

Выводы

1. При проектировании изделий с износостойкими покрытиями необходимо учитывать вероятность появления отслаивания покрытия, причиной которого являются термические остаточные напряжения, возникающие между покрытием и подложкой при технологическом нагреве при нанесении покрытия и последующим охлаждением полученного композита.
2. Для покрытий, имеющих четкую границу раздела с изделием, термические остаточные напряжения зависят от физико-механических характеристик материалов покрытия и подложки (коэффициент линейного расширения, модуль упругости, коэффициент Пуассона, пределов прочности), температуры нагрева изделия при синтезе покрытия и соотношения толщин материалов.
3. Полученные условия отсутствия трещин позволяют на стадии проектирования композиционных материалов с покрытием согласовать толщину покрытия и технологию его нанесения.
4. Решена задача расчета трещиностойкости слоистых композиционных материалов при нагружении их тепловыми и силовыми рабочими нагрузками, решение которой зависит от вида нагружения изделия с покрытием (растяжение, сжатие, изгиб и т.п.).

Литература.

1. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.2 / Под ред. А.М.Дальского и др. – М.: Машиностроение-1, 2001. – 944 с.
2. Тялина Л.Н., Новые композиционные материалы: учебное пособие / Л.Н. Тялина, А.М. Минаев, В.А. Пручкин. – Тамбов: Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2011. – 80с.
3. В.М. Бузник, Металлополимерные композиты (получение, свойства, применение)/ В.М. Бузник, В.М. Фомин, А.П. Алхимов и др.– Новосибирск: изд-во СО РАН, 2005. – 260 с.
4. Верещака А. С. Работоспособность режущего инструмента с износостойкими покрытиями. - М.: Машиностроение, 1993. – 336 с.
5. Петрушин С. И., Сапрыкин А. А., Дуреев В. В. Проектирование и производство изделий из инструментальных композиционных материалов. – Томск: Изд-во ТПУ, 2014. – 205 с.
6. Petrushin S. I. Calculation of residual stresses in multilayer composite materials. // Applied Mechanics and Materials. vol. 379 (2013). pp. 95-100.
7. Машиностроение. Энциклопедический справочник. Т. 1, Кн. 2. Инженерные расчеты в машиностроении. – М.: Машгиз, 1948. – 457 с.
8. Баженов С. Л., Берлин А. А., Кульков А. А., Ошмян В. Г. Полимерные композиционные материалы. – Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2010. – 352 с.
9. Петрушин С.И. Экономически обоснованный срок службы режущих инструментов. // Вестник машиностроения. – 2007, №4. – С. 40 – 46.

**ВЛИЯНИЕ ЗАЩИТНОГО ГАЗА И МЕХАНОАКТИВАЦИИ
МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРОШКОВ НА ТОЛЩИНУ И ШЕРОХОВАТОСТЬ
СПЕЧЕННОГО ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ**

Д.А. Архипова, студент гр.10А31,

научный руководитель: Сапрыкина Н.А.

Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского

Томского политехнического университета

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

В настоящее время динамично развивающимся направлением развития современной промышленности являются технологии послойного синтеза. Отдельным направлением является послойное лазерное спекание (сплавнение) металлопорошковых композиций на основе 3D CAD-модели, позволяющее изготавливать функциональные изделия. Так как в основе послойного синтеза функционального изделия лежит формообразование единичного слоя одной из проблем обеспечения качества поверхностного слоя является наличие напряжений в спекленном единичном слое, которые препятствуют равномерному нанесению следующего слоя порошкового материала и искажают форму изделия.

Для того чтобы изделие полученное методом послойного лазерного спекания выполняло функциональное назначение, оно должно обладать необходимым качеством. Основными показателями качества спекленного изделия являются точность, состояние поверхностного слоя, физико-

механические свойства, долговечность. Одной из проблем обеспечения качества спеченного поверхностного слоя является наличие напряжений, которые препятствуют равномерному нанесению следующего слоя порошкового материала и искажают форму изделия. Для её решения необходимо изучение закономерностей влияния физико-механических свойств порошковых материалов, режимов лазерного спекания, технологических режимов нанесения слоя порошка [1].

Целью настоящей работы является рассмотрение факторов, оказывающих влияние на качество спеченной поверхности и внутренней структуры, исследование влияния защитного газа аргона и механоактивации медного порошка ПМС-1 и кобальтхроммолибденового порошка DSK-F75 при разном диапазоне технологических режимов спекания на качество спеченного поверхностного слоя. Сравнивались толщина и шероховатость спеченной поверхности, прочностные характеристики спеченных образцов.

Процесс спекания следует начинать с назначения порошкового материала, от которого напрямую зависят технологические режимы спекания. Значимыми параметрами металлических порошков являются их форма, строение, характер межчастичного взаимодействия [2]. По форме различают частицы в виде волокон, хлопьев, пластин, кубические, шарообразные и т.д. Размер поровых промежутков зависит от формы частиц и их соразмерности. Для уменьшения пор сферические частицы лучше укладываются со сферическими, а дендритные с хлопьевидными. Необходимо также помнить, что температура плавления порошковых материалов понижается с возрастанием степени дисперсности. На плотность укладки влияет шероховатость поверхности частиц. Механическое зацепление – одна из форм связи таких частиц. Трение между ними является результатом адгезионного взаимодействия, поэтому большое внимание уделяется механической активации порошковых композиций [3]. При спекании однокомпонентного порошкового материала и материалов с близкой температурой плавления при непрерывном лазерном воздействии появляется коагуляция (слияние расплавленного металла в отдельные капли) [4]. Необходимо учитывать теплофизические и физико-химические свойства порошковых материалов, не соответствующие справочным, приведённым для монолитных материалов.

Технологические режимы спекания имеют значительное влияние на качество поверхностного слоя изделия. Мощность лазерного излучения зависит от температуры плавления порошкового материала и коэффициента температуропроводности, а также формы и размера частиц. Для тугоплавких материалов необходимо увеличивать мощность лазерного излучения, и уменьшать скорость перемещения луча лазера. При нерационально выбранных значениях мощности происходит возгорание порошкового материала [5].

Увеличение уплотнения порошкового материала приводит к уменьшению глубины спекания. Ее можно увеличить, повышая мощность лазерного излучения. Однако это приводит к потере энергии.

В значительной степени влияют на качество прототипа следующие факторы: коагуляция, образование пор, возникновение внутренних напряжений и деформаций.

Исследования влияния защитного газа аргона на качество спеченного поверхностного слоя осуществлялось для медного порошка ПМС-1 и кобальтхроммолибденового порошка DSK-F75 при разном диапазоне технологических режимов спекания. Аргон является защитной средой, позволяющей исключить взаимодействие порошковых изделий с кислородом и азотом, а также упрочнить поверхность изделий. При спекании медного порошка ПМС-1 в аргоне наблюдалось изменение цвета спеченной поверхности, она становилась золотистой, полученные образцы имели более прочную поверхность, без образования трещин рис. 1 [6, 7].

При сравнении образцов, полученных на режимах $P=30$ Вт, $V=200$ мм/мин, $S=0,1$ мм, $t=200^{\circ}\text{C}$, спеченных в аргоне и на воздухе, представленных на рис. 1 наблюдалось резкое изменение качества поверхностного слоя, прочности. Шероховатость изменяется с 525 до 115 мкм, толщина спеченного слоя изменяется незначительно с 850 до 915 мкм. У образца, спеченного в аргоне, отсутствуют дефекты в виде продольных и поперечных трещин.



Рис. 1. Внешний вид спеченной поверхности ПМС-1 ($\times 2$).
Режимы СЛС: $P=30$ Вт, $V=200$ мм/мин, $S=0,1$ мм, $t=200^{\circ}\text{C}$ а– на воздухе; б– в аргоне.

Спекание в аргоне значительно улучшает качество поверхностного слоя полученного из медного порошкового материала ПМС-1. Уменьшается шероховатость, отсутствуют дефекты.

Исследования влияния механоактивации на качество спеченного поверхностного слоя осуществлялось для медного порошка ПМС-1 и кобальтхроммолибденового порошка DSK-F75 при разном диапазоне технологических режимов спекания. Механическая обработка порошка осуществлялась в центробежно-планетарной мельнице АГО-2. В стальных барабанах, загруженных стальными шарами диаметром 6 мм, общая масса которых составляла 600 гр. при загрузке порошка 30 гр. При механоактивации увеличивается дисперсность порошка, дефектность кристаллической решетки его частиц [8], что приводит к быстрому окислению, и возможности осуществлять спекание при необычно низких температурах. Интенсивное измельчение частиц увеличивает их суммарную поверхность, повышая запас избыточной энергии порошка и увеличивает толщину дефектного слоя. Механическая обработка проводилась в течение одной, трех, пяти и семи минут. На рисунке 2 приведены сравнительные фотографии спеченной поверхности кобальтхроммолибденовой композиции, полученные на разных режимах, порошка неактивированного и разной активации. При режимах спекания $P=10$ Вт, $V=100$ мм/мин, $S=0,1$ мм, $t=200^{\circ}\text{C}$ для неактивированной спеченной поверхности $Rz=525$ мкм, после минутной активации $Rz=545$ мкм, после трехминутной активации $Rz=540$ мкм, после пятиминутной активации $Rz=615$ мкм увеличивается коагуляция, после семиминутной активации $Rz=545$ мкм.

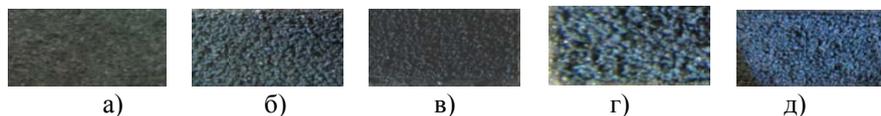


Рис. 2. Внешний вид спеченной поверхности DSK-F75 (x1).

Режимы СЛС $P=10$ Вт, $V=100$ мм/мин, $S=0,1$ мм, $t=200^{\circ}\text{C}$: а– неактивированный, б– после минутной активации, в– после трехминутной активации, г– после пятиминутной активации, д– после семиминутной активации

Проведенные исследования спеченного слоя из активированного и неактивированного порошкового материала показало, что предварительная механическая обработка оказывает влияние на процесс спекания и приводит к улучшению качества поверхности: уменьшается диаметр коагулированных частиц, снижается шероховатость. Наблюдалось улучшение внутренней структуры и прочностных свойств.

Показано положительное влияние защитной атмосферы и механоактивации металлических порошковых материалов на качество спеченного поверхностного слоя. Для уменьшения шероховатости. Улучшения внутренней структуры и прочностных свойств спекание рекомендуется проводить в аргоне с применением металлических порошковых материалов, подвергнутых одно- и трёхминутной активации с целью уменьшения шероховатости, улучшения внутренней структуры и прочностных свойств.

Литература.

1. Отто А. Объединение лазерной обработки материалов с процессом формообразования // Фотоника. – 2007. – № 5. – С. 2 – 6.
2. Панченко В.Я. Лазерные технологии обработки материалов: современные проблемы фундаментальных исследований и прикладных разработок, монография. – М.: Физматлит, 2009. – 664 с.
3. P.V.Arkipov, A.S. Yanyushkin, D.V. Lobanov. The effect of diamond tool performance capability on the quality of processed surface // Applied Mechanics and Materials. vol. 379 (2013). pp. 124-130.
4. Chinakhov D.A. Dependence of Silicon and Manganese Content in the Weld Metal on the Welding Current and Method of Gas Shielding. Applied Mechanics and Materials. Vol. 756 (2015) pp 92-96. doi:10.4028/www.scientific.net/AMM.756.92.
5. Saprykin A. A., Saprykina N. A. Improvement of surface layer formation technology for articles produced by layer-by-layer laser sintering // Applied Mechanics and Materials. – 2013. – Vol. 379. – P. 56 – 59.
6. Babakova E. V. , Gradoboev A. V. , Saprykin A. A. , Ibragimov E. A. , Yakovlev V. I. , Sobachkin A. V. Comparison of Activation Technologies Powder ECP-1 for the Synthesis of Products Using SLS // Applied Mechanics and Materials. - 2015 - Vol. 756. - p. 220-224
7. Сапрыкина Н. А., Сапрыкин А. А., Шигаев Д. А. Исследование факторов, влияющих на качество поверхности, полученной лазерным спеканием // Обработка металлов. – 2011. – № 4. – С. 78–82.
8. Saprykina N. A., Saprykin A.A., Matrunchik M.S. Formation of Surface Layer of Cobalt Chrome Molybdenum Powder Products with Differentiation of Laser Sintering Modes // Applied Mechanics and Materials. Vol. 682 (2014) pp. 294-298.