

ХИМИЧЕСКОЕ ПОЛИРОВАНИЕ ОБРАЗЦОВ ИЗ СПЛАВА VT6, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОГО СПЛАВЛЕНИЯ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛЛОВ

©2018 А.В. Балякин, Е.И. Жученко, Д.Л. Скуратов

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

CHEMICAL POLISHING OF SAMPLES FROM ALLOY VT6, OBTAINED BY THE METHOD OF LASER ALLOYING OF POWDER MATERIALS

Balyakin A.V., Zhuchenko E.I., Skuratov D.L. (Samara National Research University,
Samara, Russian Federation)

The results of a study of chemical polishing of samples made of alloy VT6 made by selective laser alloying are presented in the article. The etching rate and the surface roughness change in the longitudinal and transverse directions after polishing with solutions containing various concentrations of hydrofluoric and nitric acids were analyzed. A recommendation is given on the optimal composition and concentration of the acid solution in the polishing of articles made of titanium alloys produced by selective laser fusion.

Высокие эксплуатационные характеристики деталей из титановых сплавов, хорошая коррозионная стойкость и биосовместимость делают эти сплавы востребованными во многих отраслях промышленности [1,2]. Наиболее широко титановые сплавы используются в аэрокосмической, машиностроительной, медицинской и других отраслях для изготовления высокоточных, тонкостенных, сложнопрофильных деталей с системой внутренних каналов и полостей [3, 4].

Селективное лазерное сплавление (СЛС) - одно из перспективных направлений аддитивного производства, при котором происходит трёхмерное формирование изделия путём последовательного сплавления слоёв порошкового материала лучом лазера по заданной программе [5, 6]. В зависимости от технологии объект может строиться либо снизу-вверх, либо наоборот, и получать различные свойства. Технология СЛС обеспечивает высокий коэффициент использования материала и позволяет получать у заготовок минимальный припуск на постобработку, что делает СЛС перспективной технологией для производства деталей сложной формы. Детали, полученные в настоящее время по технологии СЛС, как правило, имеют достаточно большую шероховатость поверхности, которая может достигать значений $Ra = 4,5$ мкм и $Rz = 32$ мкм, что не удовлетворяет техническим требованиям, предъявляемым к деталям при их производстве.

Вопрос постобработки сложнопрофильных тонкостенных деталей, изготовленных по данной технологии, проявляется особенно остро, когда необходима обработка внутренних поверхностей деталей и очищение этих поверхностей от несплавленных частиц порошка. Методами механической обработки резанием не всегда удается достичь требуемого результата из-за сложного профиля поверхностей, тонких стенок деталей и малых припусков на механическую обработку. Кроме того, при механической обработке тонкостенных деталей из титановых сплавов из-за низкой теплопроводности материала в поверхностном слое могут произойти структурные и фазовые превращения, сопровождающиеся формированием растягивающих остаточных напряжений и короблением деталей [7, 8].

Сплав VT6 относится к системе легирования титан-алюминий-ванадий и имеет двухфазную ($\alpha+\beta$) структуру. Благодаря полиморфизму и протекающему при ускоренном охлаждении мартенситному превращению двухфазные титановые сплавы можно эффективно упрочнять термообработкой, включающей закалку и старение, которая позволяет повысить его прочность при некотором снижении пластичности [1,2]. При нагревании титан и его сплавы активно поглощают газы – кислород, азот, водород, образуя газонасыщенные слои со структурой твёрдого раствора внедрения, а при их содержании выше предельного значения – со-

ответствующие соединения. Наличие в материале этих соединений значительно повышают его твёрдость и резко снижают ударную вязкость, а также способность к пластической деформации [9].

При обработке в растворах кислот титановые сплавы проявляют склонность к наводороживанию, что неблагоприятно сказывается на физико-механических свойствах изделий. Следует также отметить, что на скорость травления и шероховатость поверхности образцов, изготовленных методом селективного лазерного сплавления и подвергнутых химическому полированию раствором, состоящим из HF и HNO₃, влияют характер исходной шероховатости поверхности и наличие или отсутствие несплавленных участков.

Влияние ранее указанных факторов на качество полирования проявляется в скоплении продуктов реакции H₂TiF₆ и NO₂ во впадинах поверхности, величина и расположение которых определяется стратегией сканирования лазерным лучом, что в свою очередь перекрывает доступ раствора для химического полирования к обрабатываемой поверхности и, как следствие, к ухудшению её конечной шероховатости.

Результаты эксперимента по исследованию влияния различных концентраций раствора фтористоводородной и азотной кислоты на скорость травления и качество поверхности при химическом полировании титанового сплава ВТ6 показали, что оптимальным составом для полирования являются растворы с содержанием: 10%HF+10%HNO₃ и 5%HF+6%HNO₃. Шероховатость поверхности образцов в продольном и поперечном направлениях при их химическом полировании первым раствором уменьшились соответственно в 2,36 и в 1,24 раза, а при полировании вторым раствором снизились соответственно в 1,50 и в 11,34 раза.

Рассмотренный в данной статье способ химического полирования деталей из титанового сплава ВТ6 раствором плавиковой кислоты с добавлением азотной кислоты может быть использован в качестве постобработки сложнопрофильных тонкостенных деталей, изготовленных по технологии СЛС. В качестве основного раствора для химиче-

ского полирования титановых сплавов авторы рекомендуют использовать 10% раствор фтористоводородной и азотной кислот.

Интенсивность химического полирования титановых сплавов раствором кислот HF+HNO₃ возможно увеличить за счёт регулярного перемешивания раствора. Это освобождает обрабатываемую поверхность от скопления гексафтортитановой кислоты, двуокиси азота и воды.

Авторы выражают особую благодарность сотрудникам кафедры химии Самарского университета, оказавшим помощь в приготовлении растворов для травления и проведении экспериментальных исследований.

Библиографический список

1. Авиационные материалы / Туманов А. Т., Альтман М. Б., Глазунов С. Г., Кишкина С. И., Под ред. Туманова А. Т. - 6-е изд., перераб. и доп. изд. - М.: ОНТИ, 1973.
2. Ильин, А.А. Титановые сплавы. Состав, структура, свойства: справочник / А.А. Ильин, Б.А. Колачёв, И.С. Польшкин. - М.: ВИЛС - МАТИ, 2009. - 520 с.
3. Балякин, А.В. Исследование применения технологий быстрого прототипирования для изготовления лопаток турбины ГТД / А.В. Балякин, Е.М. Добрышкина, Р.А. Вдовин, В.П. Алексеев // Известия Самарского научного центра РАН. - 2016. - Т. 18. - №4-6. - С. 1168-1172.
4. Агаповичев, А.В. Разработка методики литья сложных деталей аэрокосмического профиля с использованием аддитивных технологий / А.В. Агаповичев, В.Г. Смелов, А.В. Балякин // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета им. академика С.П. Королёва (национального исследовательского университета). - Самара: СГАУ, 2014. - С. 166-173.
5. Балякин, А.В. Остаточные напряжения заготовок из сплава ВТ-22 после деформации и отжига / А.В. Балякин, Е.А. Носова, Н.В. Галкина // Известия Самарского научного центра РАН. - 2017. - Т. 19. - №1. Ч.1. - С. 25-30.
6. Сотов, А.В. Разработка методики проектирования технологических процессов изготовления деталей ГТД методом селективного лазерного сплавления порошка жаро-

прочного сплава ВВ751П / А.В. Сотов, Н.Д. Проничев, В.Г. Смелов и др. // Известия Самарского научного центра РАН. - 2017. - Т. 19. - №4. - С. 96-104.

7. Shvetcov A.N., Skuratov D.L. Investigation of conditions of processing influence on micro-hardness distribution in surface layer during diamond burnishing of samples of FeC0.15Cr12Ni2 steel // Key Engineering Materials, 2017. Vol. 746 KEM. Pp. 290-295.

8. Evdokimov D.V., Skuratov D.L., Fedorov D.G. Influence of tool wear on the heat-flux distribution and temperature at the contact surfaces in the end milling of OT4 titanium alloy // Russian Engineering Research. 2016. Vol. 36. Issue 4. Pp. 324-327.

9. ОСТ 1 900013-81 Титановые сплавы. Марки. [Текст] – Введ. 01.07.1981. – М.: Издательство стандартов, 1982. - 6 с.

УДК 621.373.826

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИН ДЕФОРМАЦИИ РАЗМЕРОСТАБИЛЬНОЙ НЕСУЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОГО КОМПЛЕКСА ПРИ ТЕМПЕРАТУРНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

©2018 А.С. Нонин¹, А.С. Ткаченко¹, Д.Н. Вобликов¹, Н.А. Сазонникова²

¹Акционерное общество «Ракетно-космический центр «Прогресс», г. Самара,

²Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

DETERMINATION DEFORMATION VEHICLES OF THE DIMENSION-STABLE BEARING- CONSTRUCTION OF THE OPTICAL-ELECTRONIC COMPLEX AT TEMPERATURE IMPACT

Nonin A.S., Tkachenko A.S., Voblikov D.N. (JSC SRC "Progress", Samara, Russian Federation)

Sazonnikova N.A. (Samara National Research University, Samara, Russian Federation)

In order to improve monitoring of the provisions of parts during assembly, final operations and subsequent operation the laser measuring system is designed to control the angular position of the structure. The method of "inverse angled serifs" was constructed to solve this problem. Measuring channel implements a triangulation method. In accordance with the method of each video camera measures the viewing angles of the laser diode, located at the checkpoint. Control surface areas has two phases: the control position of seats held without technological loads and after loading.

Дистанционное наблюдение поверхности Земли из космоса является одним из наиболее динамично развивающихся направлений коимических технологий. Это обусловлено широкими возможностями практического применения получаемой информации в самых разных областях. Использование космических снимков поверхности Земли значительно повышает эффективность работы в области сельского хозяйства, метеорологии, предотвращения чрезвычайных ситуаций и других.

Для выполнения дистанционного наблюдения поверхности Земли из космоса космическим аппаратам ДЗЗ выдвигаются высокоточные требования в части ОЭК. Успешная работоспособность ОЭК зависит в большей степени от успешного размещения

и фиксированной установки с сохранением с заданной точностью взаимного положения и ориентации оптических и электро-механических узлов и блоков ОЭК при наземной отработке и штатной эксплуатации.

Цель проведения работ – разработка методики для сокращения трудозатрат при определении величин деформаций размеростабильной несущей конструкции (РСНК) оптико-электронного комплекса (ОЭК) при температурном воздействии.

Объект для проведения работ - РСНК объектива с установленными узлами главного, сферического и плоского зеркал из состава ОЭК.

РСНК разрабатывается с использованием композиционных материалов на основе углепластика и представляет собой интегри-