

либо подается в плазменную дугу (рис. 7). Это позволило получать прочное, пластичное и вакуумно-плотное сварное соединение при изготовлении крупногабаритных конструкций из хромовой бронзы типа БрХ08 (рис. 7, 8).

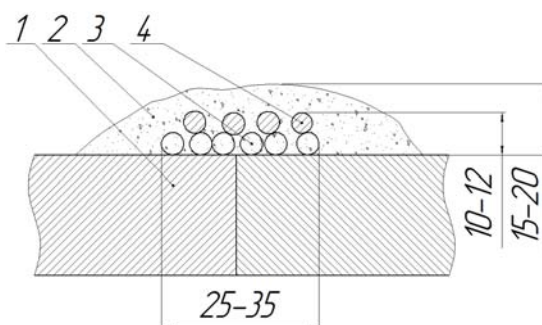


Рис. 7. Присадка ППБрХТ 22-2. 1) Основной металл БрХ08; 2) смесь флюсов АН-26 и АФ-4А; 3) Проволока ППБрХТ22-2; 4) Проволока М1

1. При плазменной сварке изложниц кристаллизаторов из толстолистовой хромовой бронзы стабилизационная тангенциальная подача плазмообразующего газа в плазмотрон и, вследствие этого, вихревое состояние плазменной струи приводит к подосу воздуха в сварочную ванну, обедняя хромом металл шва и вводя его в состояние повышенной хрупкости.
2. Для обеспечения пластичности и плотности сварного соединения необходимо в процессе сварки гарантировать в металле шва содержание хрома в пределах (0,8-1,2)%.
3. Требуемое содержание хрома в металле шва при плазменной сварке изделий БрХ08 обеспечивается применением в качестве присадки порошковой проволоки ППБрХТ22-2.

Литература:

1. Новосельцев Ю.Г./ Технологические особенности плазменной сварки крупногабаритных изделий из меди и её сплавов. Монография, ИПК СФУ, Красноярск, 2008.
2. Новиков И.И. Горячеломкость цветных металлов и сплавов. М.: Наука, 1966.
3. Челноков Н.М. Исследование склонности меди и её сплавов к образованию горячих трещин при сварке. Ж. «Сварочное производство», 1957, №10.
4. Илюшенко В.М., Аношин В.А., Бондаренко А.Н., Исследование влияния примесей и ряда легирующих элементов на образование трещин при сварке меди. Сборник докладов на I Всесоюзной конференции «Актуальные проблемы сварки цветных металлов» Киев, «Наукова думка», 1980;
5. Илюшенко В.М., Аношин В.А. О влиянии примесей на склонность к образованию трещин при сварке меди. Сборник докладов на II Всесоюзной конференции «Актуальные проблемы сварки цветных металлов», Киев, «Наукова думка», 1985.
6. Зенкова Э.К., Гликман Е. Э. Механизм образования горячих трещин при сварке сплавов Ж. «Сварочное производство» № 6, 1986.
7. А.С. №323248. Присадочный материал для сварки меди (Гуревич С.М., и др. от 23.09.71 г.

МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ПОРОШКОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ УСТАНОВОК ПОСЛОЙНОГО ЛАЗЕРНОГО СПЕКАНИЯ

Д.А. Архипова, студентка группы 10А31,

Научный руководитель: Сапрыкина Н.А., к.т.н., доцент

Юргинский технологический институт (филиал) Томского политехнического университета

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26

E-mail: arhipova_dasha@list.ru, nat_anat_sapr@mail.ru

В селективном лазерном спекании используются два основных материала, которые условно разделяют на «твердый» и «мягкий». К «мягким» относятся медь [1], алюминий [2], полиамид или бронзовый сплав. «Твердые» материалы – различные виды стали [3], титановые сплавы [4], никель [5]. Изделия, изготовленные из «мягких» материалов используются без дополнительного обжига, но требуют доводочных операций. Специальный бронзовый сплав применяется для уменьшения внутренних напряжений и коробления. Чтобы снизить пористость, модель перед использованием пропитывают эпоксидной смолой.

В технологии 3D-systems [6, 7] используют металлические порошковые материалы, покрытые тонким слоем полимера. Для уплотнения структуры модель после спекания подвергается обжигу и пропитывается бронзой.

В установке DirectMetal 20 фирмы EOS [7] применяется мелкодисперсный многокомпонентный порошок на основе бронзы. Получаемые детали обладают хорошими механическими свойствами и качеством поверхности. Поверхность легко поддается пескоструйной обработке и полированию. Для компенсации усадки при изготовлении точных деталей в порошковую смесь вводятся компоненты, имеющие отрицательную усадку. Толщина спекаемого слоя регулируется в пределах от 20 до 80 мкм. На этой установке изготавливаются металлические детали и оснастка для литья. Стойкость литейной формы составляет от десятков до тысяч деталей.

EOS MaragingSteel MS1 – мелкодисперсный стальной порошок [7]. Его состав отвечает стандартам США. Этот вид стали характеризуется высокими механическими характеристиками. Изделие подается обработке после изготовления. После термической обработки твердость повышается до 55 HRCЭ. В таблице 1.1 приведены технические характеристики порошка EOS MaragingSteel MS1. Этот тип стали используется для сложной оснастки и для изготовления высокотехнологичных деталей, например, в аэрокосмической отрасли. В таблицах 1.2 и 1.3 показаны механические и термические свойства деталей, изготовленных из порошка EOS MaragingSteel MS1.

Таблица 1.1

Технические характеристики

Параметры	Значения
Минимальная рекомендуемая толщина слоя, мкм	40, в разработке 20
Достигаемая точность деталей, мкм	
- мелкие детали	~ 40 ÷ 60
- крупные детали	(40 ÷ 60) ± 0,2%
Усадка при температуре 490 ⁰ С в течении 6 часов с воздушным охлаждением, %	0,08
Минимальная толщина стенки (механическая прочность зависит от геометрических показателей и применения), мм	0,3 ÷ 0,4
Шероховатость поверхности	
- после дробеструйной очистки	Ra 4 ÷ 6,5, Rz 20 ÷ 50
- после полировки	Rz до <0,5
Скорость построения	3 ÷ 3,6мм ³ /сек

Таблица 1.2

Механические свойства деталей

Параметры	Значения
Пределная прочность на разрыв, МПа	
- после спекания	1100 ± 100
- после обработки	1950 ± 100
Предел текучести, МПа	
- после спекания	1000 ± 100
- после обработки	1900 ± 100
Относительное удлинение при разрыве, %	
- после спекания	8 ± 3
- после обработки	2 ± 1
Модуль упругости Юнга, ГПа	180 ± 20
Твердость, HRCЭ	
- после спекания	33-37
- после обработки	50-54
Пластичность, Дж	
- после спекания	45 ± 10
- после обработки	11 ± 4

Таблица 1.3

Термические свойства деталей

Параметры	Значения
Коэффициент теплопроводности, Вт /м °С	15 ± 0.8
- после спекания	20 ± 1
- после обработки	
Особенная теплоемкость, Дж/кг	
- после спекания	450 ± 20
- после обработки	450 ± 20
Максимальная температура, °С	400

EOS CobaltChrome MP1 – смешанный мелкодисперсный порошок для установки лазерного спекания EOSINT M 270 [7]. Изделия из кобальтхроммолибденового сверхпрочного сплава характеризуются высокими механическими свойствами (прочность, твердость и пр.), коррозионной и температурной стойкостью. Аналогичные сплавы обычно используются в биомедицине, например, в стоматологии и хирургии, а также в машиностроении для получения изделий, работающих при высоких температурах, например, авиационных двигателей. Химический состав материала EOS CobaltChrome MP1 соответствует композиции UNS R31538 высокоуглеродистого CoCrMo сплава. Изделия отличаются мелкозернистой и изотропной кристаллической структурой. Они полностью отвечают требованиям стандартов ISO 5832-4 и ASTM F75 для литых имплантатов из сплава CoCrMo, а также требованиям стандартов ISO 5832-12 и ASTM F1537 для кованых имплантатов из сплава CoCrMo. Этот материал подходит для изготовления полнофункциональных металлических прототипов, единичных или малыми сериями. Для увеличения скорости получения готового изделия регулируется толщина спекаемого слоя и стратегия построения. Детали, сделанные из материала EOS CobaltChrome MP1, могут подвергаться мехобработке, сварке, микродробеструйной обработке, полированию и покрытию. Неиспользованный порошок используется вторично. Порошковый материал EOS CobaltChrome MP1 применяется для изготовления прототипов или индивидуальных имплантатов, например, позвоночного диска, коленного сустава, бедренной кости, стоматологических имплантатов. Он используется для изготовления деталей с хорошими механическими свойствами и обладающими коррозионной стойкостью, например, деталей турбин и других частей двигателей, режущей части инструментов. Используется также для получения деталей с очень мелкими элементами, обладающими высокой прочностью и/или жесткостью.

Мелкодисперсный порошок из нержавеющей стали [7]. Этот тип стали широко применяется в различных областях медицины, аэрокосмической отрасли и других производствах для изготовления изделий, обладающих высокой прочностью, твердостью и коррозионной стойкостью. Материал хорошо подходит для построения полнофункциональных металлических прототипов в единичном или индивидуальном производстве. Используется при изготовлении оснастки для литья. При определенных режимах спекания и толщине спекаемого слоя 20мкм из него получают полностью сплавленные детали. Для увеличения скорости построения можно изменить толщину слоя до 40мкм и стратегию спекания. Детали, изготовленные из мелкодисперсного порошкового материала EOS StainlessSteel PH1 можно подвергать мехобработке, обработке на электроэрозионном станке, сварке, микродробеструйной обработке, полированию. Применяются для изготовления полнофункциональных прототипов малыми сериями или индивидуально и деталей с высокой коррозионной стойкостью и высокой прочностью.

Мелкодисперсный порошок из легированной нержавеющей стали [7]. Является аналогом стали 17-4 PH по классификации США и европейской 1.4542 и полностью выполняет требования стандарта AMS 5643 по Mn, Mo, Ni, Si, C, Cr и Cu. Этот тип стали характеризуется хорошей коррозионной стойкостью и механическими свойствами, широко применяется в машиностроении. Материал хорошо подходит для изготовления функциональных металлических прототипов в единичном производстве. При определенных режимах спекания и толщине слоя 20мкм получают полностью сплавленные детали. Детали, полученные из мелкодисперсного порошкового материала EOS StainlessSteel GP1, можно подвергать обработке аналогично деталям, полученным из EOS StainlessSteel PH1.

EOS Titanium Ti64 - мелкодисперсный порошок титанового сплава Ti6AlV4 [7]. Этот легкий сплав характеризуется хорошими механическими свойствами и коррозионной стойкостью в сочета-

нии с легким весом и биосовместимостью. Модификация ELI (extra-low interstitial - сверхчистый) содержит очень малое количество включений. Используется для изготовления биомедицинских имплантов и деталей малой массой с хорошими механическими свойствами, например, конструктивные детали и детали двигателей для аэрокосмической отрасли, детали гоночных машин, и т.д.

EOS NickelAlloy IN718 мелкодисперсный порошок никелевого жаропрочного сплава [7]. Его состав соответствует следующим стандартам: UNS N07718, AMS 5662, AMS 5664, WNr 2.4668, DIN NiCr19Fe19NbMo3. Этот сплав характеризуется хорошей эластичностью, растяжением и прочностью на разрыв при температурах до 700°C. Сплав EOS NickelAlloy IN718 обладает большой коррозионной стойкостью в различных средах. Материал используется для изготовления деталей, работающих при высоких температурах. Например, детали газотурбинных двигателей, инструменты и т.п. Материал имеет хорошие криогенные свойства, в связи с чем может применяться в низкотемпературных технологиях. При определенных режимах спекания и толщине слоя 20мкм получают полностью сплавленные детали. С помощью термообработки можно увеличить твердость до 40–47HRCЭ (370–450НВ). Сразу после построения или упрочнения, детали можно обрабатывать на станках, подвергаться электроэрозионной обработке, сварке, микродробеструйной обработке, полированию и покрытию. Применяются для изготовления аэро- и наземных турбинных двигателей, ракетных и космических составляющих, деталей для химической, обрабатывающей, нефтяной, газовой и нефтеперерабатывающей отраслей промышленности.

EOS Aluminium AlSi10Mg [7] - порошок алюминиевого сплава. Сплав обладает хорошими литейными свойствами и используется для литья деталей с тонкими стенками и сложной геометрией. Сочетание кремния и магния увеличивает прочность и твердость. Детали из этого материала обладают хорошими динамическими свойствами, это позволяет применять их при высоких нагрузках. Стандартные параметры построения позволяют получать полностью сплавленную деталь. Детали, полученные из порошка EOS Aluminium AlSi10Mg можно обрабатывать на станках, подвергать электроэрозионной обработке, сварке, микродробеструйной обработке, полировке, покрытию. Применяется для изготовления полнофункциональных деталей, имеющих хорошую теплопроводность и небольшой вес, например, в мотоспорте.

В Российской Федерации такие порошки производят крупные заводы-производители железных порошков - СМЗ и «Северсталь», а также ряд специализированных научно-производственных предприятий - ООО «Полема», Тулачермет, ЦНИИчермет. [8]

Таким образом, к настоящему времени существует большая номенклатура импортных металлических порошковых материалов для технологии селективного лазерного спекания.

Недостатком для потребителей данных установок является их высокая стоимость и ограниченная номенклатура импортных порошковых материалов к определенной установке. Изменение материала требует затрат на покупку нового оборудования. Для применения отечественных порошковых материалов и создания установок необходимы исследования в данной области.

Литература.

1. Bourell, D. Powder densification map in selective Laser Sintering / D. Bourell // *Advanced Engineering Materials*. – 2002. – V.4. – N 9. – P. 663–669.
2. Cai, K. Solid freeform fabrication of alumina ceramic parts through a lost mould method / K. Cai, D. Guo, Y. Huang, J. Yang // *Journal of the European ceramic society*. – 2003. – V. 23. – P. 921–925.
3. Chatterjee, A. N. An experimental design approach to selective laser sintering of low carbon steel / A. N. Chatterjee, S. Kumar, P. Saha, P. K. Misha, A. R. Choudhuru // *Journal of Materials Processing Technology*. – 2003. – V.136. – P.151–157.
4. Никитенко, В. М. История машиностроения / В. М. Никитенко, Ю. А. Курганова. – Ульяновск: УлГТУ, 2006. – 68 с.
5. Камашев, А. В. Использование лазерного источника для синтеза интерметаллидов в системе Ni-Al / А. В. Камашев, А. С. Панин, А. Л. Петров, И. В. Шишковский // *Письма в журнал технической физики*. – 2001. – Т.27. – вып. 12. – С. 28-33.
6. 3D принтеры ProJet, V-flash. Web: http://www.3d-format.ru/printer_3dsystem.html.
7. Оборудование EOS. Web: <http://www.eosab.ru>.
8. Stereolithography. Web: <http://www.photopolymer.com/stereolithography.htm>