

УДК 621.79.02

Я. Ю. Никитин*

Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов ГНЦ РФ,
г. Москва

**nikitinyj@viam.ru*

Научный руководитель – проф., д-р техн. наук *Н. А. Ночовная*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ОЧИСТКИ ОТ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ НА СВОЙСТВА ПОВЕРХНОСТИ ЖАРОПРОЧНОГО ТИТАНОВОГО СПЛАВА VT20

В работе получены данные по эффективности очистки образцов титанового сплава VT20 от эксплуатационных загрязнений с помощью зарубежных и отечественных химических технологий. Исследованы активность, шероховатость поверхности, а также технологические характеристики припоя ВПр16 (растекаемость и угол смачиваемости) до и после очистки от загрязнений.

Ключевые слова: эксплуатационные загрязнения, нагар, очистка, титановые сплавы, свойства поверхности.

Ya. Yu. Nikitin

STUDY OF TECHNOLOGY FOR CLEANING OF OPERATIONAL POLLUTION ON THE SURFACE PROPERTIES OF HEAT RESISTANT TITANIUM ALLOY VT20

The paper presents data on the sample purification efficiency of titanium alloy VT20 from operational pollution by means of foreign and domestic chemical technologies. Activity investigated surface roughness and processability VPr16 solder (spreadability and wettability angle) before and after cleaning.

Keywords: operational pollution, soot, cleaning, titanium alloys, surface properties.

При эксплуатации газотурбинных двигателей (ГТД) и газотурбинных установок (ГТУ) происходит необратимая потеря их мощности и коэффициента полезного действия в силу различных причин. Одной из таких причин может служить образование загрязнений (нагаров) на лопатках компрессора.

Несмотря на проведения мероприятий по очистке проточной части компрессора в процессе эксплуатации, рано или поздно приходится сталкиваться с остановкой ГТД (ГТУ) и проведением очистки лопаток от нагара в заводских условиях. Наиболее распространенными в заводских условиях методами очистки являются механический и химический.

В зарубежной и отечественной литературе отсутствуют данные по влиянию различных способов очистки поверхности от нагара на свойства материалов, в том числе и на свойства титановых сплавов, которые все более широко применяются для изготовления лопаток компрессора низкого и высокого давления.

Ввиду вышесказанного цель настоящей работы – изучить влияние химических технологий очистки от эксплуатационных загрязнений (нагара) на свойства поверхности жаропрочного титанового сплава ВТ20. Основными задачами являлось изучение:

- эффективности очистки образцов от нагара гравиметрическим методом, визуально невооруженным взглядом и с помощью растровой электронной микроскопии (РЭМ), а также с помощью рентгеноспектрального микроанализа (РСМА);
- активности поверхности образцов до и после очистки от нагара по значениям потенциала поверхности;
- шероховатости поверхности образцов до и после очистки от нагара;
- технологических характеристик припоя ВПр16 на образцах до и после очистки от нагара.

Исследования были проведены на жаропрочном псевдо-альфа-титановом сплаве ВТ20.

В виду дороговизны и труднодоступности деталей ГТД исследования были проведены на лабораторных образцах. На часть образцов были нанесены загрязнения, имитирующие эксплуатационные (нагары), по технологии, разработанной ФГУП «ВИАМ».

В качестве средств очистки от нагара были исследованы восемь зарубежных и отечественных химических технологий (составов): водный очищающий раствор по ПИ 1.2.118, двухстадийная очистка в щелочном и кислотном растворах («рыхление + травление»), моющий раствор *TSP-3030*, моющий раствор *TSP-5050*, очиститель *ZOK-27*, очиститель *See Bee EPC-1*, кислотный очиститель *AP 954* и щелочной очиститель *HDL 202*.

Наиболее эффективная очистка образцов от нагара была достигнута с использованием состава *HDL 202*, очищающего раствора по ПИ 1.2.118 и технологии «рыхление + травление». Результаты визуального осмотра и РЭМ подтверждают отсутствие на поверхности образцов каких-либо загрязнений. В спектрограммах, полученных при помощи РСМА с различных участков поверхности очищенных образцов, присутствуют только элементы, входящие в химический состав сплава. Однако на образцах, очищенных с использованием состава *HDL 202* и по технологии «рыхление + травление», зафиксирована убыль массы (до 0,2 г/м²). При исследовании поверхности с помощью РЭМ было обнаружено отличие макроструктуры поверхности образца, очищенного с использованием

состава *HDL 202*, от макроструктуры исходного образца, что свидетельствует о небольшом травлении поверхности.

Результаты исследований поверхностного потенциала говорят о том, что вне зависимости от технологии очистки от нагара происходит снижение значений поверхностного потенциала на 24 % при обработке очищающим раствором по ПИ 1.2.118 и примерно на 50 % при использовании состава *HDL 202* и технологии «рыхление + травление». Таким образом, удаление нагара с использованием очищающего раствора по ПИ 1.2.118 обеспечивает наиболее близкое значение поверхностного потенциала к исходному состоянию, что, возможно, сможет позволить проводить операции по нанесению защитных покрытий без специальной (или промежуточной) подготовки поверхности.

Рельеф и профили очищенных поверхностей имеют вид, схожий с поверхностью исходных образцов. Значения R_a и R_z для исходных образцов и образцов, очищенных по различным технологиям, лежат в одном диапазоне (0,50–0,80 мкм для R_a и 6,3–10 мкм для R_z). Полученные данные свидетельствуют о том, что травление поверхности, которое происходит при использовании состава *HDL 202* и технологии «рыхление + травление», идет равномерно по всей поверхности без образования впадин и выступов.

Технологические характеристики припоя ВПр16 (растекаемость и угол смачиваемости) не ухудшились после очистки образцов от нагара с использованием состава *HDL 202*, очищающего раствора по ПИ 1.2.118 и технологии «рыхление + травление», что позволяет говорить о беспрепятственном проведении ремонта очищенных деталей методом пайки.

На основании проведенных исследований можно заключить, что наиболее полное удаление нагара с поверхности образцов из титанового сплава ВТ20 обеспечивает водный очищающий раствор по ПИ 1.2.118, состав *HDL 202* и двухстадийная технология «рыхление + травление». Данные технологии очистки не оказывают влияния на значения шероховатости поверхности и технологические характеристики припоя ВПр16. Наиболее высокую (близкую к исходным значениям) активность поверхности после удаления нагара обеспечивает очищающий раствор по ПИ 1.2.118. При применении для удаления нагара двухстадийной технологии «рыхление + травление» и состава *HDL 202* может происходить легкое общее травление очищаемых деталей.