



НОВЫЕ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЙ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ КОНТАКТНОЙ СВАРКИ ТРУБОПРОВОДОВ

Академик НАН Украины С. И. КУЧУК-ЯЦЕНКО (Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины)

Описаны новые разработки технологии и оборудования для контактной сварки труб, позволяющие расширить технологические особенности применения данного способа сварки при строительстве различных видов трубопроводов.

Ключевые слова: контактная сварка, трубопроводы, качество, производительность, сварочные машины, технология сварки

В мировой практике наряду с совершенствованием различных способов электродуговой сварки неповоротных стыков трубопроводов с использованием традиционной схемы организации работ продолжают интенсивные поиски технологий, обеспечивающих однопозиционную сварку как наиболее перспективную с точки зрения организации строительного потока в монтажных условиях. Британский институт сварки совместно с итальянской фирмой «Сайпем» разработал технологию и оборудование для однопозиционной сварки в низком вакууме толстостенных труб электронным лучом [1]. Наряду с этими работами не снижается интерес к поискам различных технологий сварки труб давлением. Опубликованы результаты многолетних разработок сварки сопротивлением труб диаметром до 320 мм с использованием униполярного генератора [2]. В результате этих исследований, выполненных в Техасском университете совместно с фирмой «General Electric» (США), показана возможность получения высококачественных соединений труб из различных сталей и сплавов. Норвежской фирмой «Stolt» [3] разработана промышленная установка для радиальной сварки трением (с использованием деформируемой муфты) высокопрочных бесшовных труб. Продолжаются работы по совершенствованию способа сварки труб малых диаметров с использованием дуги, вращающейся в магнитном поле [4].

К числу перспективных способов соединения труб в новых проектах можно отнести способ контактной сварки, позволяющий реализовать однопозиционную сварку труб в монтажных условиях. За последние десятилетия в странах СНГ накоплен большой опыт по использованию контактной стыковой сварки (КСС) при строительстве трубопроводов различного назначения. Он свидетельствует прежде всего о высокой стабильности качества сварных соединений, достигнутой при работе в тяжелых климатических условиях. При контактной сварке обеспечивается высокая выработка на каждого члена бригады, снижаются требования к квалификации операторов и расходы на сварочные материалы.

Имеющийся опыт по использованию КСС трубопроводов, а также анализ запросов строительных организаций, в том числе зарубежных фирм, позволяет определить следующие основные направления совершенствования технологии и оборудования КСС с целью дальнейшего повышения их эффективности и конкурентоспособности:

- совершенствование технологии контактной сварки с целью снижения мощности источников питания, потерь металла при оплавлении и осадке;
- разработка технологий контактной сварки и труб повышенной прочности (типа X80...X100), обеспечивающей требуемые механические свойства;
- разработка систем автоматизированного неразрушающего и операционного контроля соединений труб, выполненных КСС;
- разработка нового поколения оборудования, отличающегося высокой маневренностью и меньшим энергопотреблением;
- разработка вспомогательного оборудования (гратосниматели), обеспечивающего более высокую точность обработки грата с учетом требований современных методов диагностики.

В последние годы в соответствии с межгосударственной программой выполнены разработки, направленные на решение перечисленных задач.

Совершенствование технологии контактной сварки труб. Для получения устойчивого непрерывного оплавления, положенного в основу применяемых технологий КСС труб, необходимо, чтобы установленная мощность источника питания в 3 раза превышала мощность, потребляемую при сварке [5]. При уменьшении этого соотношения повышается вероятность замыкания между оплавленными деталями, нарушается устойчивость оплавления, что ведет к нестабильному нагреву. Применение различных регуляторов скорости подачи при оплавлении [5] позволяет уменьшить это соотношение до 2,5. Повышение устойчивости оплавления при прочих равных условиях достигается также при снижении сопротивления короткого замыкания сварочных машин. В результате проведенных исследований показана возможность существенного снижения установленной мощности источников питания при разработке новых быстродействующих приводов контактных стыковых машин и снижения на 20...30 % сопротивления короткого замыкания благодаря совершенствованию конструкции сварочного контура. Дополнительным резервом снижения установленной мощ-



Таблица 1. Основные параметры процесса при контактной сварке труб непрерывным и пульсирующим оплавлением

Материал труб	Диаметр и толщина труб, мм	Время сварки, с		Максимальная потребляемая мощность машин, кВт·А		Припуск на оплавление и осадку, мм	
		ПО	НО	ПО	НО	ПО	НО
Сталь 20	219; 10	30	120	200	250	18	30
Сталь 20	219; 25	100	210	200	250	20	45
09Г2С	530; 10	60	150	280	500	20	30
09Г2С	630; 14	70	160	350	500	24	40
X65	920; 12	80	150	400	600	25	36
X65	920; 25	120	200	400	800	28	48
X65	1020; 14	90	160	500	800	20	38
X65, X70	1220; 16	110	180	550	800	23	45
X70	1420; 19,5	120	200	800	1100	25	50
X80	1420; 18,7	120	200	800	1200	25	45

ности источников питания является также использование различных накопителей энергии, обеспечивающих возможность кратковременного увеличения потребляемой энергии.

В результате исследований, проведенных в последние годы в ИЭС им. Е. О. Патона, были разработаны способы значительной интенсификации нагрева свариваемых деталей в процессе оплавления [6]. Сущность этих способов в том, что сопротивление в контакте между свариваемыми деталями непрерывно поддерживается на уровне соответствующей предельной полезной мощности, которую может отдать источник энергоснабжения. Это достигается за счет использования автоматических быстродействующих систем управления, воздействующих на привод оплавления сварочной машины и напряжение питающей электросети. Создание таких систем стало возможным благодаря использованию современных компонентов гидропривода и электронного управления. Характерной особенностью нового процесса оплавления, получившего название пульсирующего (ПО), является более интенсивный нагрев деталей, чем при непрерывном оплавлении (НО). При одинаковой мощности длительность сварки и припуски на оплавление сокращаются в 2,0... 2,5 раза. В зависимости от установленной мощности нагрев металла при ПО можно получить в большем интервале значений установленной мощности, чем при НО, в том числе при более низких удельных мощностях. В зависимости от установленных значений мощности источника можно варьировать длительностью нагрева ($t_{св}$) и распределением температуры в металле ЗТВ, что открывает новые возможности, особенно при сварке толстостенных труб и труб из высокопрочных сталей. В частности, отличительной особенностью ПО является возможность получения высококонцентрированного нагрева, при котором до высокой температуры нагреваются приконтактные слои металла, а общая зона нагрева относительно узкая (рис. 1). Благодаря этому качественную сварку можно получить при меньшей общей зоне нагрева и величине осадки, так как вся деформация концентрируется в приконтактном слое. Указанные преимущества особенно ощутимы при сварке высокопрочных сталей типа

X80... X100, весьма чувствительных к нагреву и подверженных разупрочнению.

С использованием ПО разработана технология сварки труб с различной толщиной стенки. Основные показатели режимов сварки труб ПО приведены в табл. 1. Для труб диаметром 114... 325 мм данные получены при сварке на модернизированной установке К 584. Для труб большого диаметра данные получены при сварке сегментов большого сечения (до 5000 мм²), вырезанных из труб. Эта методика апробирована при моделировании режимов сварки НО труб диаметром 1420 мм. Приведенные в таблице данные относятся к трубам с предельной для указанного диаметра толщиной стенки. Для сравнения там приведены аналогичные показатели, полученные при сварке НО. Применение ПО позволяет уменьшить длительность сварки в 1,5... 2 раза для труб с толщиной менее 12 мм и почти в 2... 2,5 раза для труб с толщиной стенки 20... 25 мм. Установленная мощность источника питания принята такой же, как при сварке НО.

При сварке ПО формирование качественных соединений обеспечивается при меньшем значении осадки, соответственно уменьшается усиление сварных швов, которые имеют пологую форму (рис. 2). Поэтому значительно снижается трудоемкость механической обработки сварных стыков после свар-

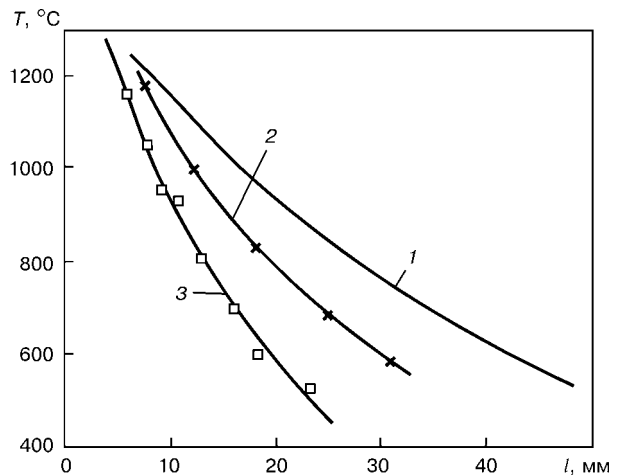


Рис. 1. Распределение температуры в металле ЗТВ при сварке непрерывным (1) и пульсирующим оплавлением (2, 3): 1 – $t_{св} = 180$; 2 – 120; 3 – 30 с



Таблица 2. Технические показатели оборудования для ПМДС сварки труб

Модификация машины	Диаметр свариваемых труб, мм	Толщина стенки, мм	Производительность, стык/ч	Усилие осадки, кН	Потребляемая мощность, кВт	Масса, кг
МД 101	10...42	1...4	80	40	30	230
МД 102	25...60	2...6	120	60	45	440
МД 103	57...114	2...8	70	160	60	950
К 872	70...219	2,5...16	30	300	100	2000

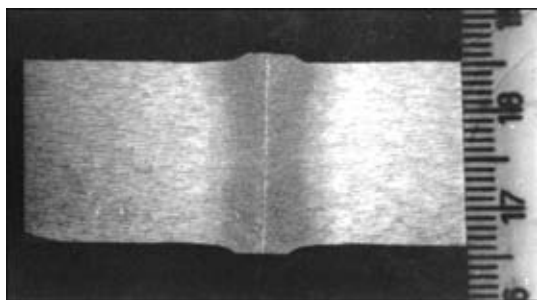


Рис. 2. Макрошлиф соединения труб из стали X80

ки и легче получить требуемую геометрическую форму сварных швов при чистовом удалении грата. В данном случае представляется возможность при срезке грата применить резцовую систему с радиальным перемещением резцов вместо протяжки, используемой в настоящее время.

Сварка давлением труб с нагревом дугой, вращающейся в магнитном поле (ПМДС). Этот процесс (близкий к контактной сварке по особенностям формирования соединений) получил промышленное применение в странах СНГ и за рубежом в основном для соединения труб небольших диаметров (до 50 мм) с толщиной стенки до 6 мм [4]. Он имеет ряд преимуществ по сравнению с КСС, в частности, отличается меньшими потерями металла на оплавление и потребляемой мощностью. При ПМДС нет необходимости зачищать поверхности труб перед сваркой, меньше высота усиления сварного шва, что позволяет во многих случаях исключить операцию удаления грата после сварки. К недостаткам метода сварки ПМДС следует отнести требования к более точной центровке труб перед

сваркой и невозможность получения качественных соединений при толщине стенки труб более 6 мм.

В ИЭС им. Е. О. Патона проводятся многолетние разработки, целью которых является расширение областей применения этого способа сварки, создание нового поколения оборудования систем автоматического управления. В последнее пятилетие разработаны системы автоматического управления процессом, позволяющие значительно повысить стабильность воспроизведения заданных параметров сварки при изменении точности сборки труб, геометрических размеров концов труб. Разработаны системы автоматического операционного контроля и диагностики качества соединений по изменению параметров сварки, компьютеризированные системы сбора и хранения информации о качестве соединений. Основные показатели оборудования, промышленный выпуск которого освоен предприятиями НТК ИЭС им. Е. О. Патона, приведен в табл. 2. Сварочные машины типа МД применяются в различных отраслях промышленности, машины МД 1, МД 2 используются строительными организациями Тюмени. Машина К 872 (рис. 3) предназначена для сварки тонкостенных труб диаметром до 219 мм толщиной до 10 мм, в том числе трубопроводов распределительных газозовых сетей.

В последние годы найдены способы управления процессом вращения дуги в магнитном поле, позволяющие получать равномерный нагрев при ПМДС труб толщиной стенок, превышающих 6 мм. Это достигается путем управления составляющими магнитного поля в зазоре между свариваемыми деталями, обеспечивающими сканирование дуги по толщине стенки. Таким способом сварены трубы

Таблица 3. Механические свойства соединений при ПМДС сварке

Марка стали	Диаметр и толщина труб, мм	Временное сопротивление разрыву, МПа		Ударная вязкость KCV, Дж/см ²	
		Основной металл	Сварное соединение	Основной металл	Сварное соединение
Сталь 20	32; 5	488...509	488...509	94...100	88...94
		502	502	98	90
Сталь 20	89; 10	488...509	488...509	92...100	86...94
		502	502	97	90
Сталь 20	219; 6	488...509	488...509	90...100	84...92
		502	502	95	88
Сталь 35	48; 4	538...565	538...565	56...64	52...96
		551	551	60	70
Сталь 35	76; 16	536...565	536...565	56...64	42...68
		550	550	60	55
12X1МФ	32; 5	536...566	536...566	133...144	56...116
		550	550	138	86
С75	48; 5	826...870	822...862	58...66	33...80
		852	838	61	57

толщиной стенки до 16 мм. Сегодня разрабатывается оборудование, позволяющее сваривать методом ПМДС трубы диаметром 114... 325 мм с толщиной стенки до 12 мм. Оно может быть использовано для сварки различных трубопроводов при транспортировке нефти и газа.

Проведены всесторонние механические испытания соединений труб из различных сталей, выполненные ПМДС. Как видно из табл. 3, показатели прочности и пластичности сварных соединений весьма близки к аналогичным показателям основного металла.

Контроль качества соединений, выполненных КСС. Многолетний опыт использования КСС при сооружении трубопроводов в различных регионах, в том числе на Крайнем Севере, свидетельствует о высоком и стабильном качестве соединений [7]. В соответствии с действующими техническими условиями оценка качества кольцевых стыков, сваренных КСС (во многих случаях выборочно), выполняется ручным УЗ контролем и операционным контролем (100 %), базирующимся на регистрации основных параметров процесса, влияющих на качество соединений. Кроме того, проводится вырезка 1 % стыков с последующими механическими испытаниями сварных соединений.

Среднестатистические цифры по количеству забракованных стыков, базирующиеся на анализе результатов контроля десятков тысяч километров сваренных трубопроводов различного диаметра, составляют 0,4 %. Из этого количества до 80 % приходится на выбраковку по отклонениям геометрических размеров сварных швов (смещения, некачественно удаленный грат). По данным, полученным при контроле отдельных участков трубопроводов диаметром 1420 мм протяженностью 100 км, количество забракованных стыков не превышает 0,1 %.

С учетом накопленного опыта контроля соединений труб, выполненных контактной сваркой, в последние годы проведены работы по совершенствованию неразрушающего и операционного методов контроля. Работы проводили совместно с ВНИИСТ в рамках межгосударственной программы «Высоконадежный трубопроводный транспорт» (ВНТТ).

Основной целью работы являлась автоматизация процесса контроля и определение алгоритмов оценки качества с использованием компьютеризированных систем. Ключевым вопросом при разработке автоматизированного УЗ контроля является идентификация различных дефектов, которые могут появляться в соединениях, выполненных сваркой давлением (в том числе тонких оксидных пленок), с использованием общепринятых для дуговых способов сварки эталонов и определение достоверности выявления этих дефектов. На втором этапе работ проведены исследования влияния различных категорий дефектов на механические свойства соединений. При этом широко использована методика, предусматривающая испытания широкоформатных образцов (секторов, вырезанных из натуральных труб) при различных типах нагрузок, температурах испытаний и концентрациях

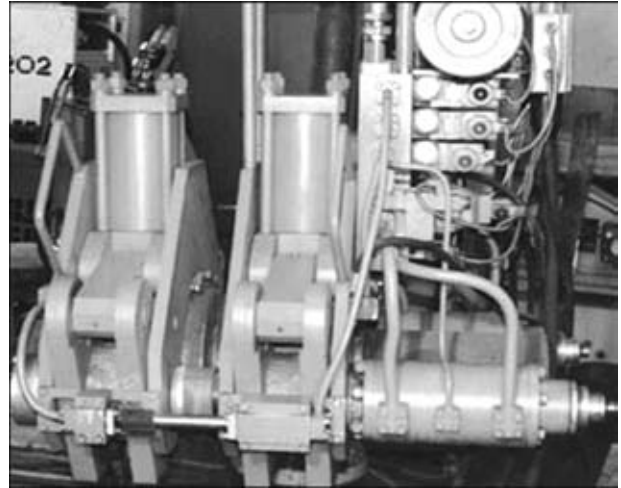


Рис. 3. Машина К 872 для прессовой сварки труб диаметром 60...219 мм с нагревом дугой, вращающейся в магнитном поле

напряжений. Эти исследования позволили установить степень влияния различных категорий дефектов, надежно выявляемых УЗ контролем, на механические свойства соединений, определить категории недопустимых дефектов и предельные размеры допустимых.

Существенное влияние на результаты УЗ контроля может оказывать форма сварного шва. Согласно техническим требованиям грат и частичное усиление шва удаляют после сварки, после чего усиление последнего не превышает 2 мм. При общепринятых методиках указанные выступы на границах сварного шва дают сигналы, искажающие показатели УЗ контроля. Разработка системы датчиков и преобразователей, работающих как тандем, позволила исключить влияние сигналов, поступающих от границ сварного шва на результаты контроля. Исследования по УЗ контролю выполняли на базе использования современных методов дифрагированных волн, а также эхо-импульсного метода и синтезированной апертуры. Контроль выполняли на аппаратуре системы ЗИПСKAN. В процессе указанных исследований выполняли также рентгеновский контроль соединений по условиям, принятым для дуговой электросварки. Эти работы позволили получить сравнительные данные о выявляемости дефектов УЗ контролем и рентгеновским методом. Установлено, что одновременное применение метода «тандем» и дифрагированных волн позволило значительно уменьшить число ложных сигналов, обусловленных геометрией шва, и повысить достоверность обнаружения тонких дефектов типа оксидных плен. Практически все дефекты, влияющие на механические свойства соединений, дают сигналы, превышающие принятые эталонные значения, и стабильно выявляются при достаточно больших отклонениях геометрических размеров швов.

Из сравнения данных, приведенных в табл. 4, видно, что результаты УЗ контроля хорошо согласуются с результатами механических испытаний натуральных образцов с надрезом по линии соединения, где выявляются все возможные дефекты. Достоверность УЗ контроля превышает 0,95 при обнаружении недопустимых дефектов и 0,92 всех



Таблица 4. Результаты контроля качества соединений, выполненных контактной стыковой сваркой

№ партии	№ стыка	Геометрическая форма стыка	Тип и размеры дефектов при испытаниях на разрыв, мм ²		
			РК	УЗК	Разрушающих испытаний
1	1	Без усиления, без смещения	НН-12,6	НН-12,6; НО-136,64	НН-12, 6
	2		НН-20,8	НН-20,8; НО-100,90	НН-20,8; НО-100, 30
	3		—	НН-1; НО-40; НН-150	НН-1; НО-40; НН-136; НН-64
	4		—	НН-10; НО-200; НН-64	НН-10; НО-200
	5		—	—	НО-6; НО-25
2	1	Усиление 2...3 мм	—	—	НО-48,24,20,8
	2		—	НН-1 (скопление); НО-100	НН-1,1,1; НО-100
	3		НН-6	НО-90	НН-6; НО-90
	4		НН-4	—	НН-4; НО-48,28,20,8
	5		—	НН-4,4,2; НО-80,40,25,25	НН-4,4,2; НО-80,40,25,25
3	1	Усиление 2...3 мм, смещение 2 мм	—	НН-8,6	НН-8,6
	2		—	НН-16; НО-150	НН-16; НО-150
	3		—	НН-20; НО-200	НН-20; НО-200
	4		—	—	НВ-100; ВК-10
	5		—	НН-9; НН-50	НН-9; НН-50
4	1	Усиление 2...3 мм, смещение 3,5...4,5 мм	—	НО-40	НО-40
	2		—	—	НО-20
	3		—	НО-75	НО-75
	4		—	—	НО-75
	5		—	НО-100	НО-100

Примечание. «—» — дефекта нет; НН — непровар типа несплошности; НО — непровар типа оксидных плен; НН — неметаллические включения.

дефектов. Наличие усиления шва и смещений до 3 мм не влияет на достоверность показателей контроля. Выявляемость дефектов типа оксидных плен и неметаллических включений методами рентгеноконтроля низкая.

На основании результатов проведенных исследований разработана базовая технология УЗ контроля сварных соединений труб, выполненных контактной сваркой, которая может быть использована для контроля качества кольцевых швов труб толщиной стенки 8...30 мм. При этом может быть использована современная аппаратура УЗ контроля, применяемая для контроля сварных швов при электродуговых способах сварки.

Операционный контроль. Операционный контроль был разработан и внедрен в начале 1980-х гг. в связи с массовым использованием контактной сварки при строительстве трубопроводов ответственного назначения. Основной отличительной особенностью разработанной технологии КСС труб является использование метода нагрева НО без подогрева сопротивлением с автоматическим регулированием основных параметров процесса. При этом последние задаются программами в сочетании с использованием обратных связей, что позволяет автоматически корректировать значение параметров при изменении условий эксплуатации. Благодаря этому представляется возможным обеспечить высокую воспроизводимость заданных условий нагрева и деформации при сварке. Это позволяет диагностировать качество соединений в зависимости от значений отклонений основных параметров, регистрируемых в процессе сварки, от заданных программ. В процессе многолетнего использования указанной технологии накоплен значительный банк данных, показывающий взаимосвязь качества соединений с отклонениями параметров сварки от заданных значений, имевших место в процессе эксплуатации. В результате обработки этих данных, а также моделирования различных условий сварки с отклонениями от принятых режимов определены критерии оценки качества соединений по результатам сравнения записей параметров регистрирующими приборами с эталонными образцами. Регистрация параметров введена в действующие правила приемки стыков, сваренных КСС как один из обязательных методов



Рис. 4. Структурная схема системы контроля и управления процессом контактной сварки оплавлением



Таблица 5. Технические характеристики машин для контактной сварки труб

Тип машины	Диаметр и толщина труб, мм	Мощность при ПВ = 50 %, кВт·А	Мощность электростанции, кВт·А	Масса, т	Производительность, стык/ч	Конструкция машины
<i>Машины первого поколения</i>						
К 700	1420; 20	820	1000	26	6	Внутритрубная
К 800	1220; 16	600	850	20	8	»
К 805	530; 8	300	500	12	10	Наружнотрубная
<i>Машины нового поколения</i>						
К 1006	1420; 20	650	800	16	10	Внутритрубная
К 926	920...1020; 16	400	550	12	12	»
К 1007	630; 14	300	380	8	12	Наружнотрубная

контроля. Расшифровка таких диаграмм требует определенных навыков операторов-сварщиков и контроллеров и не исключает субъективной оценки. Поэтому в последние годы разработана компьютеризированная система оценки качества соединений, также базирующаяся на измерении и сравнении основных параметров процесса. На рис. 4 представлена блок-схема системы контроля качества соединения. Основой ее является логический контроллер PLC в сочетании с компьютером. В таком исполнении она позволяет управлять процессом сварки и выполнять функции операционного контроля. Программа PLC разработана таким образом, что сначала в контроллере анализируются сигналы с датчиков, а затем на основе их анализа выдается команда на управление машиной. Алгоритм программы управления позволяет отслеживать ряд возможных нежелательных ситуаций, приводящих к нарушению устойчивого оплавления, и путем воздействия на привод оплавления и источник питания устранять эти ситуации или останавливать их развитие. Кроме того, в контроллер введены некоторые другие датчики. Сигналы с них непрерывно анализируются и в случае выхода какого-либо из параметров из поля допуска система реагирует на них в зависимости от их значимости в общем алгоритме оценки качества. Сварка может быть остановлена в случае грубого нарушения процесса. При отдельных отклонениях сигналы анализируются и вся полученная информация немедленно записывается в память компьютера и одновременно выводится на монитор в цифровой и аналоговой

форме. По окончании процесса сварки занесенные в память данные считываются, параметры процесса рассчитываются и анализируются в соответствии с заложенным алгоритмом качества, компьютер принимает решение о данном сварном соединении по принципу «годен-не годен». Результат анализа фиксируется на мониторе и автоматически распечатывается на принтере таким образом, что к концу смены получается полный список сваренных стыков с оценкой их качества (рис. 5). Для компьютера разработана специальная программа, позволяющая представить в графической форме ход процесса сварки как в целом, так и его отдельные фрагменты в увеличенном масштабе. Материалы по каждому стыку вводятся в общий банк данных, накапливаемый в процессе строительства.

Разработанная система контроля параметров может быть выполнена в виде отдельной приставки, которая легко адаптируется к используемым в настоящее время машинам для КСС труб, в частности машинам К 584, К 700. Она представляет собой промышленный или бытовой компьютер с принтером и электронным блоком, а также набором датчиков тока, напряжения и перемещения. Такая система, выполненная на базе переносного компьютера, внедрена в 2001 г. на работающей машине К 700.

Оборудование для контактной сварки. Имеющийся опыт эксплуатации наружно- и внутритрубных машин для контактной сварки труб показывает, что при сварке в монтажных условиях эффективность их использования во многом оп-

Смена _____

Оператор _____ Клеймо _____

Контролер _____

№ стыка	Время	Усв, В	Vн, мм/с	тн, сек	V1, мм/с	t1, сек	V2, мм/с	t2, сек	тф, сек	Vк, мм/с	тк, сек	Vос, мм/с	Loc, мм	t(t), сек	Прип, мм	P, МПа	Zkz, мм	К.З, Форс	Общее время	Прок	Резюме
xx00-000-1	14:41	1	0,15	50	0,15	55	*0,18	118	14	1,36	1,4	64	11	*0,0	50,0	14,9	---	НЕТ	238,7	ДА	Холход
pc00-000-1	15:37	409	0,15	95	0,15	56	0,19	116	14	0,99	1,4	42	11	0,8	50,6	14,9	15,9	НЕТ	283,2	НЕТ	Годен
pc00-000-2	16:09	410	0,15	94	0,15	56	0,20	114	14	0,98	1,4	41	11	0,9	51,4	14,7	17,3	НЕТ	280,1	НЕТ	Годен
pc00-001-1	16:44	412	0,15	96	0,15	56	0,19	116	14	0,99	1,4	45	11	0,8	50,9	14,4	16,8	НЕТ	282,9	НЕТ	Годен
pc00-001-2	17:42	408	0,16	98	0,15	56	0,21	113	14	0,99	1,4	43	11	0,9	52,0	14,6	17,1	НЕТ	284,5	НЕТ	Годен
pc00-002-1	18:20	410	0,14	98	0,16	55	0,20	113	15	1,15	1,4	42	10	0,8	51,6	14,6	16,3	НЕТ	282,4	НЕТ	Годен
pc00-002-2	18:48	409	0,15	91	0,16	55	0,21	110	14	0,99	1,3	44	11	0,8	50,8	14,8	17,4	ДА	272,4	НЕТ	Брак

Всего стыков: _____ 6
 Соответствует норме: _____ 5
 Бракованных: _____ 1

Рис. 5. Сменный рапорт при компьютеризированном контроле на трубосварочном комплексе «Север-1» (К 700)

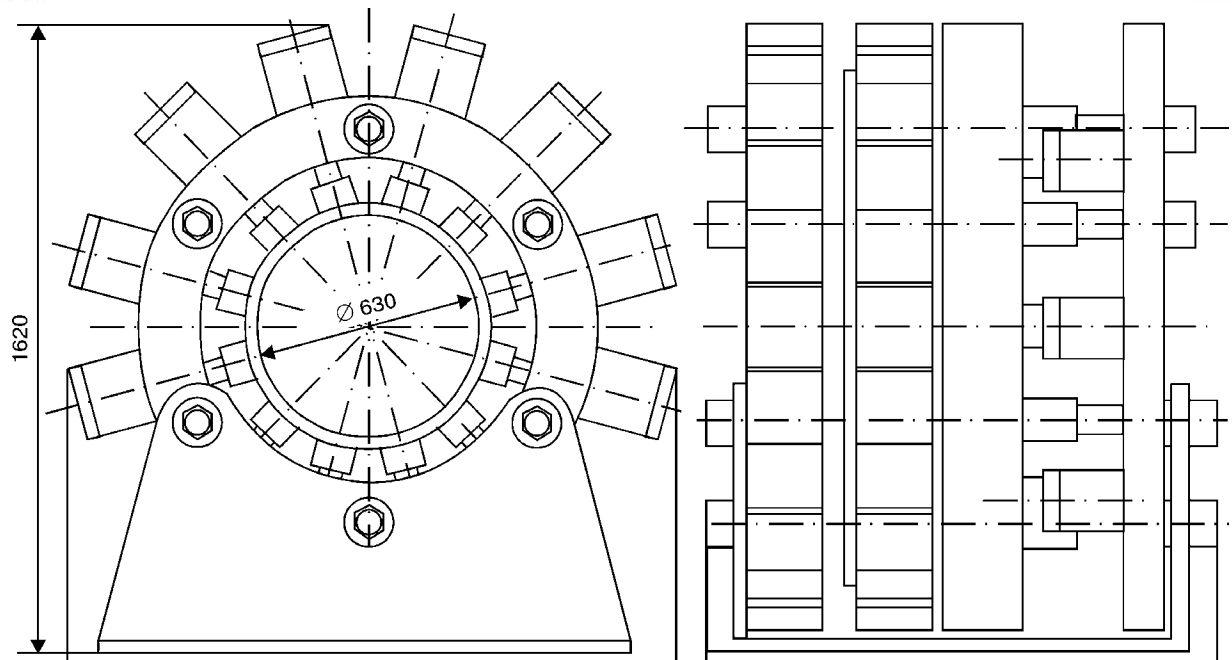


Рис. 6. Схема наружнотрубной машины К 1007 для контактной сварки труб диаметром 630 мм

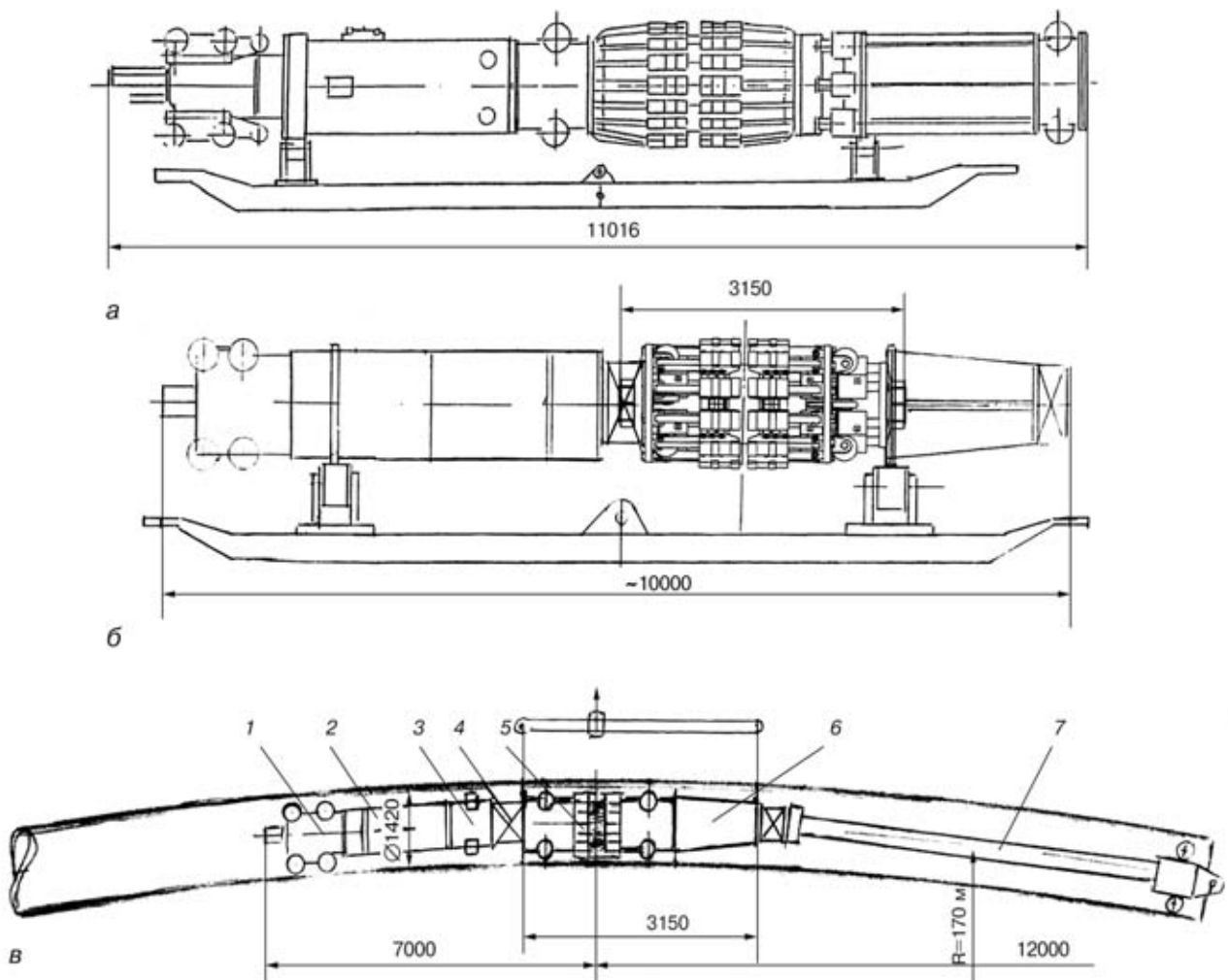


Рис. 7. Схемы внутритрубных машин К 700 (а) и К 1007 (б) для контактной сварки труб диаметром 1420 мм; размещение машины К 1007 в трубе (в): 1 — привод перемещения; 2 — насосная станция; 3 — гратосниматель; 4 — шарнир; 5 — сварочная головка; 6 — гидротеск; 7 — штанга



ределяется мобильностью всего комплекса оборудования, точностью центровки концов труб, который обеспечивает механизм центровки машин, а также работой гратоснимателя. Кроме того, при сварке в монтажных условиях во многих случаях возникает необходимость сварки гнутых труб. Реализация перечисленных выше разработок дает возможность существенно повысить технико-экономические показатели при КСС труб, однако для этого необходимо существенно изменить конструкцию основных кинематических узлов, электрического контура, гидравлического привода и системы управления с использованием современных компонентов гидравлических узлов и электроники. Это дает возможность значительно снизить массу механической части машин, уменьшить сопротивление сварочной цепи и потребляемую мощность, повысить быстродействие привода и реализовать новую технологию сварки пульсирующим оплавлением.

В основе разработки нового поколения машин для КСС труб лежит такая же концепция организации работ при сварке в стационарных и полевых условиях, как и в первом поколении машин. Для сварки труб диаметром 114...325 и 377...630 мм принято наружнотрубное исполнение машин, а для труб больших диаметров (710...1420 мм) — внутритрубное. Наружнотрубные машины оборудованы встроенными гратоснимателями для удаления в горячем состоянии наружного грата и отдельным гратоснимателем нового типа для обработки внутреннего грата, которая также выполняется в горячем состоянии. Внутритрубные машины имеют встроенный гратосниматель для удаления внутреннего грата в горячем состоянии. Наружный грат, как и в машинах первого поколения, обрабатывается после сварки в холодном состоянии отдельным механизмом.

Для сварки труб диаметром 114...320 мм с толщиной стенки до 16 мм может быть использована модернизированная машина К 584Б, производство которой освоено на Каховском заводе электрос-

варочного оборудования. Для труб диаметром 377...630 мм с толщиной стенки до 14 мм разработанная новая машина (рис. 6), которая может быть использована как в стационарных, так и полевых условиях.

Типовая конструкция внутритрубной машины приведена на рис. 7, а. Центральная ее часть представляет собой центратор, шарнирно соединенный с двумя вспомогательными блоками, что позволяет выполнять ее перемещение внутри изогнутых труб (рис. 7, в). В машинах применена новая конструкция гратоснимателей, обеспечивающих чистовую обработку грата сварных швов.

В табл. 5 приведены основные технические характеристики нового поколения машин. Для сравнения в ней указаны аналогичные данные для машин первого поколения. Новое поколение оборудования имеет почти в 2 раза меньшую массу, что повышает его мобильность, для энергообеспечения могут быть использованы электростанции меньшей мощности, в 1,5...2,0 раза уменьшено время сварки, что особенно ощутимо при сварке толстостенных труб. В 2003 г. планируется изготовить пилотные образцы некоторых из перечисленных машин.

1. *Punchon C.* Reduced pressure electron beam welding for steel pipelines // The Intern. conf. on advances in welding technology, Huston, Oct., 1999.
2. *Dorling D. V., Loyer A.* Homopolar pulsed welding for pipeline application // Proc. of Intern. conf. on solid-phase Bonding, Cambridge, Sept., 1999.
3. *Huff G.* Radial friction welding for offshore pipelines and risers // Ibid.
4. *Prebschweiben mit magnetisch bewegtem Lichtbogen* // Proc. of DVS 2934, May, 1987.
5. *Кучук-Яценко С. И.* Контактная стыковая сварка оплавлением. — Киев: Наук. думка, 1992.
6. *Пат. US6297752B1 США.* Способ контактной сварки оплавлением / С. И. Кучук-Яценко, А. В. Дидковский, М. В. Богорский и др. — Оpubл. 25.09.2001.
7. *Качество* сварки трубных сталей X70, полученных контактной сваркой оплавлением / В. Ф. Загадарчук, С. И. Кучук-Яценко, Б. И. Казымов и др. // Автомат. сварка. — 1991. — № 4. — С. 27–32.

The paper describes new developments of technology and equipment for flash-butt welding of pipes, allowing enhancement of the technological features of application of this welding process in construction of various pipelines.

Поступила в редакцию 28.02.2003