

Рис. 5. Распределение продольных  $\sigma_x$  остаточных напряжений в образцах стыковых сварных соединениях сплава АМг6 без обработки (1) и после ЭДО (2);  $b$  — ширина шва

Распределение продольных остаточных напряжений после сварки в обработанных и необработанных образцах из сплава АМг6 представлено на рис. 5, из которого видно, что ЭДО сварного соединения способствует снижению продольных ОН  $\sigma_x$  на 45...50%. При этом после ЭДО имело место снижение поперечных ОН  $\sigma_y$  на 60...65% в ОШЗ.

The effect of electrodynamic treatment (EDT) on the stress-strain state of flat specimens of alloy AMg6 at different diagrams of preliminary loading was investigated. The measurement procedure based on the ultrasonic NDT method was developed, and residual stresses in butt welded joints were measured. As established, EDT allows residual stresses in the welded joints on alloy AMg6 to be decreased by 50...65%.

Таким образом, данные, приведенные в настоящей работе, свидетельствуют об эффективности применения ЭДО для регулирования напряженного состояния алюминиевых сплавов АМг6 и их сварных соединений.

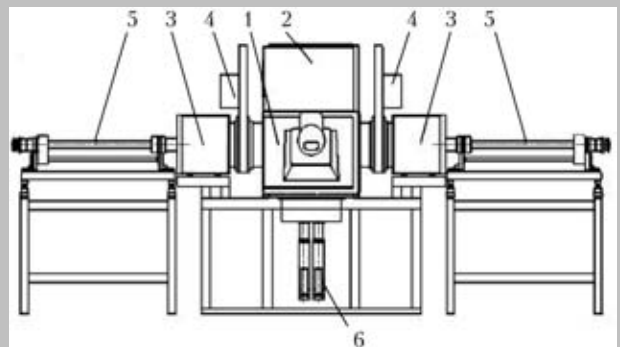
1. *Исследование влияния импульсной обработки на повышение ресурса металлических конструкций* / Л. М. Лобанов, Н. А. Пашин, В. П. Логинов и др. // Автомат. сварка. — 2005. — № 11. — С. 28–32.
2. *Теория электрических аппаратов* / Г. Н. Александров, В. В. Борисов, В. Л. Иванов и др. — М.: Высш. шк., 1985. — 312 с.
3. *Акустическая эмиссия при электроимпульсной деформации титановых сплавов* / Н. А. Семашко, Р. Ф. Крупский, А. В. Купов и др. // *Материаловедение*. — 2004. — № 7 (Спецвыпуск). — С. 29–33.
4. *Влияние электродинамической обработки на напряженно-деформированное состояние теплоустойчивых сталей* / Л. М. Лобанов, Н. А. Пашин, В. М. Скульский // Автомат. сварка. — 2006. — № 5. — С. 11–15.
5. *Регулирование термодинамических циклов при сварке листовых конструкций с применением теплопогложителей* / Л. М. Лобанов, В. И. Павловский, В. П. Логинов и др. // Автомат. сварка. — 1990. — № 9. — С. 39–49.
6. *Основы ультразвукового неразрушающего метода определения напряжений в твердых телах* / А. Н. Гузь, Ф. Г. Махорт, О. Н. Гуца и др. — Киев: Наук. думка, 1974. — 108 с.

Поступила в редакцию 06.05.2006

## ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВАЯ УСТАНОВКА УЭ-207П

Промышленная установка УЭ-207П предназначена для нанесения всех вариантов защитных покрытий (жаро-, коррозионно- и эрозионностойких, термобарьерных, демпфирующих и др.) путем электронно-лучевого испарения и последующего осаждения паровой фазы на изделия заданной конфигурации, например, лопатки газотурбинных двигателей, а также осаждения функционально-градиентных покрытий.

Установка УЭ-207П в зависимости от конкретных требований может быть укомплектована традиционными испарителями (водоохлаждаемыми тиглями с вертикальными штоками для перемещения испаряемых слитков) и/или многопозиционными испарителями карусельного типа для испарения композиционных слитков при осаждении градиентных покрытий. На рисунке показана блок-схема установки, состоящей из рабочей камеры 1, камеры пушек 2, загрузочных камер 3, вакуумных затворов 4, горизонтального вала и механизма его перемещения и вращения 5 и механизмов подачи испаряемых материалов (слитков) 6.



**Контакты:** Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, 03680, г. Киев-150, ул. Боженко, 11, отд. № 13.

Международный центр электронно-лучевых технологий.

Тел.: (38044) 287 60 41; тел./факс: (38044) 287 31 66.

E-mail: movchan@paton-icebt.kiev.ua; <http://www.paton-icebt.kiev.ua>

щностойкости — локального показателя состояния деградированного в эксплуатационных условиях металла. Показана перспектива фрактографической оценки состояния деградированного металла по площади локальных сколов в зоне действия объемных напряжений, вызванных внутренним водородом.

1. *Забара Ю.* Вихід завжди є // Обрій ПБ. — 2002. — 82, № 24.
2. *Карзов Г. П., Леонов В. П., Тимофеев Б. Т.* Сварные сосуды высокого давления. — Л.: Машиностроение, 1982. — 287 с.
3. *Бугай Н. В., Мухонад Г. В., Красовский А. Я.* Повышение надежности котлов электростанций. — Киев: Техніка, 1986. — 176 с.
4. *Вайнман А. Б., Мелехов Р. К., Смян О. Д.* Водородное охрупчивание элементов котлов высокого давления. — Киев: Наук. думка, 1990. — 272 с.
5. *Колачев Б. А.* Водородная хрупкость металлов. — М.: Металлургия, 1985. — 217 с.
6. *Походня И. К.* Проблемы сварки высокопрочных низколегированных сталей // Сучасне матеріалознавство ХХІ століття. — Киев: Наук. думка, 1998. — С. 31–69.
7. *Влияние длительного термомеханического воздействия на трещиностойкость стали 12Х1МФ / О. Н. Романив, А. Н. Ткач, И. Р. Дзьоба и др. // Физ.-хим. механика материалов. — 1989. — № 2. — С. 87–92.*
8. *Студент О. З., Лонюк Б. П.* Ріст утомних тріщин у сталі 15Х2МФА, витриманій у високотемпературному водні // Физ.-хим. механика матеріалів. — 1997. — 33, № 4. — С. 121–126.
9. *Деградація зварних з'єднань парогонів теплоелектростанцій у наводнювальному середовищі / Г. М. Никифорчин, О. З. Студент, І. Р. Дзьоба та ін. // Там же. — 2004. — 40, № 6. — С. 105–110.*

Loss of service properties of degraded metal was evaluated from different zones of the operating ( $\sim 2 \cdot 10^5$  h) and model (repair) welded joints of HPS live steam lines. It is established that the current condition of the base metal in operation can be evaluated only by local (short-term crack resistance), and that of the weld metal also by integral (strength, ductility, hardness) mechanical indices. It is shown that the mechanical properties of the weld metal deteriorate more intensively in operation, compared to the base metal. It is recommended to allow for the revealed features of degradation of the welded joint metal at evaluation of the current condition of the weld metal and determination of the residual life of welded structures.

Поступила в редакцию 26.01.2007

## ЭЛЕКТРОШЛАКОВЫЙ ПЕРЕПЛАВ СТАБИЛЬНО АУСТЕНИТНЫХ СТАЛЕЙ ДЛЯ ЭЛЕМЕНТОВ КРИОГЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

*В ИЭС им. Е. О. Патона совместно с Челябинметзаводом (ЧМЗ) была разработана технология ЭШП сверхнизкоуглеродистой стали 03Х20Н16АГ6 в кристаллизатор диаметром 425 мм. Для ЭШП использовали квадратные электроды сечением 220×255 мм и специальные флюсы. По данной технологии на ЧМЗ было выполнено около 100 плавок.*

*Разработанная технология ЭШП стали 03Х20Н16АГ6 с участием ИЭС освоена на НКМЗ и заводе «Днепрспецсталь». На НКМЗ использовали кристаллизаторы диаметром 800...850, 880...950, 1100...1150, 1200...1240 мм в печах ЭШП-10Г и ЭШП-150. При этом масса слитков ЭШП была в пределах 4,5...5,0 т. На заводе «Днепрспецсталь» с участием ИЭС разработаны и освоены технологии выплавки стали 03Х20Н16АГ6 в 60-тонном агрегате и ЭШП листовых слитков массой 12,5 т по бифилярной схеме.*

*Прокатка стали 03Х20Н16АГ6 на листы и плиты толщиной до 190 мм освоена на ОАО «Азовсталь», ковка на заготовки широкого сортамента — на НКМЗ.*

*Сталь 03Х20Н16АГ6 электрошлакового переплава характеризуется исключительно высокой пластичностью и ударной вязкостью при сверхнизких (вплоть до 4,2 К) температурах. Эта сталь предназначена для всех видов сварных конструкций, работающих в условиях криогенных и повышенных температур ( $\approx 900$  К), при радиационном облучении и импульсных нагрузках, в частности, несущие детали ротора криогенератора КТГ-2-4.*

*Технологии ЭШП и передела на листы, трубы и поковки сверхнизкоуглеродистой стабильно аустенитной стали 03Х20Н16АГ6 разработаны и освоены промышленностью Украины.*

**Контакты:** Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины,  
03680, Киев-150, ул. Боженко, 11, отд. № 19.  
Академик НАНУ К. А. Ющенко, канд. техн. наук Л. В. Чекоило.



кромки одна из видеокамер не сможет «увидеть» корень разделки, что не позволит определить координаты такого стыка. Но вместе с тем разработка стереоскопических средств технического зрения представляет собой перспективное направление в области автоматизации сварочных процессов, поскольку стереоскопические системы позволяют получать наибольший объем информации об объекте за один такт измерения.

1. Мошкин В. И., Петров А. А., Титов В. С., Якушенко Ю. Г. Техническое зрение роботов / Под общ. ред. Ю. Г. Якушенко. — М.: Машиностроение, 1990. — 272 с.
2. Киселевский Ф. Н., Коляда В. А. Калибровка триангуляционных оптических сенсоров. // Автомат. сварка. — 2005. — № 5. — С. 57–58.
3. Оптический сенсор для слежения за стыком при размерах зазора, близких к нулю / Ф. Н. Киселевский, Г. А. Бутаков, В. В. Долиненко, Е. В. Шаповалов // Там же. — 2003. — № 2. — С. 51–52.

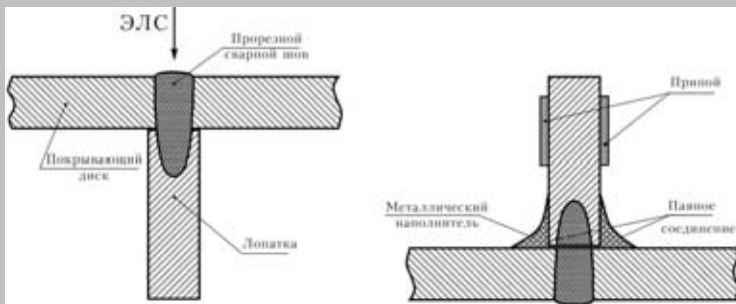
Stereoscopic technical vision system was developed to measure spatial coordinates of welded joints. The system can be applied for automatic guidance of the welding tool to a joint in welding using robotic systems.

Поступила в редакцию 07.12.2006

## КОМБИНИРОВАННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СВАРНОПАЯНЫХ РАБОЧИХ КОЛЕС ЦЕНТРОБЕЖНЫХ КОМПРЕССОРОВ



Центробежные компрессоры находят широкое применение в энергетике, химической, нефтяной, металлургической и других отраслях промышленности. Основным элементом проточной части центробежного компрессора являются рабочие колеса. Надежность и долговечность центробежного компрессора во многом зависит от сопротивления знакопеременным нагрузкам и уровня усталостной прочности материала и соединений рабочего колеса. Такое колесо состоит из двух дисков — основного, обычно с цельнофрезерованными лопатками, и покрывающего.



Разработана технология изготовления рабочих колес из высокопрочной нержавеющей и среднелегированной стали. Крепление покрывающего диска к лопаткам осуществляется наложением прорезных швов электронно-лучевой сваркой.

Непроваренные участки лопаток соединяются с покрывающим диском посредством вакуумной пайки.

При этом перед пайкой формируются галтели из металлического порошка, который затем пропитывается припоем.

По разработанной технологии изготавливаются рабочие колеса наружным диаметром от 360 до 850 мм из сталей 07X16H6 или 13XГМРБ. После балансировки колеса подвергаются разгонным испытаниям при скорости вращения на 10...15 % выше скорости вращения ротора компрессора.

Непроваренные участки лопаток соединяются с покрывающим диском посредством вакуумной пайки. При этом перед пайкой формируются галтели из металлического порошка, который затем пропитывается припоем.

**Контакты:** Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, 03680, Украина, Киев-150, ул. Боженко, 11, отд. № 7.

Тел.: (38044) 287 44 06

Факс: (38044) 287 12 83; 287 46 30