



ЭЛЕКТРОДЫ СЕРИИ АНВ ДЛЯ СВАРКИ ВЫСОКОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ И СПЛАВОВ

Академик НАН Украины **К. А. ЮЩЕНКО**, **Ю. Н. КАХОВСКИЙ**, канд. техн. наук, **Г. В. ФАДЕЕВА**,
В. И. САМОЙЛЕНКО, инженеры, **А. В. БУЛАТ**, канд. техн. наук (Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины)

Освещены состояние и перспективы разработки и применения покрытых металлических электродов торговой марки АНВ, предназначенных для сварки высоколегированных сталей и сплавов на основе никеля в химическом, энергетическом и транспортном машиностроении, пищевой, химической и металлургической промышленности, криогенном аппаратостроении и энергетике.

Ключевые слова: дуговая сварка, высоколегированные стали, сплавы на никелевой основе, электроды покрытые металлические, торговая марка АНВ

Для изготовления оборудования химических производств, работающего под воздействием агрессивных сред при высоких температурах и давлениях, применяются три основные группы высоколегированных сталей и сплавов:

хромоникелевые коррозионно-стойкие стали типа 12Х18Н10Т, используемые для изготовления аппаратуры емкостного типа, эксплуатируемой в условиях действия окислительных сред, таких как азотная, уксусная, фосфорная и другие кислоты, а также растворов щелочей и солей при температуре до 600 °С. При наличии в аппаратах избыточного давления допустимая температура эксплуатации не должна превышать 350 °С [1, 2];

хромоникелемолибденовые стали 10Х17Н13М2Т (ЭИ-448), 10Х17Н13М3Т (ЭИ-432) и 08Х17Н16М3Т, применяемые для изготовления аппаратуры емкостного типа, работающей под воздействием неокислительных сред — производство карбамида, капролактама и др., при температуре примерно 170...190 °С и избыточном давлении до 18 кПа. Наиболее приемлемой для этих производств является сталь 08Х17Н16М3Т, разработанная Ирским НИИхиммаш [2, 3]. Для конструкций, эксплуатируемых в наиболее жестких условиях, применяют аналогичные стали с ограниченным содержанием углерода — 03Х16Н15М3(ЭП-580), 03Х17Н14М3(ЭП-844) и 03Х21Н21М4ГБ;

хромоникельмолибденонедистые стали и сплавы типа 06Х23Н28М3Д3Т (ЭИ-943), предназначенные для изготовления емкостной аппаратуры, применяемой при производстве, транспортировке и хранении серной кислоты различных концентраций, нитрофоски и экстракционной фосфорной кислоты в условиях температуры эксплуатации до 80 °С, за исключением 55%-й фосфорной и уксусной кислот [3,4].

Для сварки хромоникелевых сталей в СНГ используют электроды более 30 марок, отличающиеся как по химическому составу наплавленного металла, так и по типу покрытия. Общим недостатком большинства из них является сравнительно низкий

уровень сварочно-технологических свойств. Так, электроды основного типа ОЗЛ-8, ЦЛ-11 и ЦТ-15 характеризуются малой стабильностью процесса горения дуги, повышенным разбрызгиванием и крупнокапельным переносом электродного металла с короткими замыканиями дугового промежутка. Они применяются для сварки только на постоянном токе. Большую стабильность горения дуги обеспечивают электроды марки ОЗЛ-36 с покрытием рутил-основного типа. Однако в этом случае формирование вертикальных и потолочных швов значительно хуже, чем у электродов ЦЛ-11, ЦТ-15 и ОЗЛ-8. Более благоприятными сварочно-технологическими свойствами отличаются электроды марки ОЗЛ-14А с покрытием рутилового типа, позволяющие выполнять сварку как на постоянном, так и на переменном токе. Сварку указанными электродами можно выполнять только в нижнем положении с применением сварочных трансформаторов (повышенное напряжение холостого хода $U_{х.х} \approx 80$ В), что, безусловно, ограничивает область их применения.

В ИЭС им. Е. О. Патона на протяжении многих лет ведутся работы, направленные на создание высокотехнологичных электродов, позволяющих выполнять сварку как на постоянном, так и на переменном токе во всех пространственных положениях и обеспечивающих легкое повторное зажигание дуги, хорошее формирование шва (мелкочешуйчатое строение поверхности без выпуклости валика), легкую отделимость шлаковой корки, минимальные потери электродного металла от разбрызгивания, а также более благоприятные санитарно-гигиенические характеристики, чем у электродов основного типа.

Таким требованиям соответствуют электроды АНВ-29 (Э-07Х20Н9) с покрытием рутил-основного типа [5], служащие для сварки изделий из сталей типа 12Х18Н10Т в тех случаях, когда к сварным соединениям не предъявляются требования относительно стойкости против межкристаллитной коррозии (МКК) (табл. 1). Они обеспечивают хорошее формирование швов при сварке во всех пространственных положениях на постоянном и переменном токе, легкое удаление шлака

Таблица 1. Некоторые характеристики покрытых электродов для сварки коррозионно-стойких сталей и сплавов

Марка свариваемой стали	Электроды СНГ	Электроды серии АНВ	Род сварочного тока для электродов АНВ	Механические свойства металла				Стойкость против МКК
				σ_b , МПа	σ_T , МПа	δ_5 , %	KCU , Дж/см ²	
12X18H10T	ОЗЛ-8	АНВ-29	Постоянный, переменный	≥ 500	≥ 280	≥ 30	≥ 100	Не регламентируется
	ЦЛ-11	АНВ-35		≥ 500	≥ 356	≥ 22	≥ 80	Обеспечивается
08X17H13M2T	ЭА 400/10у	АНВ-17	Постоянный	≥ 550	≥ 250	≥ 30	≥ 120	»»
08X17H13M3T	НЖ-13			≥ 600				
03X23H28M3Д3Т	ОЗЛ-17у	АНВ-28	»»	≥ 550	≥ 280	≥ 26	≥ 70	»»
06ХН28МДТ		АНВ-42						
02Х8Н20С6	ОЗЛ-24	—	»»	≥ 588	≥ 461	≥ 20	≥ 60	»»
08X22H6T	ЦЛ-11	АНВ-33МБ	Постоянный, переменный	≥ 588	≥ 440	≥ 26	≥ 100	»»
08X22H6M2T								

и минимальное (до 1 %) разбрызгивание электродного металла.

Кроме того, электроды АНВ-29 обеспечивают мелкокапельный перенос электродного металла при длительности коротких замыканий дугового промежутка не более 8 мс. В случае сварки электродами с основным покрытием этот показатель достигает 20 мс. При уменьшении размеров капель и сокращении времени их перехода в сварочную ванну снижаются потери тепловой мощности на перегрев электродного металла, увеличивается скорость плавления электрода. Коэффициент наплавления при этом достигает 13... 14 г/(А·ч).

Для сварки изделий, к которым предъявляются требования стойкости против МКК, разработаны электроды АНВ-35 (тип Э-08Х20Н9Г2Б) с покрытием рутил-основного типа и дополнительным легированием металла шва ниобием [5], которые по сварочно-технологическим свойствам аналогичны электродам АНВ-29. Электроды АНВ-29 и АНВ-35 по химическому составу наплавленного металла, механическим характеристикам металла шва и сварного соединения, а также по общей коррозионной стойкости и стойкости против МКК соответствуют требованиям ГОСТ 10052-75, ГСТУ 3-17-191-2000, ГСТУ 3-020-2001 и другой нормативной документации.

Среди хромоникелевых следует выделить стали типа 03Х18Н11 с пониженным содержанием углерода, отличающиеся наиболее высокой коррозионной стойкостью. Для сварки таких сталей применяют электроды АНВ-13 [6] и ОЗЛ-22 с покрытиями рутил-основного и основного типов. Указанными электродами можно выполнять сварку только на постоянном токе во всех пространственных положениях, исключая потолочное.

Для изготовления оборудования из сталей 10Х17Н13М2Т, 10Х17Н13М3Т и 08Х17Н16М3Т широко применяют электроды ЭА-400/10у (Э-10Х18Н11Г2Ф) и НЖ-13 (Э-09Х19Г10Г2М2Б) с основным типом покрытия, которые характеризуются теми же недостатками, что и электроды ЦЛ-11, ЦТ-15 и ОЗЛ-8 — низкой стабильностью горения дуги, повышенным разбрызгиванием и крупнокапельным переносом электродного металла с короткими замыканиями дугового промежутка.

Сварку этими электродами можно выполнять только на постоянном токе. Использование для сварки указанных хромоникельмолибденовых сталей электродов типа НЖ-13 позволяет получить большую стойкость металла швов против МКК путем стабилизации его ниобием. При этом высокая технологическая прочность металла швов обеспечивается благодаря наличию в них от 2 до 10 % ферритной фазы, что, однако, в ряде случаев (производство карбамида и капролактама) может отрицательно сказываться на общей коррозионной стойкости из-за структурно-избирательной коррозии по ферритной составляющей.

С целью исключения упомянутых недостатков в ИЭС им. Е. О. Патона для механизированной электродуговой сварки разработана принципиально новая система легирования металла шва и на ее основе предложена проволока марки Св-01Х19Н18Г10АМ4 (ЭП-690), дополнительно легированная азотом и марганцем. Низкое содержание углерода (до 0,03 %), оптимальное соотношение хрома, никеля и молибдена обеспечивают достаточную общую коррозионную стойкость и стойкость против МКК в неокислительных средах, а дополнительное легирование марганцем и азотом — высокую технологическую прочность металла швов.

Кроме того, для механизированной дуговой сварки хромоникельмолибденовых сталей проволокой ЭП-690 был разработан высокоокислительный флюс АН-18, использование которого позволило дополнительно снизить содержание углерода и кремния в наплавленном металле.

Успешные технологические решения легли в основу создания принципиально новых электродов марки АНВ-17 (Э-02Х19Н18Г5АМ3) (табл. 1) с покрытием рутил-основного типа, содержащим до 10 % оксида хрома, что способствует обеспечению в наплавленном металле низкого содержания углерода и кремния. Понижение содержания углерода положительно сказалось на общей коррозионной стойкости сварного соединения и стойкости против МКК, а кремния — повысило технологическую прочность металла швов, особенно при сварке конструкций толщиной более 20... 22 мм.

В настоящее время электроды АНВ-17 широко применяются в химическом машиностроении на предприятиях Украины и СНГ. Следует отметить,



что наряду с электродами АНВ-17 для сварки хромоникельмолибденовых сталей с пониженным содержанием углерода применяют электроды ОЗЛ-20 и ОЗЛ-26А с покрытиями основного типа, с помощью которых можно выполнять сварку только на постоянном токе, что ограничивает возможность их использования для ремонтных работ.

В ИЭС им. Е. О. Патона ведутся научно-исследовательские работы по усовершенствованию электродов АНВ-17. Получены положительные результаты при сварке новыми электродами с покрытием рутил-основного типа на переменном токе во всех пространственных положениях. Производство электродов осваивается ОЗСМ ИЭС им. Е. О. Патона.

Для сварки хромоникельмолибденовых сталей и сплавов типа 06ХН28МДТ (ЭИ-943) до настоящего времени применяют электроды марки ОЗЛ-17у и ОЗЛ-37 на базе проволоки Св-01Х23Н28МЗДЗТ (ЭП-516) с покрытием системы $\text{CaF}_2\text{-TiO}_2\text{-CaCO}_3$. Следует отметить, что при сварке сплава ЭИ-943 электродами ОЗЛ-17у обеспечивается общая коррозионная стойкость металла шва и стойкость против МКК, однако при сварке толстолистовых конструкций не удается достичь требуемой технологической прочности — швы подвергаются образованию трещин при повторном нагреве.

Для решения этой проблемы в ИЭС им. Е. О. Патона были разработаны покрытые электроды и способ сварки [7, 8], предусматривающие выполнение несущих слоев сварного соединения (70... 80 % сечения) аустенитно-ферритным металлом электродов АНВ-17, а облицовочных (со стороны воздействия агрессивной среды) — электродами АНВ-28 [9] или АНВ-42. Эти электроды имеют покрытие основного типа и предназначены для сварки на постоянном токе во всех пространственных положениях.

Работы по созданию более совершенных электродов для сварочных и ремонтных работ натуральных изделий из сплава ЭИ-943 в настоящее время продолжаются.

Помимо указанных материалов, в химической промышленности используются хромоникелькремнистые и экономнолегированные никелем двухфазные аустенитно-ферритные стали.

Хромоникелькремнистые стали (типа 02Х8Н20С6) используют в металлоконструкциях, предназначенных для производства и хранения концентрированной ($\approx 98\%$) азотной кислоты при температуре до 100°C [10]. Сварные соединения указанных сталей проявляют склонность к МКК в зоне термического влияния и ножевой коррозии в зоне сплавления. Для устранения указанных разрушений сварные соединения подвергают термообработке — аустенизации от 1050°C и закалке в воду. Осуществить такую термообработку в заводских условиях зачастую невозможно, особенно при изготовлении крупногабаритного технологического оборудования.

В ИЭС им. Е. О. Патона выполнен комплекс работ, позволивших решить указанные проблемы путем усовершенствования стали 02Х8Н20С6 (дополнительным ее легированием ниобием), а также

разработки присадочной проволоки ЭК-76 для ручной дуговой сварки неплавящимся электродом [11].

Следует отметить, что для ручной дуговой сварки хромоникелькремнистых сталей применяют также электроды ОЗЛ-24 с покрытием основного типа, позволяющие выполнять сварку только на постоянном токе при обратной полярности.

Экономнолегированные никелем двухфазные аустенитно-ферритные стали 08Х22Н6Т, 08Х21Н6М2Т используют в конструкциях аппаратов производств слабой азотной кислоты, целлюлозно-бумажной промышленности и тяжелонагруженных сепараторов. Эти стали имеют ряд преимуществ перед аустенитными — более высокую прочность, повышенную стойкость против МКК и коррозии под напряжением [12]. Особенности сварки и свойства сварных соединений указанных сталей изучены в ИЭС им. Е. О. Патона. Установлено [1], что для предотвращения МКК и структурно-избирательной коррозии, а также обеспечения общей коррозионной стойкости ферритно-аустенитные швы с 20... 22 % хрома должны содержать 40... 60 % ферритной фазы. При 0,07 % углерода, наличии ниобия и титана содержание никеля должно составлять 6... 7 %. Соблюдение указанных условий обеспечивает необходимые механические свойства сварных соединений и стойкость сварных швов против образования горячих трещин.

Для сварки указанных сталей разработаны электроды АНВ-33МБ с покрытием рутил-основного типа, с помощью которых можно осуществлять сварку как на постоянном, так и на переменном токе во всех пространственных положениях. В этом случае применяют также электроды ЦЛ-11 с покрытием основного вида, позволяющие выполнять сварку только на постоянном токе при обратной полярности.

Высокомарганцовистые стали находят широкое применение в горнодобывающей, металлургической, транспортной, строительной и других отраслях промышленности благодаря уникальным физико-механическим свойствам, в том числе при низких температурах [13]. В металлоконструкциях их используют, как правило, в сочетании с другими сталями, например низко- и среднеуглеродистыми и низколегированными.

Для сварки высокомарганцовистых сталей типа 10Х14Г14Н4Т (ЭИ-711), 45Г17Ю3 и 110Г13Л, а также разнородных сталей (низколегированных) с хромоникелевыми сталями аустенитного класса применяют электроды марки НИИ-48Г. Взамен этих электродов в ИЭС им. Е. О. Патона разработаны электроды АНВ-27, широко применявшиеся в угольном машиностроении бывшего СССР [14]. В последние годы созданы новые электроды марки АНВ-66 (Э-10Х20Н9Г6), отличающиеся лучшими сварочно-технологическими свойствами — легким повторным зажиганием, устойчивым горением дуги, низкими потерями металла от разрызгивания. Они обеспечивают хорошее формирование металла шва при коэффициенте наплавки 14... 16 г/(А·ч) (табл. 2) и пригодны для сварки как на постоянном, так и на переменном токе во

Таблица 2. Некоторые характеристики покрытых электродов для сварки сталей и сплавов высокомарганцевистых, жаростойких и криогенного назначения

Марка свариваемой стали	Электроды СНГ	Электроды АНВ, Украина	Род сварочного тока для электродов АНВ	Механические свойства металла				Стойкость против МКК
				σ_b , МПа	σ_r , МПа	δ_5 , %	$KCU, \text{Дж/см}^2$	
45Г17Ю3, 10Х14Г14Н4Т, 110Г13 и разнородные соединения	НИИ-48Г	АНВ-66	Постоянный, переменный	≥ 590	≥ 280	≥ 20	≥ 120	Не регламентируется
03Х20Н16АГ6 ОН6 и ОН9	ОЗЛ-23Б	АНВ-45	Постоянный, переменный	≥ 600	≥ 400	≥ 20	≥ 40	При $T = 20^\circ\text{C}$ При $T = -196^\circ\text{C}$
20Х23Н13	ОЗЛ-6	АНВ-70	То же	≥ 590	≥ 340	≥ 25	≥ 120	Жаростойкость до 1000°C
ХН78Т	ЦТ-28	АНВ-68	Постоянный	≥ 600	≥ 280	≥ 20	≥ 100	То же

всех пространственных положениях (напряжение холостого хода сварочного трансформатора составляет не менее 70 В). Электроды АНВ-66 внедрены на ООО «Макрохим» в Мариуполе и на предприятиях ОАО «Лензолото» в Якутии.

Для хранения и транспортировки сжиженных газов (природного газа, азота и кислорода) при температурах до -196°C применяются изотермические резервуары из ферритных сталей ОН6 и ОН9, которые успешно конкурируют с более дорогостоящими аустенитными [15]. Для сварки металлоконструкций таких резервуаров используют главным образом высоконикелевые присадочные материалы, в частности электроды ОЗЛ-25Б (Э-10Х20Н70Г2М2Б2В) с покрытием основного типа. Сварку этими электродами выполняют на постоянном токе во всех пространственных положениях. Однако в ряде случаев они не обеспечивают достаточной стойкости против пористости, возникают проблемы, связанные с магнитным дутьем.

В ИЭС им. Е. О. Патона разработаны более экономичные электроды марки АНВ-45 (Э-08Х19Н18Г8АМЗ) с покрытием основного типа, позволяющие выполнять сварку во всех пространственных положениях как на постоянном, так и на переменном токе, обеспечивающие высокую стойкость против образования пор и исключают магнитное дутье в процессе сварки (табл. 2). Электроды АНВ-45 рекомендуется использовать также при изготовлении криогенной аппаратуры из аустенитной стали 03Х20Н16АГ6 [16].

Для сварки жаростойких сталей типа 20Х23Н13 (ЭИ-319) и 20Х23Н18 (ЭИ-417), работающих под воздействием окислительных сред при температурах до 1000°C , и разнородных сталей (низколегированных) со сталями аустенитного класса, а также хромистых сталей типа 15Х25Т (ЭИ-439), в ИЭС им. Е. О. Патона взамен электродов ОЗЛ-6 разработаны электроды АНВ-70 (Э-10Х25Н13Г2) на базе проволоки 07Х25Н13 с покрытием рутил-основного типа (табл. 2). Они позволяют выполнять сварку как на постоянном, так и на переменном токе во всех пространственных положениях, обеспечивают легкое повторное зажигание дуги, хорошее формирование шва, легкую отделимость шлаковой корки, характеризуются минимальными потерями электродного металла от разбрызгивания.

Для изготовления элементов узлов камер сгорания газовых турбин, работающих при температурах вплоть до 1100°C , применяют сплавы типа ХН78Т (ЭИ-435), а для узлов, эксплуатируемых при температурах до $750...800^\circ\text{C}$, — ХН70ВМЮТ (ЭИ-765) [17]. Сварку этих сплавов выполняют электродами ЦТ-28 (Э-08Х14Н65М15В4Г2) с покрытием основного типа на постоянном токе во всех пространственных положениях.

Взамен электродов ЦТ-28 разработаны электроды марки АНВ-68 (Э-08Х14Н65М15В4Г2) с покрытием основного типа (табл. 2), позволяющие выполнять сварку на постоянном токе во всех пространственных положениях и обеспечивающие лучшую отделимость шлаковой корки, а также меньшие потери электродного металла от разбрызгивания.

Производство электродов АНВ-68 и АНВ-70 осуществляется на ОЗСМ ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины.

1. Каховский Н. И. Сварка высоколегированных сталей. — Киев: Техника, 1975. — 375 с.
2. Коррозионная и химическая стойкость материалов: Справочник / Под ред. Н. А. Долежала. — М.: Машгиз, 1954. — 570 с.
3. Туфанов Д. Г. Коррозионная стойкость нержавеющей сталей и чистых металлов: Справочник. 4-е изд. — М.: Металлургия, 1982. — 352 с.
4. Каховский Н. И., Фартушный В. Г., Демьяненко Г. П. Автоматическая сварка под флюсом сталей 0Х23Н28М3Д3Т // Автомат. сварка. — 1968. — № 8. — С. 47–51.
5. Ющенко К. А., Захаров Л. С., Дятлова Г. В. Универсальные электроды для высоколегированных хромоникелевых сталей типа 18-10 // Всесоюз. конф. по сварочным материалам (Череповец-Киев, 1983 г.). — Киев, 1983. — С. 79–80.
6. Каховский Н. И., Липодаев В. Н. Электроды для сварки хромоникелевых нержавеющей сталей типа 18-10 с низким содержанием углерода // Автомат. сварка. — 1965. — № 12. — С. 55–58.
7. А. с. 712210 СССР, МПК В 23 К 9/00. Способ дуговой сварки / Н. И. Каховский, В. Н. Липодаев. — Опубл. 05.03.80; Бюл. № 4.
8. А. с. 791479 СССР, МПК В 23 К 9/00. Способ дуговой сварки / Н. И. Каховский, В. Н. Липодаев. — Опубл. 07.10.80; Бюл. № 48.
9. Каховский Н. И., Липодаев В. Н., Уколова Е. С. Электроды для сварки стабильноаустенитных сплавов ЭИ-943 и ЭП-516 // Автомат. сварка. — 1977. — № 7. — С. 68–69.
10. Коррозионная стойкость сварных соединений стали 02Х8Н22С6 в 98%-й азотной кислоте / Н. А. Агутина, Л. Х. Сыгучева, В. Н. Липодаев и др. // Новые коррозионно-стойкие стали и сплавы и защита от коррозии. — М.: НИИхиммаш, 1986. — С. 9–12.
11. Влияние никеля на структуру и свойства высококремнистых аустенитных швов / В. Н. Липодаев, К. А. Ющенко,



- В. Ю. Скульский и др. // Автомат. сварка. — 1985. — № 9. — С. 9–12.
12. Улянин Е. А. Коррозионностойкие стали и сплавы // Новые достижения в области теории и практики противокоррозионной защиты металлов: Сб. докл. семинара (Звенигород, 1980 г.). — М., 1981. — С. 77–92.
13. Богачев И. Н., Егояев В. Ф. Структура и свойства железомарганцевых сплавов. — М.: Металлургия, 1973. — 296 с.
14. Новые экономнолегированные материалы для сварки сталей 110Г13Л и 30Г / В. Н. Липодаев, Н. И. Каховский, Л. С. Захаров и др. // Автомат. сварка. — 1977. — № 9. — С. 71–73.
15. Механизированная сварка хладостойких сталей с 6 и 9 % никеля / К. К. Ющенко, Т. М. Старушенко, В. А. Пестов, Г. Г. Менько // Криогенные материалы и их сплавы: Докл. междунар. конф. — Киев: Наук. думка, 1986. — С. 196–199.
16. Захаров Л. С., Пестов В. А., Самойленко В. И. Электроды для сварки хладостойких сталей ОН9 и ОН6 на переменном токе // Сб. докл. X Всесоюз. конф. по сварочным материалам (Краснодар, 1990 г.). — Краснодар, 1990. — Ч. II. — С. 15–18.
17. Землин В. Н. Жаропрочность сварных соединений. — Л.: Машиностроение, 1972. — 272 с.

The paper describes the status and prospects for development and application of coated metal electrodes of AHB trademark, designed for welding high-alloyed steels and alloys on nickel base in chemical, power and transportation engineering, food, chemical and metallurgical industry, cryogenic and power engineering.

Поступила в редакцию 18.03.2003,
в окончательном варианте 30.05.2003

Вторая международная конференция
**«Математическое моделирование
и информационные технологии
в сварке и родственных процессах»**

Поселок Качивели, Крым, 13–17 сентября 2004 г.

Организаторы
Национальная академия наук Украины
Министерство образования и науки Украины
Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины
Международная ассоциация «Сварка»

Тематика конференции

Математическое моделирование:

- физических явлений, определяющих эффективность и распределение тепловложений при сварочном нагреве;
- процесса переноса металла при сварке;
- образования и гидродинамики сварочной ванны при сварке плавлением сплошных и пористых материалов;
- кристаллизации сварочной ванны, химического состава зоны проплавления и образования химической неоднородности;
- кинетики микроструктурных изменений при одно- и многопроходной сварке;
- зависимости химический состав — микроструктура — механические свойства;
- кинетики деформационных процессов в температурных интервалах образования горячих трещин и условий их предупреждения;
- термодформационных процессов при сварке давлением с учетом больших деформаций;
- транспорта водорода в сварных соединениях;
- оценки риска образования холодных (водородных) трещин;

- остаточных напряжений и деформаций при многопроходной сварке с учетом изменений микроструктуры металла;
- деградации свойств материала сварных соединений под воздействием высоких температур, химически агрессивных сред и ядерного облучения;
- процесса идентификации дефектов в сварных соединениях при неразрушающих методах испытаний.

Информационные технологии в сварке, наплавке и нанесении покрытий:

- создание баз данных по характеристикам конструкционных и сварочных материалов для математического моделирования физических процессов при сварке и родственных технологиях;
- расчетно-информационные системы для получения рациональных технологических решений по конкретным проблемам сварки и родственных процессов;
- Internet и информационные услуги в области сварки и родственных технологий.

Для участия в конференции необходимо заполнить регистрационную карточку и направить её в Оргкомитет не позднее 1 декабря 2003 г.
К началу конференции будут изданы тезисы докладов, которые докладчикам не позднее 15 апреля 2004 г. необходимо направить в оргкомитет.
Объем тезисов 1/2 стр. текста формата А4.

Оргкомитет:
ИЭС им. Е. О. Патона НАНУ, отд. 34
ул. Боженко 11, Киев-150, 03680, Украина
тел.: (38044) 261-56-80, 269-26-23, факс: 227-65-57
e-mail: d34@pwi.relc.com, journal@paton.kiev.ua
<http://www.nas.gov.ua/pwj>