МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ОБОРУДОВАНИЯ

УДК 621.791

<https://doi.org/10.18503/1995-2732-2017-15-2-89-93>

ПРИМЕНЕНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЕЖИМОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ БИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО УЗЛА ДИФфуЗИОННОЙ СВАРКОЙ

Пономарев С.И., Ереско С.П., Ереско Т.Т.

Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнева, Красноярск, Россия

Аннотация

В статье приведены результаты исследования разработки методов эффективной организации и ведения специализированного информационного обеспечения автоматизированных систем управления технологическими процессами изготовления биметаллических и металлокерамических узлов аэрокосмического производства. На основании проведенных теоретических и экспериментальных исследований выявлено, что для получения неразъемных соединений для изготовления узлов из разнородных материалов наиболее рациональной является диффузионная сварка в вакууме. Во время выполнения работ были решены следующие задачи: создана база данных материалов, применяемых для изготовления деталей и узлов аэрокосмического производства, и режимов диффузионной сварки соединения данных материалов, разработан алгоритм поиска в базе данных по задаваемым параметрам технологического процесса изготовления деталей и узлов. Разработана методика использования созданной базы данных для определения режимов изготовления неразъемного биметаллического узла. Результатом использования данной методики является отчет, предоставляющий данные о параметрах технологического процесса изготовления неразъемного соединения. Для реализации полученной технологии спроектирована оснастка – установка для отработки технологических режимов на образцах-имитаторах и изготовления неразъемных соединений из разнородных материалов диффузионной сваркой. Предлагаемая методика автоматизированного проектирования технологических процессов изготовления узлов отработана при разработке технологии изготовления металлокерамических узлов – ротора турбины турбонасосного агрегата и корпуса оптического преобразователя лазерного излучения. Разработанный способ применения базы данных при компьютерном проектировании и управлении технологическими процессами изготовления неразъемных соединений значительно упрощает организационные работы и сокращает время подготовки производства при изготовлении высококачественных узлов аэрокосмического производства.

Ключевые слова: компьютерное проектирование, биметаллический узел, диффузионная сварка, вакуум.

Введение

Поддержка отраслей промышленности, ориентированных на инвестиционный спрос, требует решения задач обновления технологической базы соответствующих отраслей промышленности. Результатами реализации Государственной Программы для отраслей, ориентированных на инвестиционный спрос (машиностроение, станкоинструментальная промышленность и др.) является проведение модернизации технологической базы и, как следствие, формирование потенциала для развития на мировых рынках за счет повышения производственной эффективности [1].

При решении проблем обновления технологической базы, в том числе и проектирования

технологического процесса изготовления деталей и узлов машин, сокращения сроков и издержек аэрокосмического производства, большую значимость приобретает использование информационных технологий.

Технические и технологические разработки

На факультете машиноведения и мехатроники Сибирского государственного аэрокосмического университета производятся исследования разработки методов эффективной организации и ведения специализированного информационного обеспечения автоматизированных систем управления технологическими процессами, включая базы данных и методы их оптимизации при изготовлении металлокерамических узлов аэрокосмического производства [2–4]. При этом производится модернизация и обновление техноло-

гической базы существующих способов изготовления деталей и узлов. Выявлено, что для получения неразъёмных соединений узлов из разнородных материалов наиболее рациональной является диффузионная сварка в вакууме.

Несмотря на очевидные значительные успехи в развитии диффузионной сварки, еще имеется множество нерешенных вопросов, которые сложно, а в ряде случаев и невозможно, решить в рамках традиционных схем и подходов. Это относится, например, к соединению структур, когда воздействие температур выше $0,7T_{пл}$ и сварочных давлений свыше $0,8$ предела текучести St приводит к необратимым изменениям исходных свойств свариваемых материалов или их разрушению. Поэтому основным направлением исследований в области разработки технологий является поиск методов интенсификации процесса диффузионной сварки, которые позволили бы получать высококачественные сварные соединения при температурах $(0,2-0,3) T_{пл}$ и сварочных давлениях, исключающих макропластическую деформацию приконтактных областей. [5].

Для определения режимов диффузионной сварки разнородных материалов разработана атрибутивная база данных существующих технологических процессов [6]. При этом была решена задача по созданию алгоритма, который способен анализировать данные информационного массива и выполнять поиск в созданном массиве базы данных по задаваемым параметрам (рис. 1).

Образец использования предлагаемой методики рассмотрим на определении режимов изготовления биметаллического узла диффузионной сваркой, одна из деталей которого состоит из молибдена, а другая – из жаропрочного сплава. Задав условия отбора, получаем выборку режимов диффузионной сварки. Установив связи между таблицами, получаем временную таблицу, показывающую данные по режимам и сварочному оборудованию (рис. 2).

Полученные технологические параметры оформляем в виде печатного отчёта (рис. 3).

Определив диапазоны режимов сварочных режимов, отрабатываем технологию получения соединения на образцах-имитаторах.

Для этого спроектирована специальная установка (рис. 4) [7].

Установка состоит из рамы 1, направляющих 2, стоек 3 и 4, кварцевой трубы 5, узла вакуумирования 6, манометрического датчика 7, индуктора 8, маховика 9 механизма подачи давления, крышек 10, прижимов 11, толкателя 12, динамометра 13, стержня 14, гаек-упоров 15, вакуумного уплотнения 16.

Рис. 1. Алгоритм поиска в базе данных по задаваемым параметрам технологического процесса

Установка работает следующим образом.

Соединяемые узлы 17 и 18 собирают на стержень 14 последовательно друг за другом, поджимают гайками-упорами 15 и помещают внутрь кварцевой трубы 5, которую, перемещая стойки 3, закрывают крышками 10 с вакуумным уплотнением 16 и поджимают прижимами 11. Один из торцов собранного изделия удерживается выступающим фланцем прижима 11 задней крышки 10, а второй – толкателем 12, установленным с возможностью продольного перемещения в прижиме передней крышке. Предварительное поджатие изделия производится толкателем 12, после чего через отверстие в фланце прижима задней крышки 10 производят откачку воздуха из кварцевой трубы 5 узлом вакуумирования 6 до достижения технологического вакуума, контролируемого манометрическим датчиком 7. Проводят нагрев зоны шва до температуры сварки индуктором 8. При достижении заданной температуры толкатель 12 приводится в движение от маховика 9 механизма подачи давления (ход маховика – 40 мм) и передает требуемое давление, контролируемое динамометром 13, на свариваемое изделие. Осуществляется выдержка с соблюдением технологических ре-

жимов температуры и давления. После окончания сварки одного шва стойка 4 индуктора передвигается с помощью маховика 16 механизма подачи относительно кварцевой трубы 5 на другой шов, и процесс сварки повторяется.

Индуктор 8 отключается, давление снимается, отключается система вакуумирования 6, в кварцевую трубу напускается воздух, разбираются прижимы 11 и вынимается полученное металлокерамическое изделие.

Материал2	Материал	Темпер	Сварочное да	Ваку	Время выде
Mo	12X13	1000	14,7	0,13	20
<div> <div>Тип установки</div> <div>Способ нагрева</div> <div>Усилие сжатия, кН</div> <div>Размеры рабочей</div> </div>					
	ДСВ-901	радиационный	20	200x200x200	
	МВТ-63	электроконтактный	160	825x280x275	
	УСДВ-630	индукционный	6300	1050x1100x1000	
*					
Mo	12X18H10T	1200	9,8	0,13	15
<div> <div>Тип установки</div> <div>Способ нагрева</div> <div>Усилие сжатия, кН</div> <div>Размеры рабочей</div> </div>					
	ДФ-101	радиационный	60	700x700x700	
	П-115	радиационный	400	400x400x400	
	СДВ-50	индукционный	50	400x420x420	
*					
Mo	12X18H9T	1200	9,8	0,13	15
<div> <div>Тип установки</div> <div>Способ нагрева</div> <div>Усилие сжатия, кН</div> <div>Размеры рабочей</div> </div>					
	ДФ-101	радиационный	60	700x700x700	
	П-115	радиационный	400	400x400x400	
	СДВ-50	индукционный	50	400x420x420	
*					
Mo	20X13	1000	14,7	0,13	20
<div> <div>Тип установки</div> <div>Способ нагрева</div> <div>Усилие сжатия, кН</div> <div>Размеры рабочей</div> </div>					
	ДСВ-901	радиационный	20	200x200x200	
	МВТ-63	электроконтактный	160	825x280x275	
	УСДВ-630	индукционный	6300	1050x1100x1000	
*					

Рис. 2. Временная таблица базы данных, показывающая результаты по режимам и сварочному оборудованию

Режимы					
Материал:	Материал	Температура С	Сварочное давление МПа	Вакуум Па	Время выдержки мин
Mo	20X13	1000	14,7	0,13	20
Mo	12X18H9T	1200	9,8	0,13	15
Mo	12X13	1000	14,7	0,13	20
Mo	12X18H10T	1200	9,8	0,13	15

Рис. 3. Печатный отчет по выбранным режимам

Рис. 4. Печатный отчёт по выбранным режимам

На предлагаемой установке были получены высококачественные, вакуумплотные, прочные изделия из:

- титанового сплава ВТ-14 и керамики К8ПТ (при удельном давлении $P = 1,5$ МПа);
- жаропрочного сплава на кобальтовой основе 07Х16Н6Ш (ЭИ233) и высокотемпературной керамики на основе нитрида кремния (при удельном давлении $P = 17$ МПа).

Определив оптимальные режимы получения соединения и проведя испытания на соответствие полученного соединения условиям работы, приступаем к изготовлению биметаллического узла.

Выводы

Предлагаемая методика автоматизированного проектирования технологических процессов изготовления узлов отработана при разработке технологии изготовления металлокерамических узлов – ротора турбины турбонасосного агрегата (ВТК нитрид кремния + 07Х16Н6Ш) [8] и корпуса оптического преобразователя лазерного излучения (ВТ-14 + ПЖК + К8ПТ) (рис. 5).

Рис. 5. Корпус оптического преобразователя лазерного излучения

Список литературы

1. Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие промышленности и повышение её конкурентоспособности»: постановление Правительства Российской Федерации от 15 апреля 2014 №328 // Собр. Законодательства Российской Федерации. 2014. № 18. Ст. 2173.
2. Пономарёв С.И., Ереско С.П., Ереско Т.Т. Совершенствование технологии изготовления узлов аэрокосмического производства // Вестник СибГАУ. 2014. Вып. 3 (55). С. 114–120.
3. Пономарев С.И., Ереско С.П., Ереско Т.Т. Построение алгоритма решения задач оснащения технологического процесса изготовления узлов аэрокосмического производства // Системы. Методы. Технологии. БрГТУ. 2014. № 4 (24). С. 27–32.
4. Пономарёв С.И., Ереско С.П., Ереско Т.Т. Автоматизация технологии механической обработки поверхностей свариваемых деталей // Машиностроение: сетевой электронный научный журнал. 2015. Т. 3. №1. С. 58–61.
5. Люшинский А. В. Диффузионная сварка разнородных материалов: учеб. пособие для студ. вузов. М.: Изд. центр «Академия», 2006. 208 с.
6. Пономарев С.И., Ереско С.П., Ереско Т.Т. Атрибутивная база данных для создания технологических процессов получения деталей аэрокосмического производства диффузионной сваркой: свидетельство о государственной регистрации базы данных №2013621572. Оpubл. 20.01.2014. Бюл. № 1.
7. Пономарев С.И., Ереско С.П., Ереско Т.Т. Установка для получения металлокерамических изделий: пат. 93722 Росии. Оpubл. 10.05.2010. Бюл. № 13.
8. Способ соединения жаропрочного сплава на кобальтовой основе с керамикой на основе нитрида кремния: пат. 2433026 России / Пономарев С.И., Прокопьев С.В., Ереско С.П., Ереско Т.Т. Оpubл. 10.11.2011. Бюл. № 31.

Поступила 15.12.15.

Принята в печать 20.03.17.

THE USE OF DATABASE FOR IDENTIFYING THE DIFFUSION WELDING TECHNIQUE APPLIED IN FABRICATION OF BIMETALLIC COMPONENTS

Sergey I. Ponomarev – Assistant Professor

Siberian State Aerospace University, Krasnoyarsk, Russia. E-mail: Serg_ponom@mail.ru

Sergey P. Eresko – D.Sc. (Eng.), Honoured Inventor of the Russian Federation, Professor

Siberian State Aerospace University, Krasnoyarsk, Russia. E-mail: okm@sibsau.ru

Tatiana T. Eresko – D.Sc. (Eng.), Associate Professor

Siberian State Aerospace University, Krasnoyarsk, Russia. E-mail: okm@sibsau.ru

Abstract

This article describes the results of a study that looked at developing methods for efficient management of specialized infoware contained within the automation systems responsible for the fabrication of bimetallic and metal ceramic units for aerospace industry. Theoretical and experimental research suggests that vacuum diffusion welding provides the best technique for obtaining permanent joints in the fabrication of composite components. The results of the research include the following: A database was created for the materials used in aerospace industry and for the diffusion bonding techniques; a search algorithm was developed applicable to the above database, that is based on set process parameters. A method was developed that helps determine what technique was applied for a particular welded bimetallic component. Using this method one can obtain a report that describes the details of the process applied. To implement the resulting technique a trial unit was designed for fabricating composite components by diffusion welding. The proposed CAD technique was tested by way of developing a process of fabricating metal ceramic components, and namely a turbine rotor of the turbine pump and a body of the laser optical transducer. The developed database technique combined with computer-aided design and process control helps save organisational effort and reduce the lead time for high quality components used in aerospace industry.

Keywords: Computer-aided design, algorithm of building and utilizing a database, using the proposed method.

References

1. Ob utverzhdenii gosudarstvennoj programmy Rossijskoj Federacii «Razvitie promyshlennosti i povyshenie eyo konkurentosposobnosti»: posta-novlenie Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 15 aprelya 2014 №328 // *Sobr. Zakonodatel'stva Rossijskoj Federacii* [On approval of the public programme of the Russian Federation "Development of Industry and Giving It a Competitive Edge": Decree #328 by the Government of the Russian Federation dated 15 April 2014. Official gazette of the Russian Federation]. 2014, no. 18, Article 2173.
2. Ponomarev S.I., Eresko S.P., Eresko T.T. Improving the fabrication of components for aerospace industry. *Vestnik SibGAU* [Vestnik of Siberian State Aerospace University]. 2014, vol. 3(55), pp. 114–120.
3. Ponomarev S.I., Eresko S.P., Eresko T.T. Creating an algorithm for supporting the fabrication of components for aerospace industry. *Sistemy. Metody. Tekhnologii* [Systems. Methods. Technology]. Brest State Technical University, 2014, no. 4 (24), pp. 27–32.
4. Ponomarev S.I., Eresko S.P., Eresko T.T. Automated machining of welded components. *Mashinostroenie: setevoy elektronnyj nauchnyj zhurnal* [Mashinostroenie: Online scientific journal]. 2015, vol. 3, no. 1, pp. 58–61.
5. Lyushinskiy A.V. *Diffuzionnaya svarka raznorodnykh materialov: ucheb. posobie dlya stud. vyssh. ucheb. zavedenij* [Diffusion welding applied to heterogeneous materials: Textbook for university students]. Moscow: Akademiya Publishing House, 2006, 208 p.
6. Ponomarev S.I., Eresko S.P., Eresko T.T. *Atributivnaya baza dannykh dlya sozdaniya tekhnologicheskikh processov polucheniya detalej aehrokosmicheskogo proizvodstva diffuzionnoj svarkoj* [Attribute-based database for developing diffusion welding processes for the fabrication of components used in aerospace industry]. Registration certificate no. 2013621572, 2014.
7. Ponomarev S.I., Eresko S.P., Eresko T.T. *Ustanovka dlya polucheniya metallokeramicheskikh izdelij* [A plant for making metal ceramic items]. Patent RF, no. 93722, 2010.
8. Ponomarev S.I., Prokopjev S.V., Eresko S.P., Eresko T.T. *Sposob soedineniya zharoprochnogo splava na kobal'tovoj osnove s keramikoj na osnove nitrida kremniya* [A method of combining a heat resistant cobalt-base alloy and silicon nitride]. Patent RF, no. 2433026, 2011.

Received 15/12/15

Accepted 20/03/17

Образец для цитирования

Пономарев С.И., Ереско С.П., Ереско Т.Т. Применение базы данных для определения режимов изготовления биметаллического узла диффузионной сваркой // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2017. Т.15. №2. С. 89–93. <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2017-15-2-89-93>

For citation

Ponomarev S.I., Eresko S.P., Eresko T.T. The use of database for identifying the diffusion welding technique applied in fabrication of bimetallic components. *Vestnik Magnitogorskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2017, vol. 15, no. 2, pp. 89–93. <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2017-15-2-89-93>