

ми. По условиям обеспечения взрывобезопасности системы вытеснения при минимальной массе топлива выбрано ПТ, не содержащее в своем составе окислительных элементов. Проведено экспериментальное исследование режимов течения ПТ с использованием модельного пастообразного вещества, имеющего вязкость, близкую к вязкости натурального ПТ. Определены зависимости объёмного и массового расхода модельного вещества от его температуры и давления подачи.

С учётом полученных экспериментальных зависимостей разработаны методики расчёта и проведено проектирование двух альтернативных вариантов системы вытеснения.

Вариант 1. Вытеснение ПТ посредством давления газа от твёрдотопливного газогенератора на диафрагму газогидравлического вытеснителя. Газогенератор работает непрерывно в течение всего времени полёта.

Требуемое давление в газогенераторе и, соответственно, давление ПТ в вытеснителе поддерживаются регулятором давления, сбрасывающим излишек продуктов сгорания в окружающую среду.

Вариант 2. Вытеснение ПТ посредством давления на диафрагму газогидравлического вытеснителя продуктов сгорания от низкотемпературного азотогенератора (-ов), заранее закачанных в ресивер-накопитель под высоким давлением (более 200 кгс/см²). Требуемое давление в ресивере-накопителе и, соответственно давление ПТ в вытеснителе, поддерживаются газовым редуктором. В такой схеме полезно используется почти весь газ, вырабатываемый азотогенератором.

Проведён сравнительный анализ рассмотренных схем и определены области рационального использования каждой из них.

Разработаны конструкции двух вариантов систем вытеснения.

УДК 62-932.4

БЕЗРАЗМЕРНАЯ СОВМЕЩЕННАЯ ОБРАБОТКА В ГЕТЕРОГЕННЫХ СРЕДАХ ОБРАЗЦОВ, ПОЛУЧЕННЫХ СЕЛЕКТИВНЫМ ЛАЗЕРНЫМ СПЛАВЛЕНИЕМ

©2018 А.В. Балякин, Е.В. Жученко, Г.В. Смирнов

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

NON-DIMENSIONAL COMBINED TREATMENT IN HETEROGENEOUS MEDIA OF SAMPLES OBTAINED BY SELECTIVE LASER MELTING

Balyakin A.V., Zhuchenko E.I., Smirnov G.V. (Samara National Research University, Samara, Russian Federation)

The paper presents the results of a study of chemical polishing in heterogeneous media of samples prepared by selective laser alloying from a titanium alloy VT6. The results of changes in the roughness of the sample surface in the longitudinal and transverse directions after polishing with solutions containing various concentrations are given. The polishing effect is analyzed for different contents of the solid phase in abrasive electrolyte paste with superposition of ultrasonic vibrations. A recommendation is given on the optimal composition and concentration in the polishing of articles made of titanium alloys produced by selective laser fusion.

Аддитивные технологии производства предлагают новые возможности для разработки и проектирования изделий и позволяют изготавливать изделия сложной формы, с выполненными в них полостями, поднутрениями, каналами охлаждения и т.д., одновременно обеспечивая значительную экономию времени и снижение веса. Формирование трёхмерного изделия, происходит путём последовательного сплавления слоёв метал-

лического материала (проволока или порошок) лучом лазера по заданной программе в соответствии с трёхмерной моделью. Лазерное выращивание применяется в целях создания деталей с градиентными свойствами, включающими в себя бионический дизайн или латисные структуры, а также изделий с дополнительным набором свойств, например износостойкости, жаропрочности, коррозионной стойкости и т.д. Технологии аддитив-

ного производства позволяют как создавать новые, так и восстанавливать повреждённые или изношенные детали. Шероховатость поверхности при селективном лазерном сплавлении составляет Ra от 1,7 до 3,2 мкм, при технологии прямого лазерного выращивания Ra от 3,7 до 6,0 мкм. Это означает, что постобработка всегда будет востребована, для достижения желаемого качества поверхности и геометрии конечной детали. Сочетание лазерного выращивания и последующей обработки является предметом данного исследования.

Одним из условий повышения ресурса и надёжности работы деталей в сборочном узле является применение в технологическом процессе их изготовления методов обработки, не вносящих в поверхностный слой существенных положительных растягивающих остаточных напряжений. Одним из таких методов отделочной обработки является безразмерное электрохимическое полирование, исключаящее силовое воздействие на материал, и не вносящее в поверхностный слой существенные растягивающие напряжения.

Для титановых сплавов, из которых были выращены экспериментальные образцы, полирование наиболее эффективно проводить в кислотных электролитах, позволяющих снизить шероховатость до Ra=0,2...0,08 мкм и к тому же частично удалить слоистую структуру, унаследованную от способа изготовления образцов при выращивании, что положительно отражается на эксплуатационных характеристиках деталей. Найденное нами соотношение компонентов электролитов способствует эффективному выравниванию скоростей растворения различных компонентов титанового сплава ВТ6. Величина съёма при этом составляет 10...20 мкм, поэтому данный метод можно отнести к прецизионным, отделочным методам обработки.

Основным недостатком указанного способа является его низкая производительность. Образующаяся на обрабатываемой поверхности пассивирующая плёнка окисной или окисно-адсорбционной природы, тормозит растворение металла. Введение дополнительного фактора механического разрушения пассивирующих плёнок на выступах микро-

рельефа может резко активизировать его производительность, повысить количество деталей, обработанных в одном электролите. Таким фактором может стать ультразвуковое колебание обрабатываемой детали при модификации электролита в гетерогенную смесь с абразивом, который является одним из главных компонентов при организации совмещенной ультразвуковой и электрохимической обработки.

Экспериментальные исследования проводились на образцах из сплава ВТ6 в кислотных электролитах с содержанием 10% HF+10% HNO₃ с добавлением абразива и использованием УЗ. В ходе экспериментов установлено, что:

- Во-первых, увеличение твёрдой фазы в составе пасты способствует быстрому достижению полирующего эффекта для различной зернистости абразивов (особенно для среднего абразива);

- Во-вторых, начиная с соотношения между твёрдой и жидкой фазой 5:3 при дальнейшем увеличении соотношения усиление полирующего эффекта ослабевает и при соотношении 7:1 шероховатость начинает снижаться медленнее. Усиление полирующих свойств при увеличении объёма твёрдой фазы в пасте можно объяснить увеличением доли абразивного съёма, т.е. собственно ультразвуковой обработкой, активизирующей поверхность для химического полирования. Ослабление полирующего эффекта при увеличении доли твёрдой фазы в пасте сверх 7:1 по объёму объясняется ослаблением воздействия механизма химического полирования на процесс. Это хорошо видно как в пастах со средним абразивом, так и с мелким.

Таким образом, исследование процесса химического полирования поверхностей с наложением УЗ колебаний на образцы в абразивноэлектролитных пастах на основе смеси (А)+10% HF+10% HNO₃ = 25 : 3 : 3 (по объёму) показали, что шероховатость обработанной поверхности титанового сплава ВТ6 снижается с значений Ra=30 мкм до Ra=0,08...0,06 мкм. При этом частота колебаний концентратора 15...18 кГц, время экспозиции 10...12 мин.