

27. Lippold Yohn C., Kotecki Damian I. Welding metallurgi and weldability of stainless steels. — Willey interscience, 2005. — 302 p.
28. Савченко В. С., Маркашова Л. И., Ющенко К. А. Влияние состава и тонкой структуры швов на процессы термомеханической деформации и образования подваликовых трещин при сварке аустенитных сталей // Автомат. сварка. — 1994. — № 4. — С. 6–10.
29. Savchenko V. S., Yushchenko K. A. Mechanism of formation and methods of elimination of under-bead microcracks in multilayer welds with stable-austenitic structure // Proc. from Materials solutions'97 on joining and repair of gas turbine components, Indianapolis, Indiana, 15–17 Sept., 1997. — P. 17–22.
30. Характер образования горячих трещин при сварке литых жаропрочных никелевых сплавов / К. А. Ющенко, В. С. Савченко, Н. О. Червяков, А. В. Звягинцева // Автомат. сварка. — 2004. — № 8. — С. 35–40.
31. Гессингер Г. Х. Порошковая металлургия жаропрочных сплавов. — Челябинск: Металлургия, 1988. — 318 с.

It has been established that transverse cracks in the weld metal are the main defects of the EB welded joints in single crystals of heat-resistant nickel alloys. Sensitivity to formation of such cracks in EBW of single-crystal nickel superalloy JS-26 depends, primarily, upon the welding speed, preheating and structural state of the initial metal. The probable cause of cracking of the weld metal is its structural heterogeneity, which results from peculiarities of the thermal-deformation cycle of welding, as well as from the initial structural state of metal. The range of the welding speeds, where the cracks are not formed, has been determined. Increase in the welding speed leads to a growth of quantity of the cracks, and preheating shifts the critical welding speed towards higher values.

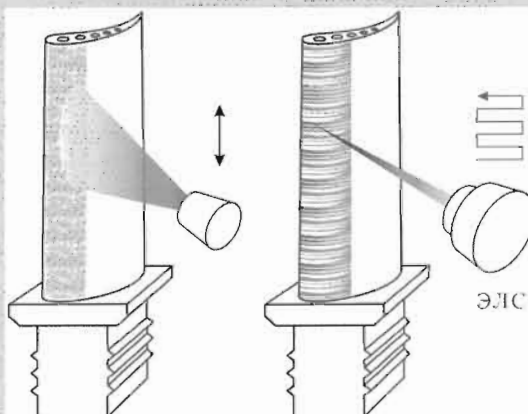
Поступила в редакцию 25.07.2007

## КОМБИНИРОВАННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЛОПАТОК ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

В ИЭС им. Е. О. Патона разработана высокоэффективная технология восстановления лопаток газотурбинных двигателей. Она может быть использована в условиях производства лопаток для устранения дефектов литейного происхождения или повышения износостойкости участков лопатки, наиболее подверженных износу в условиях эксплуатации с целью придания ей широкого спектра уникальных свойств таких, как жаро-, коррозионно-, износостойкость и др. Кроме того, позволяет осуществлять восстановление изношенных лопаток после определенного срока их эксплуатации.

Применение этой технологии обеспечивает сохранение на высоком уровне первоначальных размеров лопаток, несмотря на наличие в них внутренних каналов и переменный профиль сечения.

Такой эффект достигается благодаря применению двух процессов, отличающихся высокими показателями удельной плотности энергии: микроплазменному нанесению на поверхность лопатки присадочного материала в виде металлического порошка с дисперсностью частиц 50...150 мкм; ЭЛС в вакууме, предназначенного для оплавления нанесенного первым способом слоя присадки. Используя систему программного управления тепловложением в пределах заданной площади обработки, можно получить гарантированное оплавление нанесенного слоя присадки и проплавление основного материала лопатки на заданную глубину.



**Контакты:** 03680, Украина, Киев-150, ул. Боженко, 11,  
Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, отд. № 7  
Тел.: (38044) 287 44 06  
Факс: (38044) 287 12 83; 287 46 30

Процесс сваркопайки протекает в температурном интервале, определенном температурой плавления применяемых активирующих веществ. При сваркопайке продольных швов труб наилучшие результаты достигаются при тепловложении, обеспечивающем температуру этого процесса на 150...200 °С выше, чем температура плавления припоя, и степени пластической деформации кромок (40±10) %.

Исследования показали, что, как правило, при осадке не менее 30 % площади металла сформированного шва представляют собой образовавшиеся общие для обеих кромок зерна ОМ. При остывании и формировании шва также встречаются тонкие (менее 10 мкм) фрагменты невыдавленной закристаллизовавшейся прослойки, являющейся сплавом применяемого припоя, обогащенного ОМ кромок.

Проведенные испытания образцов на прочность при статическом растяжении показали, что она равна ОМ. Значения угла изгиба образцов свидетельствуют о высокой пластичности соединения. Способом сваркопайки можно получать соединения, имеющие высокие стабильные показатели ударной вязкости.

Из изложенного выше следует, что способ сваркопайки может быть положен в основу промышленной технологии производства металлических изделий не только из материалов, обычно соединяемых способом ВЧС, но и из новых ма-

териалов и марок сталей, особенно тех, которые претерпевают негативные изменения при превышении некоторых критических температур нагрева, а известные способы сварки или пайки не могут обеспечить необходимые условия для качественного формирования швов.

1. Шамов А. Н., Бодажков В. А. Проектирование и эксплуатация высокочастотных установок. — Л.: Машиностроение, 1974. — 280 с.
2. Установки индукционного нагрева / А. Е. Слухоцкий, В. С. Немков, Н. А. Павлов, А. В. Бамунер. — Л.: Энергоиздат, 1981. — 328 с.
3. Шамов А. Н., Лукин И. В., Иванов В. Н. Высокочастотная сварка металлов. — Л.: Политехника, 1991. — 240 с.
4. Pismenny A. S. High-frequency welding of metals. — Amsterdam: Harwood Acad. Publ., 1997. — 150 p. — (Welding and Surfacing Rev.; Vol. 7, pt 1).
5. Грабин В. Ф. Металловедение сварки плавлением. — Киев: Наук. думка, 1982. — 416 с.
6. Шлыков А. А. Справочник термиста. — М.: Машиз, 1956. — 332 с.
7. Лебедев В. К., Табелев В. Д., Письменный А. С. Стыковая пайка под давлением стальных трубопроводов // Автомат. сварка. — 1983. — № 9. — С. 25–27.
8. Физическое моделирование осадки при сварке или пайке-сварке труб встык / В. К. Лебедев, А. С. Письменный, О. Г. Касаткин, М. Е. Шинлов // Там же. — 1993. — № 8. — С. 17–20.
9. Лебедев В. К., Табелев В. Д., Письменный А. С. Ударная вязкость стыковых соединений, паянных с пластическим деформированием основного металла // Там же. — 1993. — № 8. — С. 29–31.
10. Письменный А. С., Шинлов М. Е., Бурженецкий А. И. Применение индукционной сваркопайки для соединения труб нефтяного сортамента // Там же. — 1995. — № 12. — С. 35–38.

The procedures for studying the processes of braze-welding of longitudinal welds of pipes by the method of contact heating and heating of the edges being welded by electric current passing along them are presented. The results of metallographic investigations of pipe welds produced by these methods are given.

Поступила в редакцию 22.02.2007.  
в окончательном варианте 14.05.2007

## ДУГОВАЯ НАПЛАВКА ШТОКОВ ГИДРОЦИЛИНДРОВ

Разработана порошковая проволока ПП-Нп-30Х20МН и технология электродуговой наплавки штоков гидроцилиндров различных механизмов и машин — крепей шахтных проходческих комбайнов, карьерных автосамосвалов и т. д.

Штоки гидроцилиндров изготавливают из сталей типа 30Х и для защиты от коррозии их рабочую поверхность хромируют. По предложенной технологии наплавка изношенных штоков может производиться после предварительной механической обработки рабочей поверхности или непосредственно по хромовому гальваническому покрытию.

Штоки наплавляются в один слой под флюсом АН-26П. Разработанная порошковая проволока обеспечивает получение наплавленного металла системы легирования Fe-Cr-Ni-Mo, обладающего высокой коррозионной стойкостью в первом наплавленном слое. Шлифовка наплавленной поверхности обеспечивает необходимую чистоту, а высокая коррозионная стойкость наплавленного слоя исключает операцию хромирования. Имеется опыт наплавки штоков диаметром 70 мм и выше.

**Контакты:** 03680, Украина, Киев-150, ул. Боженко, 11,  
Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, отд. № 2  
Тел./факс: (38044) 287 63 57  
E-mail: ryabtsev@paton.kiev.ua

итальных
ень
ции, %

ы в ме-  
решины  
с. 6).  
ляли на  
ду точ-  
деления  
ия.  
ости шва  
е, как и  
х спосо-  
не твер-  
связано  
скорости  
е охлаж-  
шва был

работан-  
свар-  
ет быть  
сущест-  
комби-  
кромок  
ева пе-  
копайки  
ования

мичес-  
кромок,  
ых (для  
диффу-  
обычной  
жности  
рипов,  
изации  
в твер-

ученных
Грат
184
206
227
182

тонкостенной конструкции толщиной 0,1...1,0 мм на весу без подкладок; простой и компактный исполнительный механизм (сварочная горелка).

Созданные технология и аппаратура для ДТС могут служить основой разработки автоматизированных установок для сварки крупногабаритных трехслойных изделий из конструктивных элементов. Небольшие размеры сварочной ванны точечного соединения позволяют выполнять ДТС во всех пространственных положениях.

1. Коршенико А. Н., Жадкевич А. М. Разработка и применение паяных решетчатых и соговых конструкций в авиа-

ционной технике // Автомат. сварка. — 2005. — № 12. — С. 18–25.

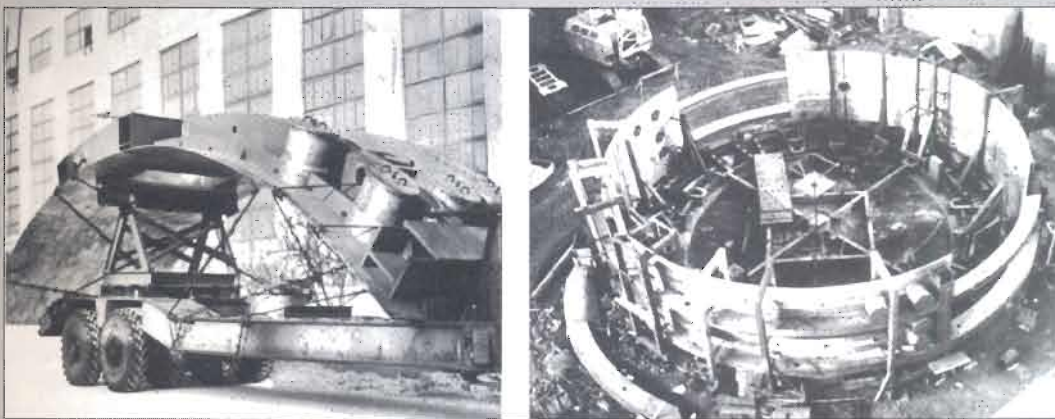
2. Жаров М. В. Технология производства оребренных авиационных панелей сложной формы // Технология машиностроения. — 2006. — № 8. — С. 31–33.
3. Мосягин А. С. Технологический процесс сборки сварных сотовых панелей // Там же. — 2006. — № 5. — С. 36–37.
4. Панин В. П., Гладков Ю. А. Конструкции с заполнителем: Справочник. — М.: Машиностроение, 1991. — 271 с.
5. Кархин В. А., Хомич П. Н. Минимизация погонной энергии при импульсной сварке // Свароч. пр-во. — 2006. — № 10. — С. 3–6.
6. Вагнер В. А. Термоциклирование при сварке вольфрамовым электродом // Там же. — 1980. — № 2. — С. 4–6.

Considered are the features of arc spot welding application in manufacture of a three-layer panel with a cellular filler of high-alloyed steel. A possibility is demonstrated of process implementation with one-sided access to the item and under constricted conditions without application of considerable forces for compression of the structural elements being joined, as well as at joining of thin-walled metal 0,1...1,0 mm thick in the gravity position without a backing.

Поступила в редакцию 05.11.2007

## СВАРКА КРУПНОГАБАРИТНЫХ ИМИТАТОРОВ КОСМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

Разработана технология сварки для изготовления камеры вертикальных испытаний, представляющей собой цилиндрический сосуд диаметром 16000 мм, длиной  $\approx 50000$  мм и объемом  $\approx 10000$  м<sup>3</sup>. Камера предназначена для имитации космических условий и испытаний в этих условиях различных изделий в вертикальном положении. Имитатор космоса состоит из цилиндрической части, изготавливаемой из стали 03X13AG19 (ЧС-46) толщиной 20 мм, двух доньшек из стали 12X18H10T толщиной 24 мм и силового набора из стали 09Г2С толщиной до 30 мм.



Заготовки цилиндрической части камеры (обечайки 1/4 диаметра) изготавливали в заводских условиях вместе с силовым набором и поставляли на монтажную площадку. На монтаже вертикальные швы обечайки длиной 4000 мм выполняли ЭШС проволокой Св-05X15H9AG6 (ЧС-31) под флюсом АН-45. Для сварки горизонтальных швов на вертикальной плоскости при наращивании обечайки использовали электроды АНВ-24.

Заготовки доньшек из стали 12X18H10T сваривали в заводских условиях. Экраны, по которым пропускается жидкий гелий для имитации температур космоса, изготавливали из сплава инвар и сваривали аргодуговым способом. Качество швов контролировали рентгеном, вакуумную плоскость — гелиевым течеискателем.

**Контакты:** 03680, Украина, Киев-150, ул. Боженко, 11  
Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, отд. № 19  
Тел./факс: (38044) 289 90 87, 287 10 88