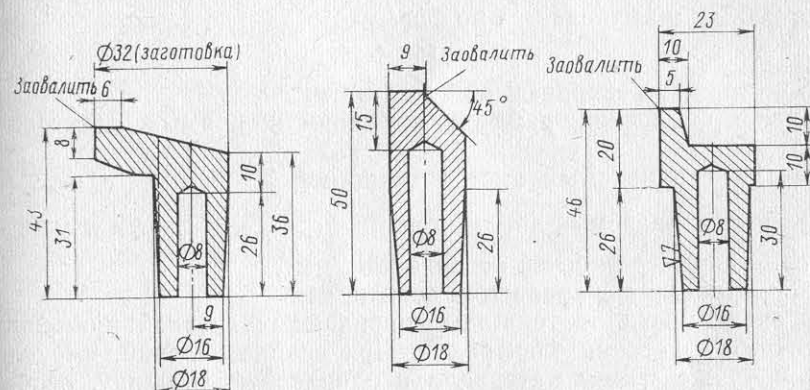


Рис. 43. Электроды для сварки в труднодоступных местах.

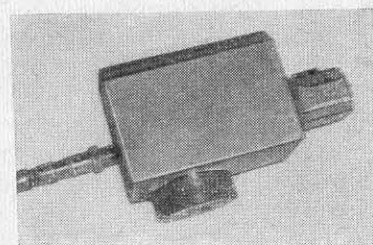
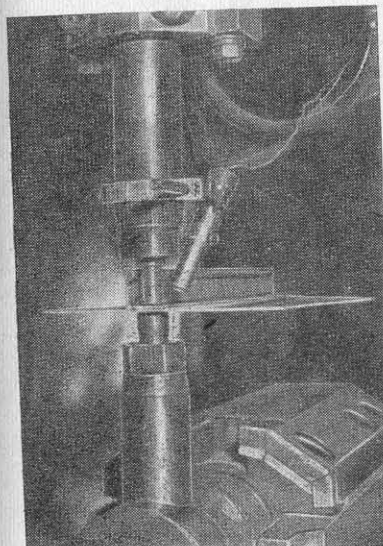


Рис. 44. Колодка для сварки пайол.

Рис. 45. Электроды для сварки углубульбовых профилей, направленных в сторону бульба.

удобны в работе, поэтому их использование нежелательно при сварке (частое смещение сварных точек от оси разметки от центра полки профиля).

Электроды для сварки алюминиевых сплавов должны иметь сферическую форму рабочей поверхности. При установке в машину электроды не должны иметь перекосов относительно свариваемых деталей, а также смещений их рабочих поверхностей. Электроды затачивают на токарном станке или других специальных приспособлениях. Радиус сферы электродов проверяют специальным шаблоном. Поправку радиуса сферы производят бархатным напильником, зачистку рабочих поверхностей от загрязнений — наждачной шкуркой.

Существует несколько эмпирических формул для определения размеров электродов. Радиус сферы электродов должен быть не более 200 мм и вычисляется по формуле

$$R_{эл} = 25S + 25,$$

где S — толщина свариваемой детали, мм.

Диаметр плоской рабочей поверхности прямых электродов равен:

— для свариваемых листов толщиной до 3 мм $d_k = 2S + 3$;

— для свариваемых листов толщиной > 3 мм $d_k = S\sqrt{S} + 1,5$ мм,

где d_k — диаметр рабочей поверхности, мм;

S — толщина свариваемой детали, мм.

В зависимости от толщины свариваемых деталей применяют различные сочетания электродов. При сварке изделий, имеющих одну и ту же марку материала и одинаковую толщину, необходимы электроды идентичной формы. При сварке деталей различной толщины и теплопроводности устанавливают электроды с различными контактными поверхностями и различной теплопроводностью. При этом со стороны сплава с меньшей электропроводностью устанавливают электрод с большей контактной поверхностью из материала с наибольшей теплопроводностью. При сварке деталей различной толщины радиус сферы или диаметр контактной поверхности электрода должны соответствовать толщине той детали, с которой в процессе сварки они находятся в контакте.

Рекомендуемые размеры электродов (мм) в зависимости от толщины свариваемой детали приведены ниже.

Толщина детали	Радиус сферы электрода	Минимальный диаметр электрода
1	75	16
1,5	100	20
2	100	25
2,5	150	25
3	150	30
4	150	30
5	200	40
6—7	250	50

Качественный процесс сварки зависит от правильно выбранных параметров режима сварки. Режимы сварки обычно подбирают экспериментальным путем, затем проверяют на образцах технологической пробы, которые должны быть идентичны свариваемым деталям. Правильность выбранных режимов и прочность сварных точек дополнительно проверяют путем проведения механических испытаний образцов-свидетелей.

Режим сварки определяют для каждого сочетания толщин листов в зависимости от марки свариваемого материала. В режим сварки входят следующие основные параметры:

— величина сварочного тока;

— длительность прохождения тока;

— величина усилия на электродах;

— форма рабочей поверхности электродов;

— изменение усилия сжатия в зависимости от изменения сварочного тока.

При сварке изделий разной толщины режимы сварки необходимо подбирать по наименьшей толщине детали. При сварке материалов с различной электропроводностью режим выбирают по материалу с наибольшей электропроводностью. Режим сварки также зависит от физических и механических свойств сплавов и, в частности, от электросопротивления и предела текучести материала при повышенных температурах. Группы металла с одинаковыми параметрами обычно объединяют в подгруппы и для них разрабатывают режимы сварки, обеспечивающие необходимые механические свойства.

Обработку режимов сварки на скручивание и отрыв выполняют на образцах технологической пробы в соответствии с нормалью ОН 9-329—69, действующей в судостроении. Режимы подбирают до получения качественного сварного соединения с литой зоной необходимого диаметра. Для проверки режимов сварки ответственных сварных конструкций дополнительно сваривают контрольные образцы, на которых проводят механические и металлографические испытания.

Для проверки качества сварных точек особо ответственных конструкций может применяться рентгеноконтроль. Однако, как показывают исследования, на сплаве АМг61 не все дефекты выявляются рентгеном (в основном обнаруживаются только трещины). Поэтому кроме рентгена необходимы и другие виды контроля. Отработанные режимы обычно заносят в таблицы.

Перед сваркой секций, если на машине не установлены приборы для дилатометрического контроля, которые обеспечивают контроль сварных точек без разрушения образцов, выполняют сварку образцов-свидетелей. Образцы-свидетели подвергают в лаборатории испытанию на растяжение. При получении положительных результатов (см. табл. 22) ОТК разрешает проведение сварочных работ.

Коэффициенты прочности сварных соединений, выполненных контактной сваркой, приведены ниже.

Марка свариваемого металла	AMr5B	AMr6	AMr61	AMr3
Коэффициент снижения прочности	0,9—1	0,9	0,9—0,95	1

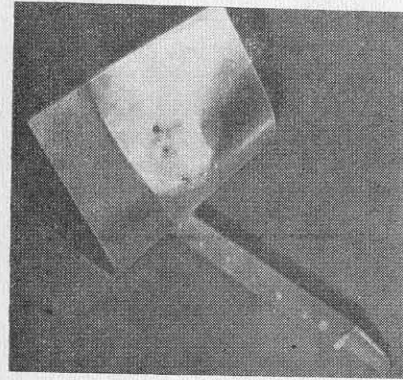


Рис. 46. Технологическая проба.

В процессе работы сварщик для проверки правильности применяемых режимов, а также после смены или заточки электродов периодически проводит сварку технологических проб (рис. 46). Наблюдая по приборам за стабильностью работы машины, сварщик обычно следит за давлением воздуха, напряжением в сети (его колебания не должны выходить за пределы $\pm 10\%$), чистотой поверхности свариваемого металла и чистотой электродов.

Основные требования к приварке набора секций состоят в том, чтобы точки устанавливались строго в соответствии с шагом по разметке, чтобы не было вывыплексов и других дефектов и диаметр точки соответствовал величине, заданной чертежом.

Основные требования к приварке набора секций состоят в том, чтобы точки устанавливались строго в соответствии с шагом по разметке, чтобы не было вывыплексов и других дефектов и диаметр точки соответствовал величине, заданной чертежом.

В процессе сварки не должно быть перекосов свариваемого узла относительно электродов, а также нарушений конструктивных размеров свариваемого узла. Основные конструктивные элементы расположения точечных швов при приварке набора к полотнищам в зависимости от толщины свариваемых элементов приведены в табл. 29. В некоторых случаях могут корректироваться режимы сварки. Однако при этом необходимо помнить, что при уменьшении шага точек сверх допустимых могут возникнуть явления шунтирования тока. Для обеспечения нормального процесса сварки ток в этом случае следует увеличить. При сварке соединений с повышенными зазорами также необходимо несколько увеличить силу сварочного тока.

В ряде случаев, когда приварку набора выполняют специальными фигурными электродами с недостаточной жесткостью, не всегда удается применить необходимые усилия сжатия свариваемых элементов и силу сварочного тока. Поэтому приходится ограничиться «мягкими» режимами сварки (пониженные значения тока) и для получения качественных соединений увеличить длительность протекания тока. Однако перегрев металла при мягком режиме сварки нежелателен из-за увеличения деформаций сварки-

Таблица 29

Основные конструктивные элементы точечных швов для сплавов AMr (сварка на машинах постоянного тока)

Параметр	Эскиз соединения		Размеры конструктивных элементов, мм										
	а	б	0,5	0,8	1	1,5	2	2,5	3	4	5	6	7
Толщина свариваемого металла S , мм			4	4	5	6	7,5	8,5	9	10	12	16	18
Диаметр литого ядра точки d , мм			10	10	15	20	25	35	40	50	60	70	90
Расстояние между точками (шаг точечного шва) l_1 , мм			10	10	15	20	25	35	40	50	60	70	70
Расстояние между осями рядов точек l_2 , мм			10	10	15	20	25	35	40	50	60	70	70
Расстояние оси шва от кромки нахлестки l_3 , мм			10	12	12	15	20	25	25	30	40	45	45
Ширина нахлестки или отбуртовки a , мм			5	6	6	8	10	12	14	15	20	20	20

Примечание. Допустимые отклонения: а) по диаметру точек для толщин свариваемых соединений менее 2 мм + 1 мм, для толщин более 2 мм + 1,5 мм; б) по шагу точек для толщин соединений до 2 мм ± 3 мм и для толщин более 2 мм ± 5 мм.

ваемых деталей, а также ухудшения стойкости сварочных электродов в процессе сварки. На рис. 47 изображена сварка переборок на машине МТПТ-600, на рис. 48 — готовая переборка.

Для приварки плотнопрочными швами конструкций, действующих в условиях повышенной вибрации и требующих повышенной коррозионной стойкости, включая и работу конструкции в условиях тропиков, в последнее время в судостроении начали широко применять контактную сварку по клею КС-609. Клей КС-609 стоек при температуре $-40 \div +80^\circ\text{C}$ в пресной и морской воде, в кислотах, применяемых при оксидировании, фосфатировании и оцинковке. Может применяться в конструкциях для тропического исполнения. Нестоек в бензине, керосине, солярном масле. Не склонен к старению. Отверждение клея происходит в течение 7 сут.

Контактная сварка по клею имеет ряд особенностей в связи со свойствами самого клея (табл. 30).

Таблица 30

Жизнеспособность клея КС-609 в зависимости от температуры его хранения и механические свойства клеевых соединений

Температура хранения клея t , $^\circ\text{C}$	Жизнеспособность клея, ч	Прочностные характеристики клеевых соединений	
		$\sigma_{\text{среза}}$, кгс/см ²	$\sigma_{\text{отрыва}}$, кгс/см ²
15	5—6	65—85	55—70
20	3—4	65—85	55—70
Свыше 25	2—3	65—85	55—70

В связи с малой жизнеспособностью клея его приготовление должно производиться в количествах, обеспечивающих сварку данного узла. Для увеличения жизнеспособности клея при работе его обычно перемешивают, не давая застояться. Загустевший клей непригоден к употреблению и не может быть разбавлен.

На ряде предприятий клей готовят или непосредственно у контактной машины в специальном помещении (в виде будки), или в химической лаборатории (по заданию цеха в определенное время).

Основные компоненты клея предварительно очищают и готовят в химической лаборатории, затем их смешивают по рецептуре, указанной в табл. 31, в следующем порядке. В очищенном эфире БМА растворяют и осторожно перемешивают необходимое количество перекиси бензола, затем вводят соответствующее количество полимера — бутилметакрилата. При периодическом перемешивании полимер растворяется через 3—5 ч. Таким образом готовится основа клея КС-609, которая представляет

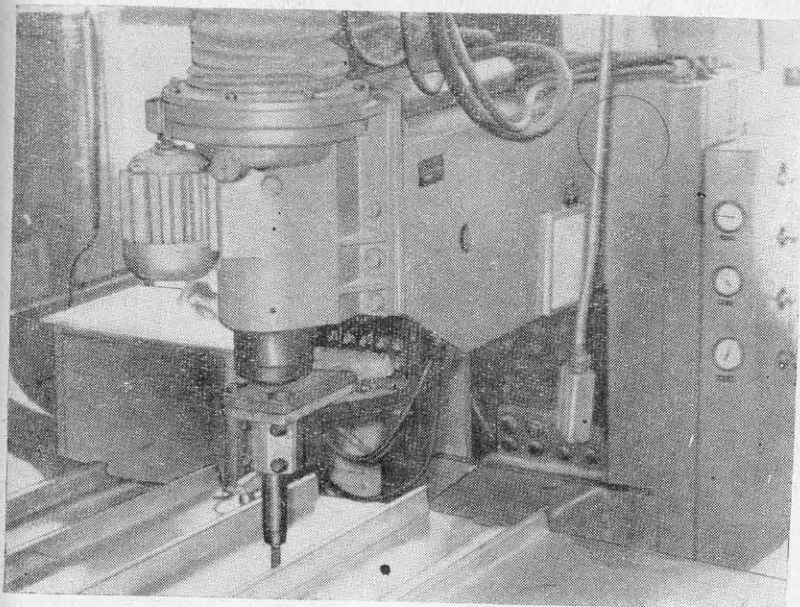


Рис. 47. Приварка набора к переборке на машине МТПТ-600.

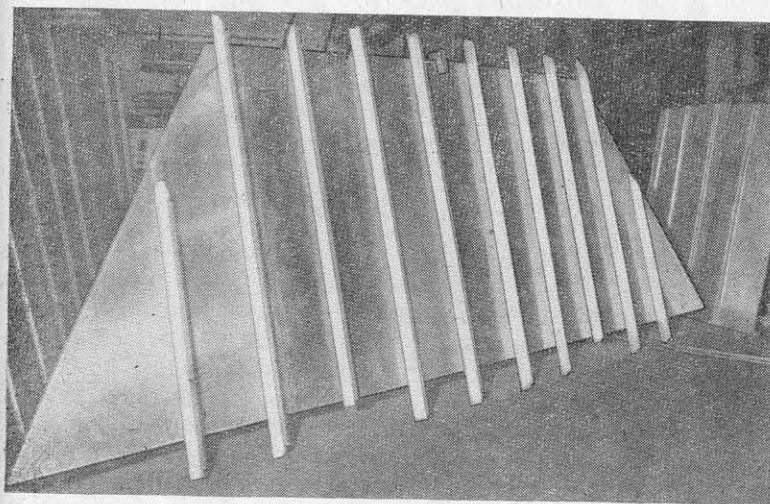


Рис. 48. Переборка, сваренная контактной сваркой.

собой бесцветную прозрачную жидкость с вязкостью 8—11 с (по шариковому вискозиметру ГОСТ 8420—57). Основа клея КС-609 может храниться при температуре 20°С и использоваться для приготовления клея в течение 5—7 сут.

Таблица 31

Компоненты, входящие в состав клея КС-609, и их весовое соотношение

Наименование компонентов	ГОСТ или ТУ на поставку	Количество весовых частей
Полимер бутилметакрилата (гранулированный)	СТУ 12-10-284—63	40
Эфир бутиловый метакриловой кислоты (эфир БМА)	СТУ 12-10-267—63	60
Перекись бензола	СТУ 12-10-303—64	0,5—0,7
Диметиланилин	ГОСТ 5855—51	0,5
Кварц молотый пылевидный марок ПК-2 или ПК-3	ГОСТ 9077—59	50

Для приготовления клея непосредственно перед сваркой в указанную основу клея вводят диметиланилин в очень небольшом количестве (0,5—0,7 вес. ч.) и после тщательного перемешивания добавляют пылевидный кварц в количестве до 50 вес. ч. После 5—10 мин перемешивания клей готов к употреблению. Обычно окончательную стадию приготовления клея выполняет сам сварщик.

Место, где проводят сварку по клею, должно быть оборудовано эффективной приточно-вытяжной вентиляцией, так как клей КС-609 имеет специфический и несколько неприятный запах.

Подготовка к сварке конструкций по клею не требует дополнительных операций по сравнению с обычной сборкой под контактную сварку. После тщательной очистки конструкций под сварку, разметки и примерной установки набора на свариваемые полотнища шпателем или кистью наносят клей на подготовленную поверхность. Клей наносят за 1 ч до сварки. Толщина клеявого слоя обычно составляет 0,3—0,5 мм на каждую сопрягаемую поверхность (допускается нанесение клея на одну из поверхностей). Затем производят прихватку набора на контактной машине. Выдержка клея перед сваркой после его нанесения должна быть не более 2 ч. После прихватки часть выдавленного клея сварщик кистью размазывает по торцам соединения, создавая как бы ровную поверхность. После прихватки всех ребер набора их сваривают непосредственно по жидкому клею. Сварка конструкций по клею на обычных и конденсаторных машинах требует некоторой корректировки режимов усилия давления на электроды.

Номенклатура изделий, свариваемых точечной сваркой по клею, довольно разнообразна. Производится приварка набора к переборкам, палубам, платформам в районах, подверженных вибрационным нагрузкам, сваривают тонколистовые конструкции надстроек толщиной 1,5—2 мм, причем сварку стыковых швов выполняют на подкладной планке (рис. 49). Контактная точечная сварка по клею тонколистовых конструкций надстроек позволяет значительно уменьшить сварочные деформации и улучшить внешний вид свариваемых конструкций.

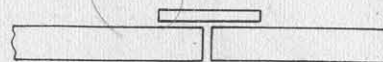


Рис. 49. Сборка стыков на подкладной планке.

Исследования, проведенные в последнее время, показали, что соединения, выполненные контактной сваркой без клея и по клею КС-609, не только не уступают клепаным конструкциям по прочностным характеристикам (табл. 32, 33, 34), но и обладают более высокой работоспособностью при знакопеременных нагрузках.

Таблица 32

Сравнительная усталостная прочность при растяжении точечно-сварных, клепаных и клеесварных соединений из сплава АМг61

Тип соединения	Толщина металла, мм	Предел усталости		
		Точечная сварка	Клепка	Клеесварные соединения
	2+2	2	2,5	3
	2+2+2	5	5,25	6,5
	2+2+2	9,5	9,5	10

Примечание. Испытание на базе 2·10⁶ циклов с коэффициентом асимметрии.

Выносливость клеесварных соединений несколько выше, чем клепаных, в связи с тем, что клеящая прослойка в соединении воспринимает часть нагрузок, снижая деформации соединений за счет увеличенной жесткости конструкции.

При контактной приварке набора к полотнищам секций, имеющих большие габариты, приходится выполнять стыкование отдельных сваренных подсекций шириной до 3 м в общую секцию путем сварки пазов соединений, ручной или автоматической сваркой. Так, если необходимо сварить платформу шириной 9 м и длиной 10 м, то секцию разбивают на три подсекции шириной 3 м и длиной 10 м. После приварки набора контактной сваркой эти секции стыкуются на плите и могут свариваться автоматической сваркой

Таблица 33

Сравнительная статическая прочность на срез точечно-сварных, клепаных и клеесварных швов соединений из сплава АМг61

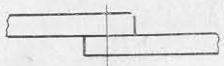
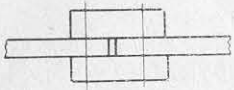
Тип соединения	Толщина металла, мм	Точечная сварка, кг/точка	Клепка, кг/заклепка	Клеесварное соединение, кг/точка
	2+3	750	400	900
	3+3	1200	900	1500
	4+4	1700	1500	1900
	2+2+2	1300	700	1600
	2+3+2	2000	1300	2500

Таблица 34

Сравнительная прочность на равномерный отрыв точечно-сварных, клепаных и клеесварных соединений из сплава АМг5

Тип соединения	Толщина металла, мм	Точечная сварка, кг/точка	Клепка, кг/заклепка	Клеесварное соединение, кг/точка
	2+2	600	450	800
	3+3	1000	950	1400

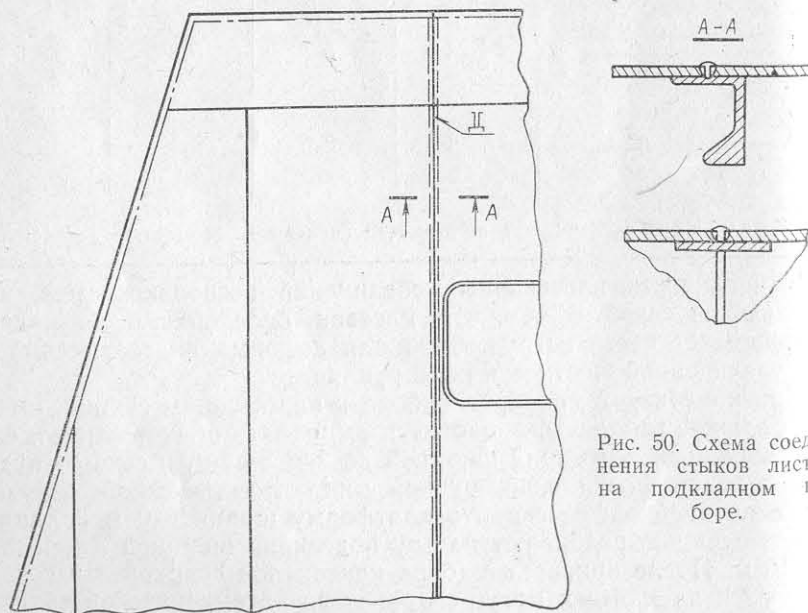


Рис. 50. Схема соединения стыков листов на подкладном наборе.

обратным формированием шва на стенде или ручной аргонодуговой сваркой, причем при сварке вручную для уменьшения деформаций может быть применено соединение стыков листов на подкладке углобульбового профиля (рис. 50). Такое соединение обеспечивает необходимую жесткость конструкции, снижая при этом сварочные деформации.

В секциях, свариваемых контактной сваркой, может встретиться перекрестный набор из углобульбового профиля. В этом случае в секции сначала сваривают продольный набор, затем поперечный (разрезной набор). В местах пересечения набора для увеличения жесткости по концам пересекающихся узлов ставят обычно несколько точек с уменьшенным шагом, не вызывающим унтификацию тока. Сварку таких точек ведут током повышенной силы.

§ 3

СБОРКА И КОМБИНИРОВАННАЯ СВАРКА НАБОРА КОНТАКТНОЙ И АРГОНОДУГОВОЙ СВАРКОЙ

Комбинированный метод сварки ранее в судостроении не применялся. Но, как показали опытные работы, при изготовлении жестких секций с пересекающимся рамным и обычным набором наиболее эффективной для уменьшения сварочных деформаций оказалась контактная сварка в сочетании с аргонодуговой. В этом случае необходимо, чтобы набор продольного направления (углобульбовые профили) приваривался контактной сваркой, а поперечный рамный набор (стрингеры, карленгсы и др.), имеющий большую высоту и широкую полку, вследствие чего контактная точечная сварка невозможна, сваривался аргонодуговой сваркой.

После проведения опытных работ была освоена следующая технология комбинированной сварки. Сваренное полотнище на прочной плите размечают под установку набора, затем зачищают места набора пневматическими щетками. Одновременно подготавливают набор под сварку. После подготовки профилей и полотнищ под сварку устанавливают и прихватывают набор. Сначала собирают и прихватывают рамный набор, при этом необходимо точно совместить вырезы для протяжки продольного набора углобульбовых профилей (бимсов). Полки углобульбовых профилей (бимсов) промазывают клеем КС-609 или грунтом.

В выштампованные вырезы рамных профилей протягивают углобульбовые профили, и предварительно собранную секцию ставят на рольганги под контактную сварку (рис. 51), где прихватывают продольные ребра жесткости. Сварку ведут, если это необходимо, с поворотом секции на рольгангах. Затем секцию устанавливают на плите, прихватывают по контуру прихватками для уменьшения коробления и приваривают тавровые профили

к листам полотнища аргонодуговой полуавтоматической сваркой. Аргонодуговую сварку таких секций необходимо выполнять, соблюдая калибры швов, так как излишний перегрев секций вызывает появление значительных сварочных деформаций, которые сводят

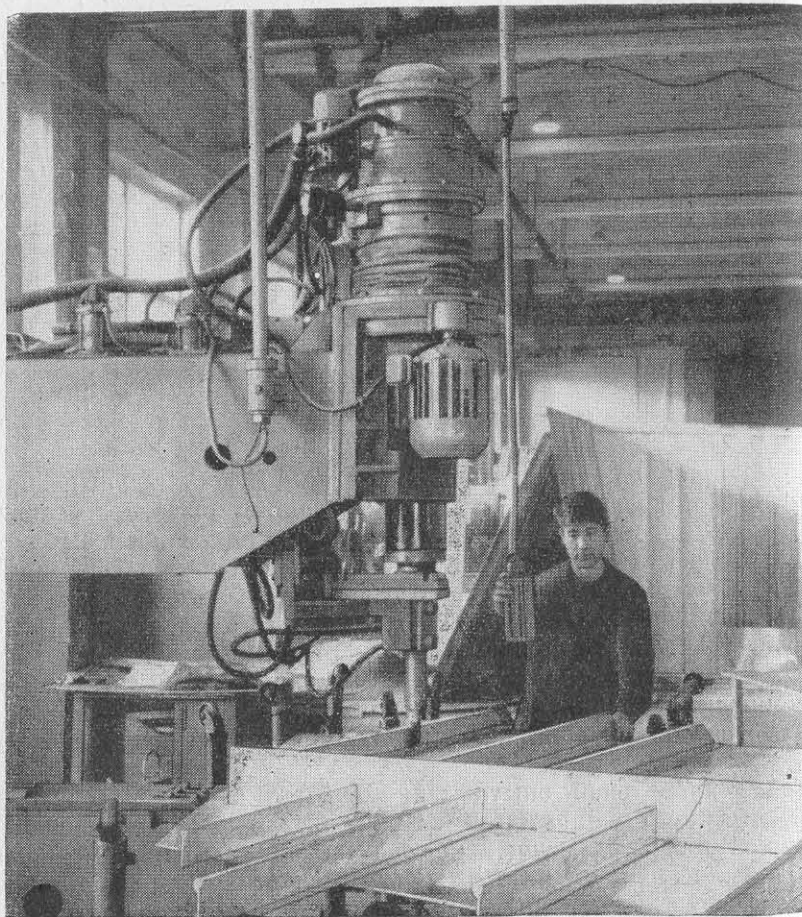


Рис. 51. Контактная приварка набора при комбинированном способе сварки.

на нет эффект, полученный от применения контактной сварки. Комбинированная сварка дает возможность несколько снизить сварочные деформации крупногабаритных тонколистовых конструкций типа наружных стенок надстроек, платформ, палуб и других секций по сравнению с обычной аргонодуговой сваркой. Секция, сваренная комбинированным методом, изображена на рис. 52.

Изготовление конструкций комбинированным способом сварки потребовало некоторой переработки узлов секций, соединяемых контактной и аргонодуговой сваркой. В местах пересечения разрезного набора на конструкциях необходимо устанавливать кницы для компенсации необходимой прочности. В местах пересечений концы углубульбовых профилей проваривают контактной сваркой

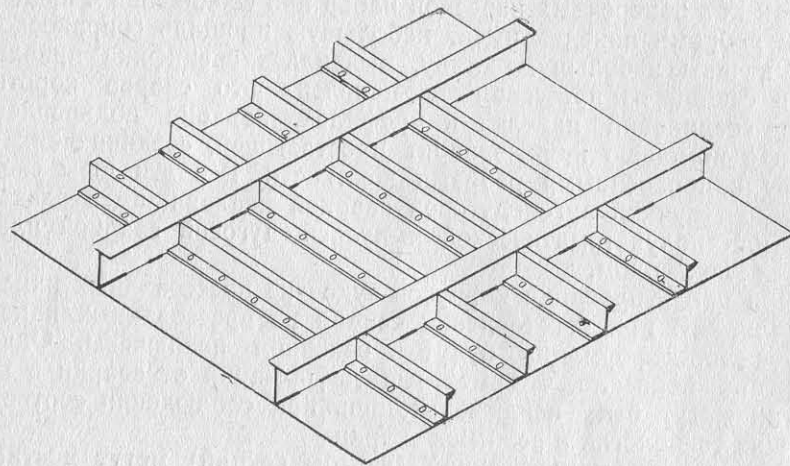


Рис. 52. Секция, сваренная контактной и аргонодуговой сваркой.

с учащенным шагом. В дальнейшем, по мере применения новых форм прессованных профилей и совершенствования оборудования, секции смогут быть сварены с большим объемом контактной сварки, что даст возможность улучшить их внешний вид и увеличить объем механизированной сварки.

Разработаны рекомендации по применению узлов секций панелей, свариваемых по клею КС-609, они дают возможность использовать более рациональные узлы набора при перекрестном наборе секций, свариваемых контактными машинами.

§ 4

СБОРКА И ПРИВАРКА НАБОРА К СЕКЦИЯМ, ИЗГОТОВЛЕННЫМ ИЗ ПРЕССОВАННЫХ ПАНЕЛЕЙ

В последнее время для изготовления корпусов судов начали применять различные виды прессованных панелей, которые, как показывает практика, уменьшают трудоемкость изготовления секций и улучшают внешний вид свариваемых корпусов судов. Однако в связи с тем, что большинство прессованных панелей

имеет набор только одного направления, для обеспечения необходимой прочности корпуса на продольный набор прессованных панелей устанавливают и приваривают «навесной» поперечный набор. Навесной набор приваривают к ребрам прессованных панелей. Для увеличения жесткости панелей в продольном направлении также устанавливают и приваривают стрингеры, фундаментные балки и т. д.

Так как поперечный навесной набор при соединении с продольными ребрами панелей имеет небольшую площадь соприкосновения, а швы небольшую длину, выявилась специфика приварки узлов секций из прессованных панелей—это сварка коротких швов соединений панелей и профилей, заварка подкреплений узлов с помощью книц, заварка проставышей, соединяющих обшивку с поперечными ребрами жесткости. Все эти швы сваривают или ручной аргонодуговой сваркой неплавящимся электродом, или полуавтоматической импульсно-дуговой сваркой плавящимся электродом.

При проектировании корпусов судов из прессованных панелей считали, что при изготовлении секций из прессованных панелей скачкообразные деформации будут в основном исключены. Однако практика показала, что местные деформации от сварки в виде бухтин могут быть исключены лишь при соблюдении соответствующих технологии и режимов сварки.

Общие деформации секций (изгибы секций) могут достигать 10—15 мм. Объясняется это тем, что приварка навесного набора, книц и насыщения секций производится в основном на полки набора панелей, что вызывает их продольное укорочение, поэтому полотнища панелей получают общие деформации (изгибы), особенно по концам секций (палубы, бортовые секции и т. д.). В связи с этим в основу технологии приварки узлов и навесного набора к прессованным панелям должен быть положен принцип симметричности сварки. Калибры швов должны быть минимальными и не превышать расчетных значений. Желательно, чтобы сварку узлов набора производили полуавтоматами несколько сварщиков одновременно для обеспечения равномерной усадки на всех участках секций.

В 1972 г. для замены клепаных тонколистовых конструкций из сплава АМгб1 начали изготавливать прессованные вафельные панели как с продольным, так и поперечным направлением ребер. Обшивка таких панелей имеет толщину 1,5—2 мм, что очень важно для облегчения веса корпусных конструкций. Хотя такие панели имеют продольный и поперечный набор, однако для обеспечения общей прочности конструкций их необходимо усиливать за счет приварки к поперечным ребрам тавровых профилей.

Как показала опытная приварка ребер, соединение дополнительного набора к вафельным панелям (рис. 53) может быть осуществлено ручной аргонодуговой сваркой неплавящимся электродом или полуавтоматической сваркой плавящимся электродом тонкой сварочной проволокой полуавтоматом «Спутник», причем

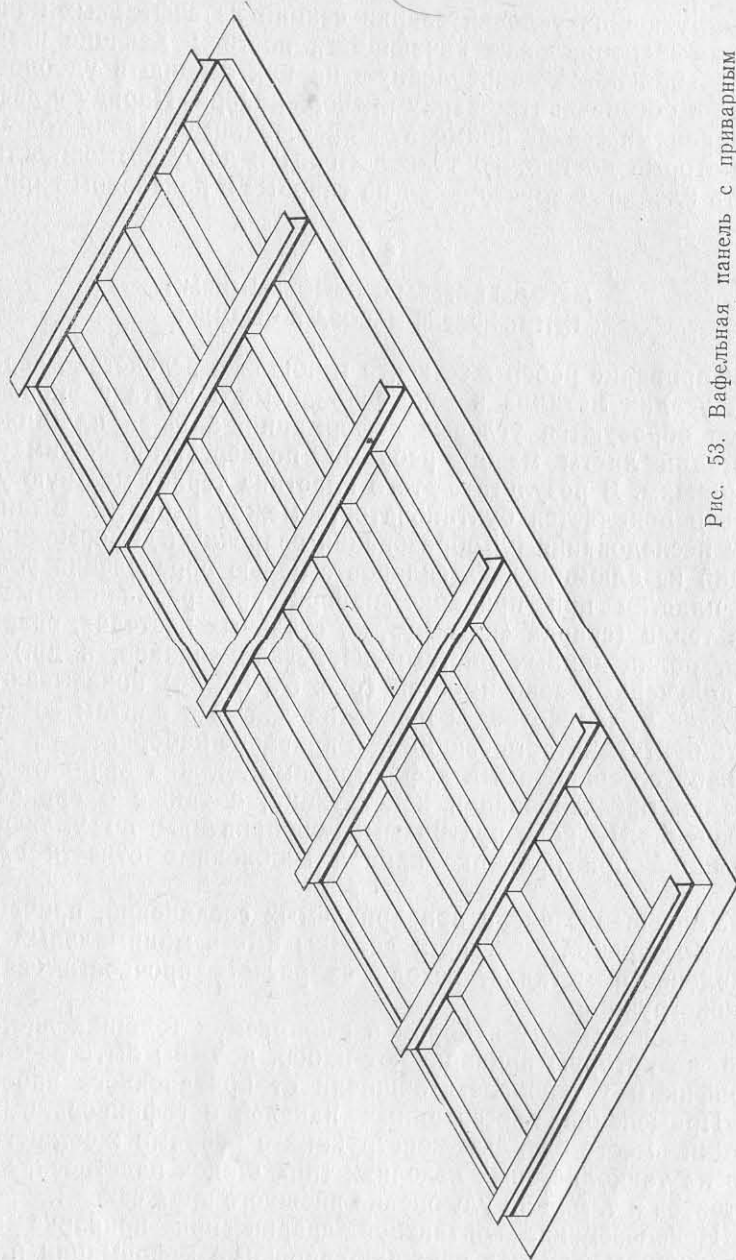


Рис. 53. Вафельная панель с приварным набором.

сварку приходится проводить в неудобном для сварщика положении.

Для улучшения условий сварки секций из вафельных панелей необходимы специальные качающиеся постели, дающие возможность разворачивать закрепленную на них секцию в удобное положение и обеспечивать сварку низкого набора. Наряду с вафельными панелями сейчас применяют прессованные панели толщиной 3 мм, которые достаточно технологичны и дают возможность переводить клепаные конструкции на сварные в панельном варианте.

§ 5

МЕТОДЫ БОРЬБЫ С ДЕФОРМАЦИЯМИ ПРИ ПРИВАРКЕ НАБОРА В СЕКЦИЯХ

При приварке ребер жесткости к обшивке вследствие неравномерной усадки металла в зоне свариваемого листа и укорочения от швов образуются угловые деформации, а из-за пластических деформаций листы между ребрами подвергаются сжимающим напряжениям. В результате этого пластина теряет местную устойчивость и появляется бухтиноватость между ребрами. Были проведены исследования [9] образования сварочных деформаций конструкций из алюминиевых сплавов с целью определения устойчивости пластин при приварке набора при различных методах отвода тепла (сварка «на весу», на стальных постелях, сварка на плитах, облицованных листами из легких сплавов, и др.). Графики полученных зависимостей (рис. 54, 55, 56) показывают, что значительный теплоотвод и прижатие секций к плитам позволяют снизить бухтиноватость секций при приварке набора.

Борьба со сварочными деформациями должна начинаться уже на стадии проектирования конструкций, а также в процессе их изготовления. К конструктивным мероприятиям по уменьшению деформаций при приварке набора необходимо отнести следующие.

1. Уменьшение числа привариваемых соединений, причем привариваемые ребра жесткости должны иметь минимальный объем наплавленного металла, исходя из расчета прочности свариваемых конструкций.

Расстояние между набором и выбираемая толщина листов обшивки, на которую приваривают набор, должны быть рассчитаны по графикам устойчивости обшивки от приваренного набора [9].

2. Применение прессованных панелей и гофрированных конструкций вместо сварных конструкций с ребрами жесткости, особенно на тонколистовых изделиях типа стенок надстроек, выгородок, тентов и т. д., для улучшения внешнего вида секций.

3. Использование контактной сварки при приварке набора к полотнищам, которая снижает сварочные деформации и может дать значительный эффект при правильном проектировании узлов набора, исключающих дополнительное применение аргонодуговой сварки.

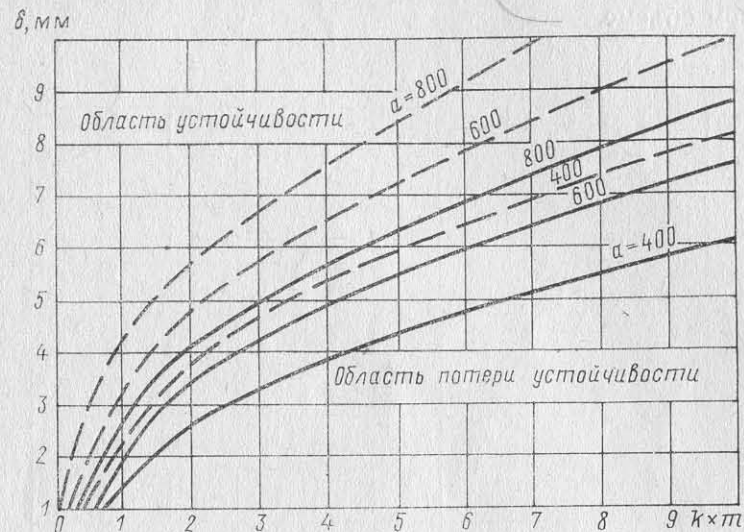


Рис. 54. График для определения устойчивости обшивки от приварки набора (сварка на плите или постели, облицованной стальными листами).

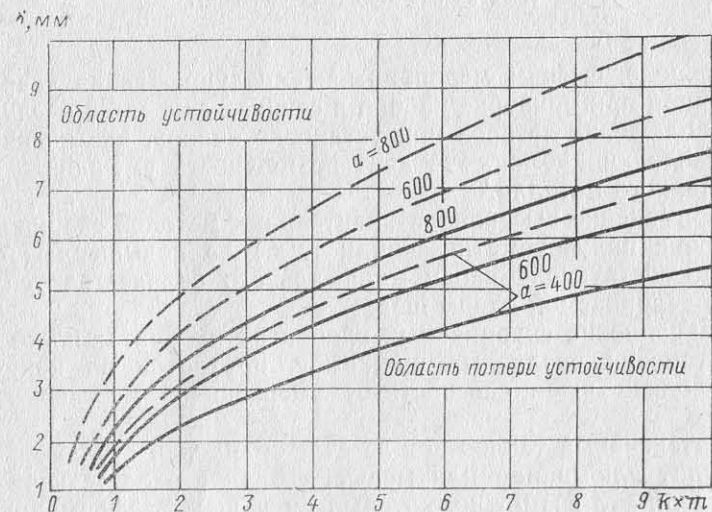


Рис. 55. График для определения устойчивости обшивки от приварки набора (сварка на весу).

4. Применение в определенных случаях навесного набора, который не приваривают к наружной обшивке или приваривают в небольшом объеме.

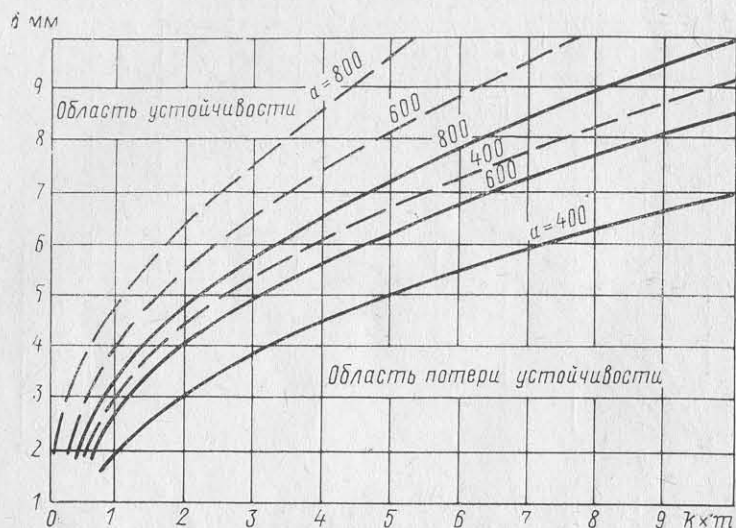


Рис. 56. График для определения устойчивости обшивки от приварки набора (сварка на плите или постели, облицованной листами из алюминиевых сплавов).

К технологическим мероприятиям предупреждения сварочных деформаций при приварке набора в секциях относятся следующие.

1. Соблюдение зазоров при установке набора, повышение точности разделки кромок, это дает возможность уменьшить объем наплавленного металла.

2. Применение высокопроизводительных методов сварки (автоматической, полуавтоматической и т. д.) на повышенных скоростях, способствующих вводу минимального количества тепла на единицу свариваемой длины шва.

3. Закрепление свариваемых элементов на плитах-постелях за счет установки различных прижимов, прихваток по контуру и грузов вблизи швов способствует уменьшению местных деформаций.

4. Интенсивный теплоотвод за счет облицовки стальных постелей и плит алюминией или медью, создание охлаждающих устройств, если это возможно, которые уменьшают деформации, особенно для конструкций с малой толщиной ($\delta = 2 \div 4$ мм).

5. Выбор необходимой последовательности приварки набора в секциях. Эту работу желательно выполнять с помощью нескольких сварщиков, что позволяет создать равномерную симметричную усадку привариваемого набора. Обычно при сварке секций сна-

чала приваривают вертикальные соединения мест пересечения продольного и поперечного набора, затем двое или четверо сварщиков от середины в нос и корму приваривают набор ячеевым методом.

6. Установка фальшребер для обеспечения непрерывности набора или же прогрев вольфрамовым электродом предполагаемых мест установки ребер жесткости для уменьшения волнистости по краям секций, если ребра жесткости не доходят до конца обшивки.

7. Создание предварительных деформаций обратного выгиба путем установки в секциях колодок или прокладок и разжатия свариваемой секции с помощью прижимов. После сварки эти секции должны прийти в первоначальное положение. Обычно такие приемы применяют для сварки секций серийных заказов. Величину обратных выгибов или высоту подкладок для разжатия устанавливают опытным путем и корректируют в процессе сварки ряда секций.

8. При контактной приварке набора из-за наличия излишних зазоров и усадки металла в сварном шве возникают пластические деформации и сдвиг деталей относительно друг друга. Деформации растяжения при сварке алюминиевых сплавов превышают деформации сжатия, в результате при сварке набора в двух направлениях возникают бухтины.

Деформации смещения деталей возникают и при смещении осей электродов относительно друг друга (рис. 57, стрелками показан сдвиг деталей).

Для уменьшения таких деформаций желательно подобрать оптимальные режимы контактной сварки, в которых необходимо уравновесить напряжения сжатия и растяжения, это удастся сделать за счет корректировки ковочного усилия увеличивающих растяжение листов.

Для исключения смещения электродов при сварке необходима одинаковая жесткость нижнего и верхнего электрододержателей и самих электродов, а также их правильная установка.

Для избежания коробления деталей при контактной сварке набора желательна правильная равномерная прихватка набора, выполняемая от середины к концам соединения, такая же схема сварки снижает сварочные деформации при точечной приварке набора.

9. Проколачивание околошовной зоны пневматическим молотком с медной чеканкой для уменьшения деформаций при приварке набора аргонодуговой сваркой.

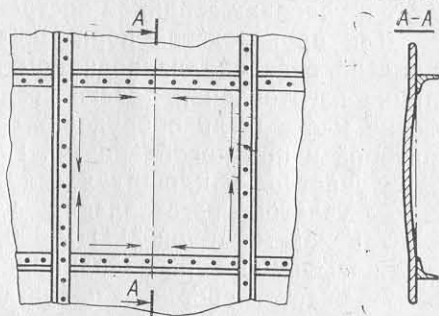


Рис. 57. Схема деформации смещения деталей при контактной сварке.

ОРГАНИЗАЦИЯ ПОТОКА ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ПЛОСКИХ СЕКЦИЙ И ОПЫТ КОМПЛЕКСНОЙ МЕХАНИЗАЦИИ СВАРКИ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ КОРПУСНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Отсутствие специализированных цехов и соответствующих условий для изготовления корпусных конструкций из алюминиевых сплавов, а также недостаток опыта по механизации сборочно-сварочных работ не давали возможности организовать поточный метод изготовления узлов и секций, что ухудшало технико-экономические показатели сборки и сварки конструкций из сплавов АМг в условиях серийной постройки судов.

Для производства корпусных конструкций на одном из предприятий в специализированном цехе была организована поточная линия изготовления плоских секций, где некоторые участки и рабочие места были оборудованы соответствующей сварочной аппаратурой и приспособлениями. Поточная линия состоит из следующих участков и площадок (плиты и рабочие места):

— участок изготовления узлов насыщения, оборудованный контактной машиной МТПУ-300, для сварки дельных вещей и узлов насыщения типа пайол, подкреплений и т. д.;

— участок сборки и полуавтоматической сварки узлов набора и фундаментов, оборудованный столами, быстрозажимными приспособлениями и сварочными полуавтоматами для сборки и сварки тавровых узлов набора;

— площадка со стендом для автоматической сварки полотнищ с обратным формированием шва и плит для сборки и полуавтоматической приварки набора к секциям;

— площадка для подготовки секций к контактной приварке набора, участка контактных машин с рольгангами для приварки набора и сварки тонколистовых полотнищ внахлестку (выгородки, стенки надстроек и др.).

Порядок перемещения узлов и заготовок собираемых секций на поточной линии при комплексной сборке и механизированной сварке следующий. Обезжиренные и очищенные листы после разметки и обработки поступают на плиту с пневматическим стендом, где производят сборку и автоматическую сварку стыков полотнищ с обратным формированием шва за один проход автомата. На стенде сваривают как плоские, так и гофрированные полотнища, а также прессованные панели. Сваренные полотнища передвигают на следующее рабочее место-плиту, где размечают и устанавливают набор секций под контактную или полуавтоматическую сварку в защитных газах.

Предварительно на участке сборки и сварки набора на плитах и специальных столах сваривают тавровые узлы набора и фундаментов с помощью импульсно-дуговой полуавтоматической сварки, которые после изготовления подаются на сборочные плиты, где устанавливают набор в секции. Здесь же выполняют сборку и прихватку набора к полотнищам под полуавтоматическую арго-

дуговую сварку, сварку набора, установку и сварку насыщения, а также сдачу секций ОТК. Затем готовые секции идут на складирование в накопитель или на участок изготовления объемных секций, где из них собирают блок-секции.

На другой плите, установленной у контактных машин, выполняют предварительную зачистку углобальбового набора и секций, идущих под контактную сварку. Затем листы и профили устанавливают на рольганги контактных машин, где производят контактную приварку набора по «сырому грунту» или клею КС-609. На этой же плите подготавливают стыки тонколистовых выгородок и стенок надстроек толщиной 1,5—2 мм. После зачистки их подают на рольганги контактных машин и сваривают стыки листов внахлестку. Готовые секции, сваренные контактной сваркой, помещают на места складирования или же на места сборки объемных секций или блоков надстроек.

Для облегчения труда сборщиков и сварщиков были механизированы некоторые вспомогательные операции, такие, как намотка сварочной проволоки для автоматической и полуавтоматической сварки; на участке контактной сварки был установлен станок для зачистки профилей под контактную сварку и т. д.

Следует отметить, что в рассмотренной схеме поточного производства конструкций из алюминиевых сплавов еще необходимо совершенствование механизации сборочно-сварочных работ и транспортировки узлов и секций от одного участка на другой, а также автоматизации вспомогательных и сопутствующих операций.

Для дальнейшего совершенствования сборочно-сварочных процессов и рациональной организации изготовления плоских секций можно предложить следующие мероприятия (некоторые из них уже внедряются в производство).

1. При серийной постройке судов имеется значительное количество тавровых узлов, свариваемых односторонними или двусторонними сплошными швами. На участке предварительной сборки и сварки узлов набора следует установить специальный станок для сборки и сварки тавровых балок с применением сварочной головки для импульсной автоматической сварки.

2. Для увеличения номенклатуры свариваемых автоматами плоскостных секций из листов и прессованных панелей с высоким набором или нескольких панелей и секций между собой необходимо на поточную линию установить стенд длиной 6,5 м для сварки с обратным формированием шва, обеспечивающий изготовление секций с высотой набора до 300 мм и толщиной листов до 10—15 мм. Для механизации подачи листов при сварке и перемещения сваренных полотнищ стенд должен иметь ролики, которые перемещают листы.

Применение такого универсального стенда обеспечивает необходимый прижим листов в процессе сварки и достаточный тепловод. На таком стенде можно использовать сварочное оборудование, делающее возможным необходимое проплавление листов достаточную производительность сварки (автоматы для сварки

сжатой дугой, трехфазной дугой, неплавящимся электродом и т. д.).

3. Для проверки полотнищ после сварки желательнее создать специальную камеру, оборудованную портативными рентгеновскими аппаратами, и встроить ее в поточную линию.

4. При полуавтоматической приварке набора в секциях ячеяковым методом может быть рекомендовано специальное приспособление для установки на передвижном портале сварочного оборудования, от которого вниз идут гибкие шланги со сварочными горелками. Несколько сварщиков смогут одновременно приваривать набор в ячейках секций. Этот способ может быть применен для сварки в аргоне конструкций из сплавов АМг.

5. С целью автоматизации подачи секций при контактной сварке могут быть использованы специальные роляганги с механизированной шаговой подачей секций. Это дает возможность одному сварщику сваривать секции больших габаритов.

6. Для проведения контроля контактной точечной сварки без разрушения конструкций рекомендуется на контактных машинах применять приборы (по принципу дилатометрии) для проверки качества сварных точек и регистрации режимов в процессе сварки. Это уменьшит количество технологических проб и образцов-свидетелей. Сконструированный прибор типа АКС-1 был опробован на некоторых заводах, однако схема его еще далеко не совершенна. Разрабатываемые по этому же принципу приборы с числовым отсчетом типа АКС-2 должны найти применение в поточных линиях.

7. Чтобы увеличить производительность контактной сварки, необходимо рекомендовать на поточных линиях установку конденсаторных машин типа МТК-75, потребляющих в несколько раз меньшую мощность и имеющих несколько большую производительность, чем машины типов МТПТ-400 и МТПТ-600.

При усовершенствовании организации поточных линий необходима рациональная подача деталей и транспортировка секций к рабочим местам и на участок складирования. В этой связи рекомендуется оборудовать участки по сборке и сварке секций грузоподъемными и транспортирующими устройствами, различными ролягангами, кранами с пневматическими присосками, транспортными тележками и другими средствами, обеспечивающими передвижение деталей с малыми усилиями. В частности, приспособление для транспортировки листов с помощью пневмоприсосок используют в описанной выше поточной линии для изготовления плоскостных секций. Для транспортировки мелких деталей необходимо применять контейнеры. Детали для сборки, необходимая оснастка и приспособления должны быть расположены в стеллажах у рабочих мест.

Предполагаемая схема поточной линии для изготовления плоскостных секций на основе рационального использования современной сварочной техники (но без применения транспортных средств) показана на рис. 58.

При серийной постройке цельносварных судов из сплавов АМг значительно увеличивается объем сборки и сварки узлов

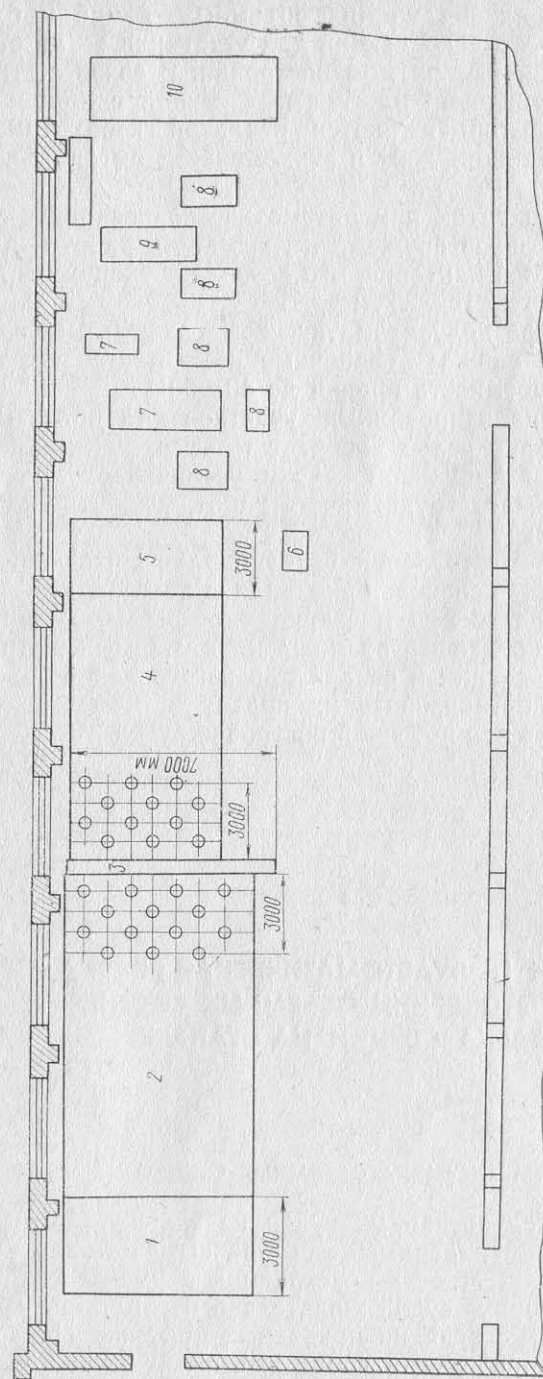


Рис. 58. Схема поточной линии изготовления плоских секций.

1 — участок сборки и полуавтоматической сварки узлов (полуавтомат типа ПРМ-4 с импульсной приставкой); 2 — плита для подготовки листов под полуавтоматическую сварку; 3 — стенд для автоматической сварки с обратным формированием шва (автомат типа АДСВ-2 или АДСВ-5); 4 — плита для сборки и приварки набора полуавтоматической сваркой; 5 — плита для подготовки листов и набора под контактную сварку; 6 — станок для зачистки профиля под контактную сварку; 7 — контактная машина МТПТ-600; 8 — роляганги для контактных машин; 9 — контактная машина МТК-75; 10 — накопитель готовых секций.

и секций для изготовления из них объемных секций и блоков, а также готовых плоскостных секций для установки их на стапеле в соответствии с заданным ритмом постройки. В связи с этим точные методы изготовления плоскостных секций с применением механизированной сварки являются реальной необходимостью. Указанные методы рациональны и экономически выгодны по следующим причинам:

— сборка без прихваток при автоматической сварке с обратным формированием швов снижает трудоемкость работы, а главное устраняет операцию кантовки, что позволяет экономить производственную площадь до 15—25%;

— приварка набора полуавтоматической и контактной сваркой в значительной мере снижает сварочные деформации, что позволяет уменьшить трудоемкость правки до 40—50%;

— создание специализированных участков для поточных линий по сборке и сварке узлов набора с максимальным применением методов механизированной сварки увеличивает производительность труда, снижает трудоемкость работ, улучшает качество изготавливаемых узлов;

— при поточном изготовлении изделий улучшается организация труда и повышается сроковая дисциплина постройки;

— поточный метод сборки и сварки плоскостных секций при наличии механизации делает возможным с малыми затратами обеспечить задел подсекций и секций для изготовления объемных секций и блоков и организовать их подачу в стапельные цехи в определенном ритме для поточной постройки судов.

Глава

VI

СБОРКА И ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКАЯ СВАРКА ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ОБЪЕМНЫХ СЕКЦИЙ И СВАРКА СЕКЦИЙ НА СТАПЕЛЕ

§ 1

СБОРКА И СВАРКА ОБЪЕМНЫХ СЕКЦИЙ

При постройке цельносварных судов из сплавов АМг корпус обычно изготавливают секционным или блочным методом. Чтобы обеспечить большую жесткость конструкций и уменьшить период стапельных работ, корпус судна желательнее изготавливать из блок-секций. Так, некоторые суда на подводных крыльях и ряд судов с цельносварными корпусами в последнее время были построены блочным методом, как более рациональным.

Сборку объемных секций обычно производят в цехе предварительной сборки из предварительно изготовленных плоскостных секций борта, переборок, платформ и палуб (блоки корпуса) или стенок надстроек, крыш и выгородок (блоки надстройки). Плоскостные секции предварительно сваривают, используя механизированную сварку, и подают на участок для изготовления полубъемных (днищевых) или объемных секций (носовой, кормовой блоки т. д.).

Сборку блока в постели выполняют следующим образом. На днищевые секции, которые собирают в постелях, навешивают бортовые секции и подкрепляют их с помощью навесных лекальных стоек. Затем стыкуют переборки и палубные секции. При сборке и сварке блока для обеспечения жесткости секций и облюдения обводов корпуса вводят одну или две фальшпереборки из стали, которые служат каркасом. В последнюю очередь устанавливаются палубы.

Технология изготовления объемной секции состоит из следующих операций. В днищевую постель для сборки и сварки днищевых секций на лекала по обводам секции укладывают листы наружной обшивки, которые подгоняют по стыкам и пазам. Листы подтягивают к лекалам постели с помощью сборочных приспособлений (талрепов, тяг и т. д.). Ручной аргонодуговой сваркой листы обшивки прихватывают с помощью планок из сплава АМг к лекалам днищевых секций, которые армированы листами из алюминиевых сплавов. Кромки листов подгоняют под сварку. В зависимости от толщины обшивки производят разделку фасок (начиная с толщины 4 мм и выше). Затем зачищают стыки под сварку.

Сварку стыков и пазов, в зависимости от размеров секций, можно выполнять вручную или комбинированным способом: вручную и автоматом. Если объем сварки достаточно велик, применяют автоматическую сварку (если это целесообразно). Так, при сварке днищевых секций судов на подводных крыльях, где объем сварки достаточно велик (так как днищевые секции собирают на одной общей постели), сварку пазов выполняют следующим образом. Пазы обшивки сваривают вручную в потолочном положении, затем внутри секции (со стороны набора) подрубают корень шва автоматом типа АДСВ-2 неплавящимся электродом сваривают пазы секции. Автомат движется вдоль свариваемого стыка по направляющей рейке. Сварку проводят на режимах, обеспечивающих глубокое проплавление металла. Сварку стыков обшивки полуавтоматами применяют редко, так как достаточную плотность и хорошее формирование металла шва в стыковых соединениях при полуавтоматической сварке получить еще трудно. С освоением сварки полуавтоматами с импульсными генераторами стабильность качества швов улучшается, и этот способ может успешно применяться для сварки швов стыковых соединений. Стыки полотнищ сваривают в первую очередь, затем варят пазы.

После сварки обшивки по разметке устанавливают набор, сначала продольный, затем поперечный, и сваривают его ячеевым

методом. В ряде случаев устанавливают продольный набор, приваривают его полуавтоматической сваркой, затем — поперечный набор, заваривают пересечения набора и после этого приваривают поперечный набор к обшивке. Сварку во всех случаях проводят несколько сварщиков от диаметральной плоскости к бортам и от середины секции в нос и корму.

В днищевые секции также устанавливают переборки и подгоняют их по обводам. После сварки днищевой секции к постелям секции помещают специальные приспособления для поддержки бортовых секций и подгоняют борта и переборки, заранее сваренные на плитах или постелях. Приварку переборок выполняют импульсной полуавтоматической сваркой ранцевыми полуавтоматами ПРМ-4, «Спутник» и т. д. Сварку проводят обратноступенчатым методом с длиной ступени 200—300 мм. В последнюю очередь стыкуется палубная секция блока. Готовые блоки после правки подаются на стапель для монтажа корпуса.

Сборку и сварку блоков, изготавливаемых из прессованных панелей (рис. 59), производят в такой же последовательности.

На некоторых предприятиях блоки корпуса собирают «вверх килем» на специально оборудованных плитах. Предварительно сваренное полотнище настила палубы помещают на плиту и крепят клиновыми прижимами. По разметке устанавливают поперечный и продольный набор, а также рамный набор и переборки и приваривают их к палубе полуавтоматической сваркой. После этого набор накрывают листами наружной обшивки и приваривают листы по поясам ручной аргонодуговой сваркой. Затем секцию перекаптовывают и приваривают шпангоутные рамки к обшивке.

При такой технологии сборки проведение механизированной сварки затрудняется, так как значительную часть приварки набора необходимо выполнять в закрытом отсеке, где полуавтоматическая сварка плавящимся электродом нежелательна.

При изготовлении блоков надстройки (рис. 60) сборку и сварку их обычно производят на сборочных плитах из ранее изготовленных секций крыши, стенок и выгородок. Сначала устанавливают крышу надстройки на плиту, а к ней собирают боковые стенки. Оконтурованные поперечные выгородки служат основой для формирования обводов надстройки. Для обеспечения жесткости секции иногда устанавливают стойки-раскосы, которые прихватывают к плите, а стенки надстроек подтягивают к указанным раскосам.

Стенки надстроек, крыши и выгородки с толщиной листов $\delta = 2 \div 4$ мм в последнее время изготавливают при помощи контактной сварки, благодаря чему они имеют малые деформации и хороший внешний вид.

Блоки надстроек необходимо выполнять таким образом, чтобы эффект, полученный от применения механизированной сварки при изготовлении отдельных секций, не был сведен на нет при монтажной сборке и сварке блока. При подготовке блоков необходимо

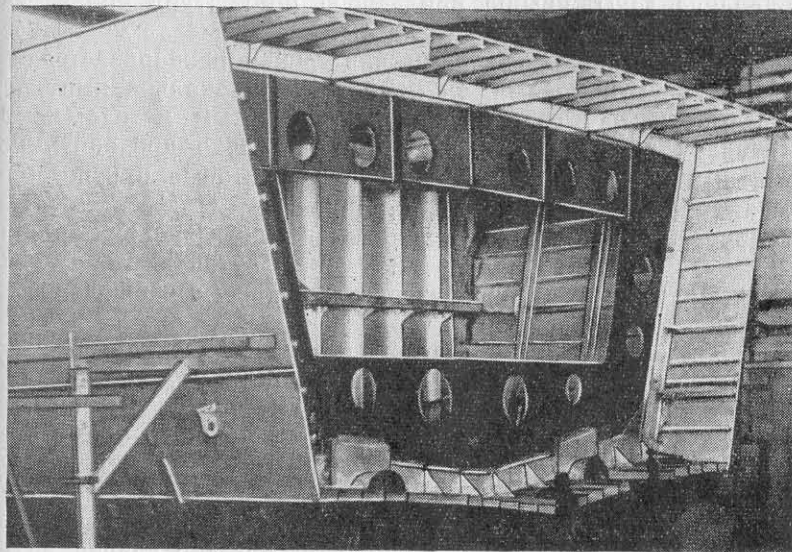


Рис. 59. Блок-секция, изготовленная из прессованных панелей.

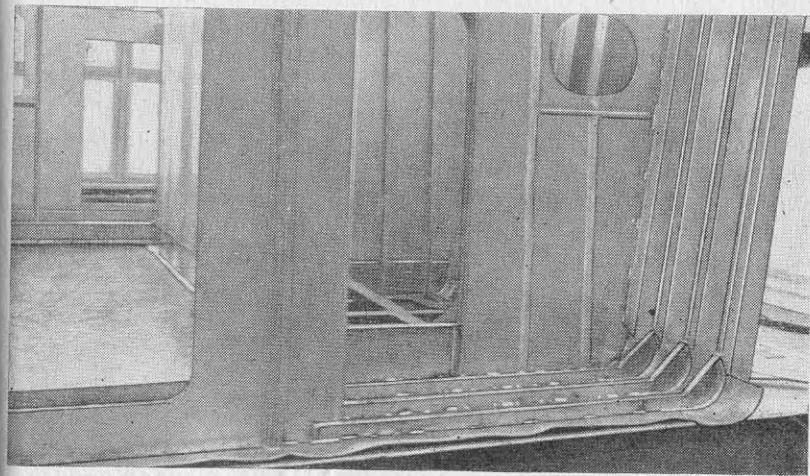


Рис. 60. Блок надстройки, изготовленный из предварительно сваренных плоских секций.

тщательно следить за качеством сборки под сварку — зазоры должны быть не более 0,5—1 мм. Секции перед сваркой должны быть раскреплены, крыша прихвачена по контуру прихватками, при возможности желательна установка также технологические грузы. Если крыша со стенками надстройки приваривается с перекрестом угловыми швами, то наиболее рациональна импульсная полуавтоматическая сварка обратноступенчатым методом с длиной ступени 200—300 мм. Работу желательно проводить полуавтоматами «Спутник» или «Электрон», которые приспособлены для сварки конструкций малых толщин.

Сварку вертикальных угловых швов выгородок толщиной $\delta \geq 2$ мм можно вести полуавтоматами «Спутник». После сварки блоки перекаптовывают и производят подварку с соблюдением тех же технологических приемов.

Как показывает опыт изготовления таких секций, в некоторых случаях блоки все же имеют деформации, которые возникают от усадки продольных швов соединения крыши со стенками надстроек. Бухтины образуются, как правило, между ребрами стенок надстроек, приваренных контактной сваркой. В этом случае требуется правка блоков надстроек. Однако практика изготовления таких конструкций показывает, что общий объем правки секций с применением контактной и полуавтоматической сварки на 40—50% меньше, чем при ручной сварке. На некоторых судах стенки надстроек проектируют гофрированными, а крыши — с приварным набором (контактной сваркой). И хотя в таких конструкциях несколько трудней при сборке совмещать гофрированные узлы с набором, привариваемым контактной сваркой, при изготовлении указанных блоков надстроек деформаций от сварки значительно меньше, чем при обычном способе формирования блоков надстроек с набором, приваренным ручной аргодуговой сваркой.

Выполняя сварочные работы при изготовлении блоков надстроек и других блоков, необходимо строго соблюдать правила техники безопасности, так как в ряде случаев приходится работать в полузакрытых помещениях, где требуются вентиляция и индивидуальные средства защиты для сварщика. В необходимых случаях следует предусматривать технологические отверстия для прохода воздуха и выхода скоплений аргона.

§ 2

СБОРКА И СВАРКА ОБЪЕМНЫХ СЕКЦИЙ НА СТАПЕЛЕ

Сборку корпусов судов из сплавов АМг на стапеле производят секционным или блочным методом. Практика показывает, что блочный метод более прогрессивен, так как позволяет сократить продолжительность постройки судна на стапеле. Так как блоки сплавов АМг значительно легче стальных, блочную постройку судов можно выполнять крановым оборудованием, имеющимся

в большинстве заводов, что вполне оправдывается экономически и организационно.

Корпус судна из сплава АМг обычно собирают из нескольких блоков, в том числе носового, кормового и блоков надстройки. Обычно формирование корпуса производят в стапель-кондукторе на кильблоках или стапельных тележках. Сборку корпуса начинают с установки закладного блока, затем выполняют стыковку блоков в нос и корму. После сборки и сварки монтажных стыков корпуса формируют блоки надстройки, которые в зависимости от количества ярусов и длины надстройки монтируют в соответствующей последовательности, при которой вначале устанавливают первый ярус, затем блоки надстроек последующих ярусов (принцип формирования блоков такой же, как и при сборке блоков корпуса). Далее стыкуют носовые и кормовые блоки. При таком методе уменьшаются общие деформации, а также задиры носа и кормы.

Сборка и сварка блоков из алюминиевых сплавов характеризуется некоторыми особенностями. Так как алюминиевые сплавы имеют повышенную склонность к усадочным деформациям, стыковка и установка блоков с необходимым зазором несколько затруднена. После сближения блоков и удаления припуска производят установку блоков с помощью винтовых стяжек или других приспособлений, проверяя положение блока относительно килевой контрольных линий, а также положение по крену и дифференту.

Для обеспечения качественного провара и возможной свободной усадки кромок для листов толщиной $\delta = 3 \div 6$ мм необходим зазор не менее 3—4 мм. При меньшем зазоре возможны случаи, когда кромки при прихватке и сварке находят друг на друга или стягиваются до нулевого зазора. В связи с этим при сборке стыков с несколько повышенными зазорами необходимо устанавливать гребенки. Затем пневматическим зубилом разделяют фаски под сварку и после прихватки в результате укорочения кромок доводят зазоры до указанных выше размеров. Прихватки ставят с наружной стороны обшивки корпуса.

Монтажные стыки разделяются с фаской при толщине листов $\delta > 4$ мм. Угол разделки при этом равен $\alpha = 70 \pm 2^\circ$, притупление до 1 мм. Так же разделяют кромки у набора. Пояски набора стрингеров можно сваривать с разделкой кромок на подкладных планках из нержавеющей стали с канавкой для формирования обратной стороны шва.

После тщательной зачистки кромок стыков и узлов набора, проверки качества прихваток, зазора и угла разделки фаски стыки сваривают (рис. 61) по контуру блока обратноступенчатым методом (работают два или четыре сварщика). Сначала выполняют сварку внутри обшивки (со стороны набора) в разделку. Потом с наружной стороны тщательно вырубает корень шва крестовыми и подваривают монтажный стык в такой же последовательности, как при основной сварке. Затем заваривают соединения набора и приваривают набор к обшивке в районе стыков.

При сборке и сварке блоков, изготовленных из прессованных панелей, значительные затруднения вызывает сварка монтажных стыков, где листы отштампованы вместе с ребрами жесткости. В этом случае необходима разделка фасок ребер жесткости. Сварка их выполняется так, как указано на рис. 62.

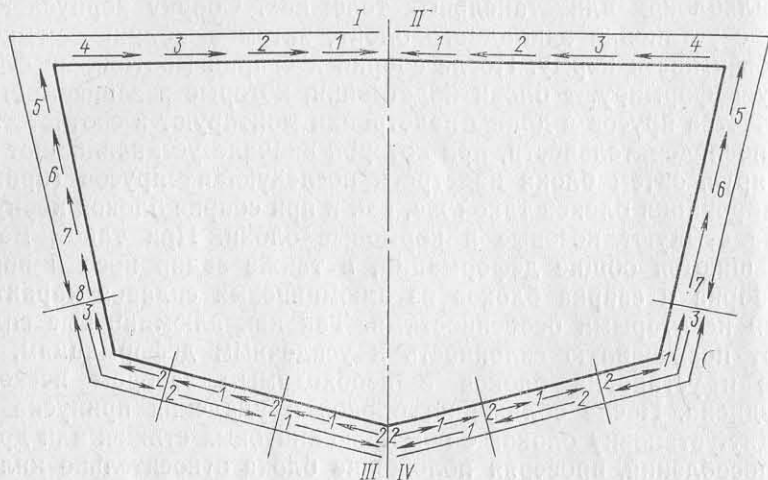


Рис. 61. Схема сварки монтажных стыков корпуса.

←→ — направление сварки; 1—8 — последовательность выполнения сварки; I—IV — порядковый номер сварщиков (сварку производят одновременно четыре сварщика).

До последнего времени монтажные стыки корпусов судов сваривали ручной аргонодуговой сваркой неплавящимся электродом. Применение полуавтоматической сварки монтажных стыков в настоящее время осваивается.

Полуавтоматическую импульсную сварку на стапельных работах применяют при сварке швов тавровых и угловых соединений в нижнем и вертикальном положениях. Полуавтоматы применяют при приварке блоков надстройки к палубам, выгородок и пере-

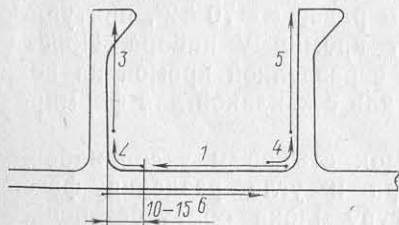


Рис. 62. Схема сварки стыка панелей.

1 — стык полотна со стороны разделки; 2 — участок перехода от полотна к ребру со стороны разделки; 3 — стык ребра панели со стороны разделки; 4 — участок перехода от полотна к ребру со стороны обратной разделки ребра; 5 — стык ребра панели со стороны обратной разделки ребра; 6 — подварочный шов стыка полотна.

борок надстроек, отдельных фундаментов насыщения и др. В качестве полуавтоматов применяют аппараты типа ПРМ-4 (рис. 63), в некоторых случаях «Спутник».

Иногда с помощью полуавтоматической сварки сваривают монтажные стыки выгородок и стенок надстроек. Режимы полуавтоматической импульсно-дуговой сварки швов стыковых соединений в нижнем и вертикальном положениях постоянным током обратной полярности приведены в табл. 35.

Для сварки «на весу» с разделкой кромок обычно используют режимы с большей длиной дуги (с повышенным напряжением на дуге), чтобы уменьшить прожоги. Вертикальные швы сваривают снизу вверх обратноступенчатым методом с величиной ступени 200—300 мм.

При перерывах в сварке необходимо зачистить место обрыва дуги, возбудить дугу на ранее выполненном металле шва, заварить образовавшийся кратер и производить дальнейшую сварку. При образовании толщине в кратере необходимо ее полностью вырубить, а затем продолжать сварку. Перед сваркой швов с обратной стороны необходимо вырубить концы шва.

В последнее время начали применять метод сварки швов стыковых соединений на конструкциях толщиной $\delta = 2 \div 6$ мм способом глубокого проплавления с образованием на обратной стороне соединения проплавленного металла, который затем удаляют с помощью фрезерных головок или пневматических зубил.

При сварке таким способом уменьшаются сварочные деформации за счет сокращения объема сварки, так как подварочный шов с наружной стороны стыка не сваривают.



Рис. 63. Сварка выгородок на стапеле полуавтоматом ПРМ-4.

Таблица 35

Режимы импульсно-дуговой полуавтоматической сварки монтажных стыковых соединений корпусных конструкций

Соединение	Толщина металла, мм	Напряжение на дуге, В	Сила тока, А		Длительность импульса тока, м/с	Частота импульса тока, 1/с	Расход аргона, л/м	Диаметр сварочной проволоки, мм
			сварочного	базового				
Стыковое двух сторон без скоса кромок	2	18—19	60—80	30—40	2—2,2	50	7—8	1,2
	3	18—20	100—110	30—50	2,2—2,4	100	8—9	1,5
	4	19—21	130—150	60—70	3—3,2	100	9—11	1,5
Стыковое со скосом кромок	4	19—21	110—130	50—60	2,2—2,5	100	9—11	1,5
	5	21—22	120—150	55—65	2,2—2,6	100	10—12	1,5
	6	22—23	130—160	60—65	2,5—3	100	12—15	1,5

вается. Сварка стыковых швов глубоким проплавлением без разделки кромок и подрубки подварочных швов будет приемлема даже для изготовления стыковых соединений корпусных конструкций, испытывающих значительные знакопеременные нагрузки. Сварку швов можно выполнять ручной дуговой сваркой и, при хорошем навыке, полуавтоматической импульсной сваркой на несколько повышенных режимах.

Как показывают результаты испытаний, метод глубокого проплавления может найти в дальнейшем широкое применение при изготовлении судовых корпусных конструкций, так как экономически выгоден и прост в исполнении.

Глава VII

МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

§ 1

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ОСНОВНЫХ И СВАРОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Алюминиевые сплавы имеют ряд технологических особенностей, которые влияют на качество изготовления сварных конструкций, и требуют более аккуратного обращения, чем заготовки из стали.

К этим особенностям алюминиевых сплавов относятся:

— большая чувствительность, чем у стали, к различным концентраторам напряжений; концентраторы могут образоваться в процессе производства сварных конструкций в виде царапин, рисок, острых надразов на поверхности получаемых и изготавливаемых листов и профилей, что ухудшает свойства металла;

— повышенная восприимчивость к ударам при наклепе, которая снижает пластичность металла.

В связи с указанным выше, ОТК, получая листы и профили, должен проверить качество поставки, учитывая соответствие:

— химического состава и механических свойств материала данным сертификата;

— размеров листов профилей, плит и панелей сортаменту.

ОТК также проверяет отсутствие повреждений листов (трещины, надрывы по концам прокатки и т. д.).

Листы из алюминиевых сплавов, а также и профили чаще всего получают покрытыми техническим вазелином и упакованными в бумагу в ящиках-решетках. Плиты и прессованные панели поставляют без смазки.

Для хранения алюминиевых сплавов на предприятиях оборудуют закрытые склады или навесы, где алюминиевые листы уста-

навливают вертикально в деревянные стеллажи, а профили хранят в горизонтальном положении на специальных приспособлениях, исключающих их прогиб. На склады не должны попадать пары хлора и аммиака, которые разъедают металл. Склады должны быть оборудованы подъемными средствами, а стеллажи иметь различные подкладки, исключающие повреждение листов и профилей от стальных предметов.

Транспортировку алюминиевого проката необходимо производить на специальных транспортных средствах, облицованных деревянными настилами, или в деревянных контейнерах. ОТК и технические службы обязаны следить за состоянием хранения и транспортировки алюминиевых сплавов.

Обычно в помещениях, где хранят листы и профили, находится также и сварочная проволока, поставляемая по ГОСТ 7871—63 в бухтах массой до 40 кг. Проволока имеет смазку и упаковывается в мешковину. Проволока из сплава марки АМг61 поставляется по МРТУ 5-961-3781—69. Каждая бухта проволоки должна иметь бирку, в которой указаны номер плавки и партии, диаметр проволоки и масса бухты, завод-изготовитель. По требованию потребителя, согласно ГОСТ, проволока диаметром 4 мм и менее для механизированной сварки может поставляться в химически очищенном виде и герметизированной упаковке; эта проволока пригодна непосредственно для использования. Однако такой способ не нашел распространения, и каждое предприятие, получая бухты проволоки, само производит ее расконсервацию, химическую очистку и намотку в кассеты.

В последнее время начинают внедрять метод централизованной намотки проволоки в кассеты и доставки проволоки в контейнерах в цехи-потребители. На специализированных участках намотки проволоки контролер ОТК проверяет чистоту проволоки после ее химической чистки и следит за качественной намоткой и отправкой проволоки в цехи. Так же как алюминиевый прокат, сварочную проволоку ОТК принимает по сертификату. Если поступают сведения из цехов о нарушении свойств основного металла или сварочной проволоки, то, по указанию ОТК, проводят контрольные испытания материалов по химическому составу или механическим свойствам. Некачественные материалы бракуются.

Качество поступающего вольфрамового проката и медных сплавов, идущих на изготовление электродов для контактной сварки, проверяют внешним осмотром и по соответствию сертификатам данным. Поступающие медные сплавы (BrX07, Мц5Б) должны пройти термообработку и иметь соответствующую твердость, которую проверяет центральная заводская лаборатория. После этого служба главного сварщика дает указание об изготовлении из сплава электродов для контактной сварки.

Применяемые для сварки инертные газы (аргон по ГОСТ 10157—62 марки А и гелий по МРТУ 51.04.23—62 марки А) обычно доставляются в баллонах. Под колпаком баллона должен быть паспорт (этикетка) с номером баллона, датой отпуска и

маркой аргона. Каждая поставляемая партия инертного газа имеет сертификат, где указан завод-изготовитель, наименование газа, номер партии, дата изготовления, результаты испытаний. Для проверки качества аргона или гелия сварщик на рабочем месте наплавляет валики на образце на режимах, соответствующих технологическому процессу. Аргон или гелий может быть забракован, если поверхность наплавленных валиков покрывается темным налетом. По указанию ОТК и службы главного сварщика ЦЗЛ может проверить химический состав поставляемого газа с помощью приборов-анализаторов на содержание воды и азота в каждом баллоне и на содержание кислорода в каждом пятом баллоне. Определение химического состава газа производится в соответствии с ГОСТ 10157—62.

§ 2

ПРОВЕРКА КВАЛИФИКАЦИИ СВАРЩИКОВ; КОНТРОЛЬ СВАРОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ИНСТРУМЕНТА

Проверку квалификации сварщиков, выполняющих работы по сварке конструкций из сплавов АМг, производят по отраслевой нормали ОН 9-434—63. В соответствии с нормалью и ведомственной инструкцией сварщики, имеющие второй разряд и выше, прошедшие курс теоретического и практического обучения, освоившие работу на полуавтоматах и автоматах, сдавшие контрольные практические испытания, допускаются к механизированной сварке ответственных корпусных конструкций.

Сварщики и сборщики второго разряда и выше, прошедшие теоретический курс обучения по контактной сварке и получившие практический опыт работы на машинах, после сварки и проверки контрольных образцов, выполненных в соответствии с нормалью ОН 9-434—63 и ОН 9-323—69, допускаются к работе на контактных машинах.

К сварке особо ответственных конструкций допускаются дипломированные сварщики не ниже четвертого разряда.

При определении квалификации сварщиков важным этапом является получение оптимальных значений механических свойств сварочных проб. Практика многолетней работы комиссий по проверке квалификации сварщиков показывает, что сваренные аргонодуговой сваркой стыковые пробы из сплава АМг61 (имеющего достаточно высокие пластические свойства) при недостаточно качественном изготовлении образцов, применении неправильных методов механической обработки приводят к искажению предела прочности при испытании на растяжение и малым углам загиба при испытании плоских образцов на загиб. Так, при разрезке сварных стыковых соединений на образцы на гильотине углы загиба уменьшаются почти в два раза по сравнению с образцами, вырезанными на фрезерном станке, из-за получаемого наклепа по кром-

кам образца. При недостаточно качественном изготовлении образцов (плохая обработка кромок, недостаточная зашлифовка острых углов и заусенцев, наличие неровностей при снятии усиления шва) данные механических испытаний в большинстве случаев занижаются и часто приводят к неясности полученных результатов. Контролеры отдела технического контроля в инструментальных цехах, проверяющие качество проб из сплавов АМг, обязаны строго следить за изготовлением образцов перед их отправкой в ЦЗЛ на механические испытания.

Сварщики, которые прошли испытания, получают дипломы сроком на два года. По истечении этого срока испытания повторяются. Сварщиков без диплома или имеющих просроченный диплом к выполнению ответственных работ не допускают.

Большое значение для обеспечения высокого качества работ по сборке и сварке имеет состояние и качество оснастки для изготовления конструкций. Качественная оснастка способствует точному выполнению работы, уменьшению пригоночных операций, снижению сварочных деформаций. ОТК осуществляет периодический контроль за состоянием оснастки и сварочного оборудования. На сварочных автоматах и полуавтоматах и на источниках питания с помощью контрольных приборов периодически проверяют исправность имеющихся приборов. Результаты правильности показаний приборов заносят в паспорт оборудования не реже чем раз в квартал. Если приборы оказываются неисправными и сварочное оборудование не обеспечивает качество выполняемых работ, применение его запрещают.

§ 3

НАИБОЛЕЕ ЧАСТО ВСТРЕЧАЮЩИЕСЯ ДЕФЕКТЫ СВАРНЫХ ШВОВ, ПРИЧИНЫ ИХ ОБРАЗОВАНИЯ И СПОСОБЫ УСТРАНЕНИЯ

При изготовлении конструкций могут возникать дефекты в сварных швах. Причинами появления дефектов могут быть нарушение технологии сварки или отступление от чертежей отраслевых нормалей, ГОСТ и других технических требований.

Рассмотрим дефекты, встречающиеся при механизированной сварке.

Несоответствие размеров и форм швов, неудовлетворительное формирование шва (крупночешуйчатость и бугристость) при автоматической и полуавтоматической сварке обусловлено неудовлетворительной подготовкой кромок свариваемых соединений, а также неравномерным перемещением сварочной дуги вдоль изделия.

При полуавтоматической сварке существует тенденция к завышению калибров швов тавровых соединений. Для выполнения катетов малых размеров (3—4 мм) необходимо строго соблюдать режимы сварки и особенно скорость сварки. Увеличение размеров швов ведет к перегреву конструкций, увеличению сварочных деформаций и ухудшению внешнего вида конструкций.

При импульсно-дуговой автоматической сварке могут образоваться швы неправильной, грибовидной формы при выполнении стыковых швов на скорости более 25 м/ч. Устранение дефекта возможно за счет уменьшения скорости сварки и увеличения наклона горелки «углом вперед».

При автоматической сварке неплавящимся электродом сжатой дугой переменного тока и трехфазной дугой может быть нарушено формирование шва. Следствием этого является образование шва неправильной формы из-за «вскипания» сварочной ванны при пониженной скорости сварки и чрезмерной силе тока. При сварке трехфазной дугой изменение размеров швов (ширины, высоты и усиления) может возникнуть из-за неудаленных прихваток, непостоянства величины зазоров и площади разделки шва, неплотного прилегания формирующих или прижимных подкладок, неравномерного плавления присадочного металла.

Дефектные участки швов с неправильными размерами при автоматической и полуавтоматической сварке исправляют путем удаления их пневматической рубкой или фрезеровкой с последующей заваркой ручной дуговой сваркой или, если это возможно, тем способом, которым производилась сварка до удаления дефектов.

При контактной сварке размеры швов могут быть нарушены из-за смещения расположения точек от намеченной линии (вследствие небрежной работы сварщика или неправильно настроенного оптического разметчика). При сварке точечных швов могут также возникать чрезмерные вмятины от электродов. Вмятины образуются из-за увеличенной силы сварочного тока, длительного сварочного импульса, а также малого радиуса сферы электрода. Глубина вмятин точек измеряется индикатором и может достигать до 30% толщины свариваемого листа. Исправление выполняют, ставя качественные точки рядом с дефектными.

✓ *Подрезы*, т. е. уменьшение толщины основного металла в месте перехода к наплавленному металлу, возникают из-за увеличенной силы тока при сварке, неправильно выбранных скорости сварки и угла наклона сварочной горелки. Подрезы уменьшают прочность сварных соединений и недопустимы при изготовлении ответственных конструкций.

При сварке автоматами на чрезмерно больших скоростях могут возникать подрезы с нарушением формирования шва. При полуавтоматической сварке тавровых соединений чаще подрезы возникают при неправильном угле наклона горелки.

Подрезы устраняют путем их заварки тонкими валиковыми швами или зашлифовкой, если величина их меньше 0,15 мм.

✓ *Напльвы* образуются при натекании жидкого расплавленного электродного металла на ненагретую поверхность свариваемого изделия. Напльвы ухудшают внешний вид швов и снижают их работоспособность, так как являются концентраторами напряжения. Напльвы возникают при автоматической и полуавтоматической сварке при пониженной силе тока.

✓ *Незаваренные кратеры* (местное углубление шва) образуются в местах обрыва или окончания сварного шва. Металл кратера обладает пониженными прочностными характеристиками и является источником возникновения трещин. При полуавтоматической сварке прерывистых швов появление кратеров возможно в конце каждой прихватки. Чтобы предотвратить образование кратера, сварочную горелку в месте обрыва дуги останавливают, несколько удлиняют дугу, а затем совершают небольшое возвратное движение, заполняя кратер.

✓ *Прожоги* вызываются сквозными проплавлениями с образованием протекнов металла. Прожоги при автоматической и полуавтоматической сварке возникают при значительном завышении силы тока. При контактной сварке прожоги, или выплески, образуются из-за некачественной подготовки кромок (наличие на кромках грязи, краски, окисленной пленки и др.), увеличенной силы тока, повышенной длительности импульса или малого давления электродов.

Прожоги устраняются при контактной сварке, высверливанием точек и последующей их заваркой ручным дуговым методом. При других способах сварки прожоги зачищают и заваривают ручной аргонодуговой сваркой.

✓ *Непровары* возникают при несплавлении основного и наплавленного металла в корне шва или у кромок. Непровары могут образовываться в результате заниженной силы тока, завышенной скорости сварки, отсутствия зазора в стыковом соединении, смещения дуги от оси стыка. При автоматической сварке непровары в стыковых соединениях могут возникнуть от набегания одной кромки на другую вследствие усадочных укорочений. Непровары (несплавления) наплавленного металла с кромками изделия или с предыдущими проходами при многопроходной сварке могут образовываться из-за плохой очистки кромок и швов, так как окисная пленка препятствует хорошему расплавлению металла. При сварке с обратным формированием шва на стальной прокладке непровар в виде несплавления в корне шва может быть вызван неправильно выбранной формой и глубиной канавки. При контактной сварке непровар (малая величина литого ядра) возникает из-за малой величины сварочного тока, малой длительности импульса тока, плохой подготовки кромок, а также от увеличения площади рабочей поверхности электродов.

Непровары обычно обнаруживают путем применения рентгено- или гаммаграфирования сварных швов. При контактной и других видах механизированной сварки также могут применяться методы исследования макрошлифов, изготовления технологических проб и т. д. Соединения с непроварами, как правило, вырубает и повторно заваривают удаленный участок.

При контактной сварке непровары исправляют следующим образом:

— ставят новые точки рядом с дефектными на повышенном режиме, шаг сварки в этом случае уменьшают в два раза;

— засверливают дефектные точки и ставят заклепки или заваривают аргонодуговой сваркой;

— переваривают дефектные точки на контактной машине на повышенных режимах.

✓ *Окисные (шлаковые) или вольфрамовые включения* при сварке алюминиевых сплавов образуются в результате попадания в наплавленный металл окислов алюминия (Al_2O_3) и частиц вольфрама. Шлаковые включения возникают в сварных швах из-за наличия окисной пленки на поверхности свариваемых кромок или плохо очищенной сварочной проволоки. Попадание вольфрамовых частиц в расплавленный металл вызвано рядом причин. Одной из них является замыкание вольфрамового электрода при зажигании и неравномерном поддержании длины дуги при сварке, другой — неправильно выбранный режим сварки (недопустимо высокая сила тока), при котором каплевидное уширение вольфрамового электрода оплавляется и попадает в шов.

Шлаковые и вольфрамовые включения выявляют рентгено- и гаммаграфированием, затем их удаляют и швы заваривают повторно.

✓ *Пористость* (полости внутри сварного шва, заполненные газом) при механизированной сварке алюминиевых сплавов является самым распространенным дефектом.

Причины ее возникновения следующие:

— некачественная очистка кромок и сварочной проволоки;

— наличие влаги на поверхности свариваемых кромок и недостаточное осушение защитных газов;

— неполное удаление окисленного несплавившегося металла корня шва при двусторонней автоматической сварке;

— несоблюдение рекомендованного режима сварки, особенно скорости при полуавтоматической сварке тавровых соединений.

Наружные поры выявляют при внешнем осмотре, внутренние — путем рентгено- или гаммаграфирования. Швы, имеющие значительное количество пор, удаляют и вновь заваривают.

✓ *Трещины* возникают в основном в кратерах при сварке прерывистых швов полуавтоматами. Иногда трещины образуются при жестком закреплении конструкций, не дающих свободной усадки свариваемых кромок. При контактной сварке трещины могут появляться при малом ковочном усилии, малом сжатии электродов, недостаточной подготовке кромок под сварку и увеличенной силе тока или сварочного импульса.

Обнаруживают трещины путем внешнего осмотра или рентгенографирования. При автоматической и полуавтоматической сварке части швов с трещинами удаляют и вновь заваривают. При контактной сварке, если трещина в точке меньше половины литого ядра и между точками, имеющими трещины, расположено не менее 10 точек без дефектов, то дефектные точки могут быть оставлены без исправления. Если трещины распространяются на всю величину ядра, дефектные точки высверливают и заваривают аргонодуговой сваркой.

СПОСОБЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ ШВОВ

Способы контроля качества сварных швов следующие: внешний осмотр швов, измерение конструктивных размеров швов, контроль гамма- или рентгенографированием, испытание непроницаемости или герметичности швов. При контактной сварке применяют еще исследование макроструктуры сварных соединений. Иногда применяют контроль швов вскрытием.

Указанные выше способы контроля назначает проектирующая организация, выполняет их ОТК в процессе изготовления изделий.

Внешний осмотр и измерение. Этому способу контроля подвергают все сварные швы. При внешнем осмотре швов не должно быть следующих видимых дефектов: трещин в шве и околошовной зоне, прожогов, свищей, незаваренных кратеров, пористости, подрезов, наплывов, несоответствия размеров швов. При замере сварных швов устанавливают их соответствие чертежным размерам или другой проектной документации.

В швах стыковых соединений измеряют ширину шва и высоту усиления, в швах тавровых соединений — катет шва и шаг прерывистых швов. При сварке точечных швов устанавливают размер точек и шаг точечных швов.

Рентгено- и гаммаграфирование сварных швов. Этим способом обнаруживают внутренние дефекты сварных швов, такие, как непровары, трещины, внутренние поры, вольфрамовые и неметаллические включения. Объем рентгенографирования устанавливает проектирующая организация в схемах просвечивания. Места просвечивания на контролируемых секциях намечает ОТК после проведения внешнего осмотра сварных швов и устранения обнаруженных дефектов. Если обнаружены трещины в сварных швах, все сварочные работы по данному узлу прекращают. ОТК совместно со службой главного сварщика выясняет причины их возникновения и дает указания по исправлению обнаруженных дефектов.

Для сварных конструкций из термически неупрочняемых алюминиевых сплавов устанавливают выборочный контроль рентгено- или гаммаграфированием в объеме до 30% (для серийных заказов) в зависимости от ответственности сварных швов и категории конструкций. Для швов, сваренных контактной сваркой, объем рентгенографирования назначается в зависимости от категории швов, но не менее 5% от общего количества точек или длины шва. Рентгенографирование сварных точек помогает обнаружить такие внутренние дефекты, как внутренние выплески, трещины, раковины, поры и непровары.

Рентгенографирование некоторых конструкций из алюминиевых сплавов, и в частности из АМг61, не выявляет размеров литой зоны: снимки показывают лишь размеры вмятин от электродов. Однако трещины, поры, раковины и выплески в указанных сплавах обнаруживаются. Рентгенографирование сварных швов конструк-

ций из алюминиевых сплавов выполняют переносным аппаратом РУП-120 или модернизированными медицинскими аппаратами. Для контроля швов, выполненных контактной сваркой, применяют аппараты РУП-60-120-1 (РУМ-7) и т. д.

Из-за недостатка малогабаритных аппаратов с достаточной мощностью для рентгенографирования приходится применять гаммаграфирование. Контейнер с ампулой, содержащий изотоп, можно устанавливать при проверке монтажных швов на стапеле. Радиоактивным изотопом для гаммаграфирования конструкций из алюминиевых сплавов является тулий-170 (Tu170). Последние модели конструкций переносных установок для гаммаграфирования обеспечивают удобство и безопасность в работе. Такие конструкции переносных установок, выпускаемых серийно, как «Стапель-5» и «Нева-2», применяют на судостроительных заводах. Необходимо все же отметить, что гаммапросвечивание сварных швов алюминиевых конструкций не всегда обеспечивает ту четкость снимков, какая имеется при рентгенографировании, поэтому, где это возможно, рекомендуется использовать рентгеновские аппараты. В последнее время начали выпускать рентгеновский аппарат «Рина-1Д», который может найти широкое применение для контроля швов.

Испытание швов на непроницаемость и герметичность. Испытание на непроницаемость производят после внешнего осмотра швов. Этот способ выполняют с помощью керосина или газа (воздуха). Испытание керосином производится следующим образом. Сварные швы с одной стороны намазывают меловым раствором. После высыхания покрытия другую сторону швов смачивают керосином. Выдержка производится в течение 10—15 мин в зависимости от толщины свариваемого металла. Дефекты в швах появляются в виде жирных пятен на стороне шва, покрытого меловым раствором. Обнаруженные дефектные участки швов вырубают, зачищают кромки перед сваркой и заваривают вновь. После устранения дефектов производят повторную проверку. Для лучшей видимости вновь образующихся пятен в керосин добавляют красители типа «Судан-IV», чтобы не спутать их с уже имеющимися масляными пятнами предыдущей проверки.

Непроницаемость сварных швов в крупногабаритных алюминиевых конструкциях можно испытывать струей сжатого воздуха давлением ~ 4 кгс/см². Струю сжатого воздуха с помощью шланга направляют перпендикулярно сварному шву. С обратной стороны шов намазывают мыльным раствором. Неплотности определяют по образующимся пузырям в местах дефектов. ОТК фиксирует имеющиеся неплотности в сварных швах и дает указание об их устранении. Швы в местах дефектов подрубают и вновь заваривают.

Для определения непроницаемости применяют также фреоновые течеискатели. Емкости наполняют фреоном, и головку течеискателя начинают перемещать вдоль сварных швов. При наличии неплотностей фреон, пройдя через дефекты швов, обнаруживается головкой течеискателя. Швы в местах дефектов исправляют путем вырубки дефектов и последующей их заварки.

Герметичность емкостей или отсеков проверяют путем их надува воздухом. Изделие выдерживают под давлением 0,2 кгс/см² в течение 50—60 мин, затем по падению давления на манометре определяют плотность швов (падение давления допускается до 20%).

Однако методы контроля сварных швов и влияние дефектов на прочность сварных соединений в конструкциях, изготовленных из алюминиево-магниевого сплава, еще недостаточно изучены.

Также недостаточно изучено влияние многократных исправлений дефектного участка шва на качество сварных соединений, хотя некоторые работы [10], проведенные при исследовании этого вопроса, показывают, что неоднократное исправление одного и того же участка шва лишь незначительно влияет на механические свойства сварных соединений.

Глава

VIII

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕХНОЛОГИИ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ СВАРКИ

Применение механизированных методов сварки при изготовлении корпусных конструкций из сплавов АМг увеличивает по сравнению с ручной дуговой сваркой производительность труда, снижает трудоемкость работ (в том числе по правке конструкций) и улучшает ряд других технико-экономических показателей сварочного производства.

Особенно рациональны механизированные методы сварки при изготовлении тонколистовых конструкций, где борьба со сварочными деформациями особенно успешна за счет применения высокопроизводительных способов контактной сварки, импульсно-дуговой полуавтоматической сварки и т. д. Сварку этими способами проводят на большой скорости, поэтому изготавливаемые конструкции значительно меньше разогреваются, вследствие чего снижается коробление узлов и секций, а также улучшается их внешний вид. Необходимо отметить, что уменьшение расхода электроэнергии и сварочных материалов при автоматической и полуавтоматической сварке способствует снижению себестоимости изготовления свариваемых изделий.

Внедрение нового совершенного сварочного оборудования для механизированной сварки наряду с другими технико-экономиче-

скими показателями дает возможность повысить культуру производства и улучшить условия работы сварщиков.

Рассмотрев в предыдущих главах наиболее производительные способы сварки, которые широко применяются в судостроении, считаем целесообразным привести основные данные их экономической эффективности, которые сравниваются с показателями, полученными при ручной дуговой сварке, а в некоторых случаях — при клепке (контактная сварка).

§ 1

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СБОРКИ И АВТОМАТИЧЕСКОЙ СВАРКИ С ОБРАТНЫМ ФОРМИРОВАНИЕМ ШВА

Автоматическая сварка с обратным формированием шва за один проход автомата считается наиболее рациональной при изготовлении полотнищ секций.

В табл. 36 представлены данные экономической эффективности при переводе изготовления секций с ручной дуговой сварки на автоматическую.

Таблица 36

Сравнительная стоимость (руб.) сборки и сварки 1 пог. м шва при изготовлении полотнищ ручной и автоматической сваркой с обратным формированием шва

Затраты	Сварка	
	ручная дуговая неплавящимся электродом	автоматическая неплавящимся электродом с обратным формированием шва
Сборка под сварку	0,63	0,12
Сварка	0,3	0,09
Сварочные материалы	1,25	0,404
Электроэнергия	0,22	0,07
Подправка полотнища после сборки	0,12	0,06
Итого	2,52	0,744

Примечание. Разница в стоимости 1 пог. м составит 1,776 руб.

Сравнивая стоимость сборки и сварки полотнищ при толщине свариваемых листов $\delta=5$ мм, необходимо отметить следующее. При ручной дуговой сварке секции собирают на сборочных плитах. Для уменьшения сварочных деформаций листы стыкуют с помощью электроприхваток, прижимают к плите с помощью грузов и дополнительно прихватывают по контуру. При сборке в стыках и пазах вырубается V-образные фаски под сварку. После сварки

стыков и пазов со стороны фасок полотнище перед подваркой кантуют. Затем подрубает корень шва и подваривают полотнища секции. Даже при тщательном соблюдении технологии после сварки имеют место деформации в виде «домиков» и бухтин, которые необходимо исправлять, что еще более увеличивает трудоемкость изготовления полотнищ.

При сборке и автоматической сварке полотнищ на стенде листы стыкуют по фиксаторам без разделки кромок и применения электроприхваток. Пневматические прижимы стенда обеспечивают необходимое поджатие листов и создают хороший теплоотвод, что значительно снижает сварочные деформации. За один проход сварочного автомата формируется двусторонний сварной шов (место двух проходов при ручной дуговой сварке).

Сравнение двух способов сварки показывает, что скорость сварки автоматом увеличивается в три раза, объем наплавленного металла — в полтора раза. Учитывая, что на стенде в год можно собирать и сваривать автоматом в одну смену не менее 4 тыс. пог. м швов, экономический эффект от применения автоматической сварки составит более 7 тыс. руб. без учета экономии по снижению затрат на окончательную правку секций. Отметим также, что швы, сваренные автоматом, имеют лучший внешний вид и повышенное качество.

При сварке конструкций толщиной $\delta=10\div 25$ мм автоматической сваркой трехфазной дугой или плавящимся электродом экономический эффект увеличится на 20—50% за счет перехода от многопроходной ручной сварки на однопроходную автоматическую сварку с обратным формированием шва. Стоимость оснастки для автоматической сварки, по опыту заводов, окупится в течение одного года. Затраты на ремонт и амортизацию оборудования при автоматической сварке всего на 300 руб. в год больше, чем при ручной сварке. При автоматической сварке плавящимся электродом, в сравнении с ручной дуговой сваркой, по данным [6], производительность труда увеличивается в пять раз. Стоимость 1 кг наплавленного металла при автоматической сварке равна 1 руб. 84 коп., а при ручной сварке 3 руб. 67 коп.

§ 2

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКОЙ ИМПУЛЬСНО-ДУГОВОЙ СВАРКИ

Полуавтоматическая импульсно-дуговая сварка плавящимся электродом, в сравнении с ручной дуговой сваркой неплавящимся электродом, имеет целый ряд преимуществ, например высокую скорость сварки, возможность применения повышенной плотности тока, обеспечивающей сварку соединений толщиной $\delta>15$ мм без подогрева и т. д. Применение импульсно-дуговой сварки также рационально для конструкций толщиной 2—3 мм. При импульсно-

дуговой сварке уменьшается расход аргона и отпадает необходимость в использовании вольфрамовых электродов. Все это позволяет повысить производительность труда и снизить затраты на сварку.

В табл. 37 приведена сравнительная стоимость 1 пог. м шва таврового соединения катетом 5 мм, выполненного доуавтоматической импульсно-дуговой сваркой (полуавтоматом ПРМ-4 с импульсным генератором ВДГИ-301) и ручной дуговой сваркой.

При годовом фонде времени работы сварочного полуавтомата в одну смену с учетом времени на ремонт (5%) можно сварить 12 тыс. пог. м швов.

Таблица 37

Сравнительная стоимость (руб.) 1 пог. м шва таврового соединения катетом 5 мм, выполненного ручной и полуавтоматической сваркой

Затраты	Сварка	
	ручная дуговая неплавящимся электродом	полуавтоматическая импульсно-дуговая плавящимся электродом (диаметр присадочной проволоки 1,5 мм)
Сварочные материалы	0,599	0,209
Заработная плата при сварке	0,137	0,055
Электроэнергия	0,1	0,042
Итого	0,836	0,306

Таким образом, экономический эффект от работы одного полуавтомата в год равен 7 тыс. руб., а если учесть, что импульсная сварка значительно снижает деформации конструкций при сварке, то экономический эффект может увеличиться до 8 тыс. руб. в год. При импульсно-дуговой сварке расход аргона снижается в полтора раза, а скорость сварки увеличивается в два с половиной раза. Стоимость 1 кг наплавленного металла проволокой диаметром 2 мм, по данным [6], составляет 2 руб. 43 коп., а стоимость ручной сварки 3 руб. 67 коп.

§ 3

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КОНТАКТНОЙ ТОЧЕЧНОЙ СВАРКИ ПО СРАВНЕНИЮ С КЛЕПКОЙ И ПРЕРЫВИСТОЙ РУЧНОЙ АРГОНОДУГОВОЙ СВАРКОЙ

Применение контактной сварки вместо клепки и аргонодуговой сварки уменьшает трудоемкость работ, снижает себестоимость изготовления конструкций, значительно улучшает внешний вид швов. Применение контактной сварки повышает культуру производства и в дальнейшем позволит уменьшить объем вредных клепальных работ.

В табл. 38 приведена сравнительная стоимость 1 пог. м изделия, выполненного контактной сваркой, прерывистой аргонодуго-

Таблица 38

Сравнительная стоимость (руб.) 1 пог. м конструкций, сваренной прерывистой аргонодуговой сваркой, клепкой и контактной сваркой

Затраты	Ручная аргонодуговая сварка	Клепка	Контактная сварка
Материалы	0,638	0,4	0,1
Электроэнергия и воздух	0,02	0,0012	0,0045
Зарплата	0,18	0,5	0,11
Итого	0,838	0,9012	0,2145

Примечание. Стоимость 1 пог. м изделия, выполненного конденсаторной сваркой, равна 0,2 руб.

вой сваркой и клепкой конструкций из сплава АМгб1 толщиной $\delta = 1,5 \div 4$.

При переводе конструкции на контактную сварку с аргонодуговой экономия на 1 пог. м сварки составит 0,624 руб., а при замене клепки сваркой экономия на 1 пог. м будет равна 0,686 руб. Замена клепки и аргонодуговой сварки контактной повышает производительность труда соответственно в четыре и полтора раза. Так, при переводе на контактную сварку 10 тыс. пог. м прерывистой аргонодуговой сварки и 15 тыс. пог. м клепки экономический эффект составил 16 530 руб. в год без учета экономии на правку.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Механизированная сварка конструкций из алюминиевых сплавов находится в стадии широкого развития и является одной из важнейших проблем сварочного производства в судостроении. В настоящее время ведутся работы по созданию новых методов механизированной сварки алюминиевых сплавов для судостроения, таких, как плазменная сварка, лазерная сварка и некоторые другие. Накопленный опыт уже сейчас дает возможность расширить производство судовых корпусных конструкций на более высоком техническом уровне, обеспечив при этом хорошее качество сварных соединений и эксплуатационную надежность конструкций в целом.

УКАЗАТЕЛЬ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ардентов В. В. и др. Исследование физико-технических характеристик импульсной дуги и разработка технологии автоматической импульсно-дуговой сварки плавящимся электродом.—Сб. «Сварка», 1968, № 11, с. 224—245.
2. Беляев М. М., Рубинчик Ю. Л. Опыт внедрения полуавтоматической сварки конструкций из алюминиевых сплавов.—«Технология судостроения», 1965, № 5, с. 13—15.
3. Богданов Г. Я., Деминский Ю. А. Аргонодуговая сварка алюминиевых сплавов плавящимся электродом при импульсном питании дуги.—Сб. «Сварка», 1966, № 9, с. 34—42.
4. Богданов Г. Я., Деминский Ю. А. Полуавтоматическая импульсная дуговая сварка алюминиевых сплавов.—Сб. «Сварка», 1967, № 10, с. 200—211.
5. Быховский Д. Г., Данилов А. И. Возможности плазменной дуги как универсального способа сварки цветных металлов, нержавеющей и жаропрочных сталей.—«Сварочное производство», 1973, № 5, с. 14—16.
6. Головченко В. С., Никонов А. В. Сварка судовых конструкций в защитных газах. Л., «Судостроение», 1972.
7. Дудко Д. А., Корниченко А. И. Тепловая эффективность процесса сварки плазменной дугой переменного тока.—«Автоматическая сварка», 1967, № 11, с. 26—28.
8. Зайчик Л. В., Орлов Б. Д., Чулошников П. Л., Контактная электросварка легких сплавов. М.—Л., Машгиз, 1963.
9. Кузьминов С. А. Сварочные деформации и мероприятия по их уменьшению при аргонодуговой сварке конструкций из алюминиевых сплавов.—Сб. «Механизация и автоматизация сварочных работ», 1960, с. 81—91.
10. Лопатин Н. И., Шляпников И. В. Сборка и сварка судов на подводных крыльях. Л., «Судостроение», 1967.
11. Патон Б. Е., Потапьевский А. Г., Подола Н. В. Импульсная дуговая сварка плавящимся электродом с программным регулированием процесса.—«Автоматическая сварка», 1964, № 1, с. 1—6.
12. Петров Г. А. и др. Причины пористости сварных швов алюминиевых сплавов и меры по их снижению.—Сб. «Сварка», 1965, № 8, с. 168—187.
13. Петунин Ю. А., Деминский Ю. А., Макаров А. Г. Автоматическая сварка алюминиевых сплавов трехфазной дугой неплавящимся электродом в среде защитных газов.—Сб. «Сварка», 1966, № 9, с. 60—71.
14. Потапьевский А. Г., Лапчинский В. Ф., Вайнерман А. Е. Импульсная дуговая сварка алюминиевых сплавов. ЛДНТП, 1966.

15. Потапьевский А. Г., Лапчинский В. Ф. Характеристика импульсно-дуговой сварки плавящимся электродом в аргоне.—«Автоматическая сварка», 1967, № 6, с. 13—16.
16. Псарас Г. Г. Особенности автоматической сварки алюминия плавящимся электродом в смеси с кислородом.—«Сварочное производство», 1971, № 9, с. 21—23.
17. Руководящие технические материалы. Оборудование электросварочное. Наладка, обслуживание, ремонт. ОАА. 689. 017—69. ВНИИЭСО.
18. Руссо В. Л. Сварка алюминиевых сплавов в среде инертных газов. Л., «Судостроение», 1962.
19. Суханов Г. И. Изготовление корпусных деталей из алюминиевых сплавов. Л., «Судостроение», 1969.
20. Чулошников П. Л. Точечная и роликовая электросварка легированных сталей и сплавов. М., «Машиностроение», 1968.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Глава I. Материалы и оборудование, применяемые для изготовления корпусных конструкций из алюминиевых сплавов	5
§ 1. Деформируемые алюминево-магниеые сплавы и их свойства	—
§ 2. Сварочные материалы, применяемые для механизированной сварки	11
§ 3. Сварочное оборудование для механизированных методов сварки, их назначение и применение	15
§ 4. Наладка и организация обслуживания сварочного оборудования	26
Глава II. Оснастка для сборки и сварки корпусных конструкций	31
§ 1. Плиты, постели, столы, площадки для сборки и сварки узлов набора, фундаментов и полотнищ секций	—
§ 2. Конструкции специальных стенов для сборки и автоматической сварки полотнищ секций с обратным формированием шва	36
§ 3. Рольганги для контактной приварки набора к полотнищам секций	42
§ 4. Оснастка и приспособления для механизации вспомогательных работ при сварке	44
Глава III. Сборка и сварка узлов набора, фундаментов и изделий насыщения секций	45
§ 1. Сборка и полуавтоматическая сварка узлов набора и фундаментов	—
§ 2. Сборка и контактная точечная сварка узлов набора секций и других изделий	50
§ 3. Методы борьбы с деформациями при сварке узлов набора и фундаментов	55
Глава IV. Сборка и сварка полотнищ секций	57
§ 1. Сборка и автоматическая аргонодуговая сварка полотнищ неплавящимся электродом с обратным формированием шва на специальных стендах	—

§ 2. Сборка и автоматическая аргонодуговая сварка полотнищ трехфазной дугой	62
§ 3. Сборка и автоматическая аргонодуговая сварка полотнищ плавящимся электродом	68
§ 4. Сборка и автоматическая сварка сжатой дугой переменного тока	72
§ 5. Методы борьбы с деформациями при сварке полотнищ	75
Глава V. Установка и приварка набора в секциях	77
§ 1. Сборка и полуавтоматическая приварка набора и фундаментов в секциях	—
§ 2. Сборка и приварка набора к полотнищам на контактных точечных машинах	83
§ 3. Сборка и комбинированная сварка набора контактной и аргонодуговой сваркой	97
§ 4. Сборка и приварка набора к секциям, изготовленным из прессованных панелей	99
§ 5. Методы борьбы с деформациями при приварке набора в секциях	102
§ 6. Организация потока при изготовлении плоских секций и опыт комплексной механизации сварки при изготовлении корпусных конструкций	106
Глава VI. Сборка и полуавтоматическая сварка при изготовлении объемных секций и сварка секций на стапеле	110
§ 1. Сборка и сварка объемных секций	—
§ 2. Сборка и сварка объемных секций на стапеле	114
Глава VII. Методы контроля качества сварных соединений	118
§ 1. Контроль качества основных и сварочных материалов	—
§ 2. Проверка квалификации сварщиков; контроль сварочного оборудования и инструмента	120
§ 3. Наиболее часто встречающиеся дефекты сварных швов, причины их образования и способы устранения	121
§ 4. Способы контроля качества сварных швов	125
Глава VIII. Экономическая эффективность технологии механизированной сварки	127
§ 1. Эффективность применения сборки и автоматической сварки с обратным формированием шва	128
§ 2. Эффективность применения полуавтоматической импульсно-дуговой сварки	129
§ 3. Эффективность применения контактной точечной сварки по сравнению с клепкой и прерывной ручной аргонодуговой сваркой	130
Заключение	131
Указатель литературы	132

ЮРИЙ ЛЬВОВИЧ РУБИНЧИК

**МЕХАНИЗИРОВАННАЯ
СВАРКА
КОРПУСНЫХ
КОНСТРУКЦИЙ
ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ
СПЛАВОВ**

Редактор Т. Д. Раскина
Технический редактор Р. К. Чистякова
Корректоры И. П. Острогорова, С. Х. Кумачева
Оформление обложки Н. И. Абрамов

Сдано в набор 18/III 1974 г. Подписано к печати 23/VIII 1974 г. М-04417. Формат 60×90^{1/16}.
Бумага типографская № 2. Печ. л. 8,5. Усл. печ. л. 8,5. Уч.-изд. л. 9,1. Тираж 3800 экз. Заказ
№ 657. Цена 47 коп. Изд. № 2855—73.

Издательство «Судостроение», 191065, Ленинград, ул. Гоголя, 8
Ленинградская типография № 4 Союзполиграфпрома при Государственном комитете Совета
Ф-126, Социалистическая ул., 14.
Министров СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 196126, Ленинград.