

в интервале 3750-3000  $\text{см}^{-1}$ , принадлежащей валентным колебаниям гидроксильных групп нейтрального лиганда, так и наличием в области частот 1687-1603  $\text{см}^{-1}$  абсорбционных полос, принадлежащих валентным колебаниям координированной карбонильной группы ацетилацетона без образования квазиароматического хелатоцикла. В целом в ИК-спектрах соединений, описываемых общей формулой  $x\text{Sm}(\text{acac})_2 \cdot y\text{Sm}(\text{acac})_3 \cdot z\text{Hacac}$ , наблюдается ослабление поглощения в интервале 1600-1500  $\text{см}^{-1}$  и его усиление в диапазоне до 1400  $\text{см}^{-1}$ . Такое поведение частот свидетельствует об ослаблении СО-, СС- полуторных связей, что характерно при углублении процесса полимеризации 2,4-дикетонатных комплексов f-элементов. Возрастание степени полимеризации сопряжено с увеличением количества дативных связей, что можно считать, в целом, признаком формирования олигомеров в синтезированных соединениях.

Анализ масс-спектрометрических данных подтверждает выводы о составе исследуемых хелатокомплексов, сделанные на основании элементного анализа и ИК спектроскопических данных. Так, в масс-спектре  $[\text{Sm}_4(\text{Hacac})_3(\text{acac})_8]$  обнаружены достаточно интенсивные сигналы, принадлежащие олигомерам:  $[\text{Sm}_2\text{L}_4]^+$ ,  $[\text{Sm}_3\text{L}_6]^+$ ,  $[\text{Sm}_4\text{L}_8]^+$ ,  $[\text{Sm}_5\text{L}_{10}]^+$ ,  $[\text{Sm}_6\text{L}_{12}]^+$ ,  $[\text{Sm}_{10}\text{L}_{20}]^+$ ,  $[\text{Sm}_2\text{L}_4]^+$ .

Таким образом, продемонстрирована возможность получения наноразмерных (от 10 нм) олигомерных соединений самария с ацетилацетоном. В зависимости от количества прошедшего электричества могут быть получены хелаты со смешанной степенью окисления по металлу (самария(II,III)), самария (II) и самария (III).

Причем в первых двух случаях образуются олигомерные соединения наноразмерного уровня.

УДК 621.357.76

С.Н. Юркевич, нач. ТБ ИРД АТ;  
Т.Л. Полякова, вед. инж.-технолог;  
И.В. Лапич, начальник ТО – главный технолог;  
И.М. Ващенко, инж.-технолог;  
К.Г. Андриенок, инж.-технолог;  
Н.М. Аблажей, инж.-технолог  
(ОАО «558 Авиационный ремонтный завод», г. Барановичи)

## **ТЕХНОЛОГИЯ НАНЕСЕНИЯ КАЧЕСТВЕННОГО ХРОМОВОГО ПОКРЫТИЯ НА ДЕТАЛИ ИЗ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ**

Детали из титановых сплавов широко применяются в авиационной технике. При сравнимой прочности они гораздо легче стальных деталей. Однако уступают стальным деталям по износостойкости.

С целью повышения износостойкости и поверхностной твердости авиационных деталей из титановых сплавов, проводится их хромирование или никелирование.

Электроосаждение хрома на титановые сплавы сопряжено со значительными трудностями. Одной из них является невозможность нанесения хромового покрытия на детали с макробалльностью, по разным источникам, от 7 и более баллов (1) и 5 и более баллов (2).

Выход из ситуации с высокой макробалльностью - это модификация поверхности детали для получения равномерного осажденного герметичного хромового покрытия на изделиях из титановых сплавов (BT3-1, OT4, OT4-1, BT5-1, BT5Л, BT6 (BT6С), BT9, BT22, BT23).

Проведены измерения толщины покрытия, размера макрозерна у края поверхности и в сердцевине четырех образцов штоков с маркировками № 1-№ 4 из титанового сплава BT6С.

Опыты показали, что введение дополнительной операции (алмазного выглаживания) перед 1-м диффузионным отжигом позволило получить качественное хромовое покрытие на образце, имеющем макробалльность 6-7 баллов.

Было установлено, что термодиффузионный отжиг не измельчает размер зерна.

Другой трудностью является образование прижогов после механической обработки. Титановые сплавы чувствительны к нарушениям режимов механической обработки, и при малейшем отклонении от оптимальных значений скорости вращения детали или подачи инструмента образуются прижоги.

Прижог характеризуется: фазово-структурным изменением исходного состояния материала, морфологией (формой) дефектных участков и глубиной распространения (табл. 1). Прижоги резко снижают характеристики сопротивления повторным и знакопеременным нагрузкам.

Кроме выше указанного, на хромирование деталей из титановых сплавов влияют загрязнения, не удаленные до термической обработки (диффузионного отжига). Загрязнения при нагреве до 740 °С изменяют химсостав поверхностного слоя металла, и покрытия на места загрязнений не ложатся.

Для обеспечения защиты от загрязнений необходимо вводить операцию обезжиривания после механической обработки и упаковку в полиэтиленовые мешочки для передачи на термодиффузионный отжиг. В случае проявления такого рода загрязнений, возможно их устранение полированием в пределах допуска на размер.

**Таблица 1 – Характеристика прижогов**

Характеристика прижогов	1 тип		2 тип
	низкотемпературный		высокотемпературный
Цвет поверхности пленки	темно-серый		от соломенного до коричнево-оранжевого
Морфология	отдельные штрихи	группы штрихов, полосы	группы штрихов, полосы, пятна
Проявление на травленной поверхности	в виде серовато-белых участков по форме прижога		в виде белых участков по форме прижога
Общая глубина дефектного слоя, мкм	до 10 мкм	до (20-50) мкм	(60-120) мкм
Предел усталости плоских образцов	снижает предел усталости на:		снижает предел усталости на
	20%	(50-60) %	(70-90) %
Заключение о дефекте:			
	Данный дефект может быть устранен при удалении слоя дву- и однократной глубины при обработке соответственно методами чистового шлифования или методом гидропескоструйной обработки.		Детали с прижогом 1-й степени должны быть отнесены к окончательному браку. Для восстановления прочностных характеристик сплава до уровня исходных требуется удаление слоя шести-семикратной глубины альфированного слоя с включениями

**Процесс нанесения хромового покрытия на детали из титановых сплавов.**

Технологический процесс хромирования деталей из титановых сплавов состоит в нанесении комбинированного двухслойного покрытия хром молочный – хром твердый с промежуточным термодиффузионным вакуумным отжигом, улучшающим прочность сцепления покрытия с основой. Обязательными операциями технологии хромирования деталей из титановых сплавов являются шлифование твердого хромового покрытия, позволяющее контролировать прочность сцепления покрытия с поверхностью деталей и предварительное упрочнение поверхности перед 1-м термодиффузионным отжигом. Твердое хромирование необходимо проводить в стандартном серноокислом электролите.

Технологический процесс нанесения хромового покрытия состоит из следующих стадий:

- **контроль на прижоги;**
- **упрочнение (модификация) поверхности;**
- обезжиривание;
- **первый термодиффузионный отжиг в вакуумной печи;**
- пескоструйная обработка поверхности;

- гидридная обработка поверхности;
- молочное хромирование;
- обезжиривание;
- **второй термодиффузионный отжиг в вакуумной печи;**
- пескоструйная обработка поверхности;
- электрохимическая активация;
- твердое хромирование;
- шлифование твердого хромового покрытия.

В отличие от требований к деталям с покрытиями из традиционных сплавов, сталей и алюминиевых сплавов, процесс изготовления деталей из титановых сплавов с хромированием требует повышенного внимания к соблюдению настоящей инструкции, более высокой культуры производства и более тщательного контроля ОТК по следующим причинам:

- процесс более чувствителен к нарушениям и отклонениям от установленных технологических режимов;

- в случае нарушения покрытия в процессе эксплуатации, работоспособность узла трения значительно снизится из-за пониженных антифрикционных свойств титановых сплавов.

### **Заключение**

1. Модифицирование поверхности деталей из титановых сплавов путем изменения механической обработкой макробалльности поверхностного слоя позволяет наносить качественные покрытия на детали со структурой, имеющей макробалльность от 5 и более баллов.

2. Представляется возможным использовать для изменения балльности поверхностного слоя алмазное выглаживание, обкатку роликами, шариком, обработку ультразвуком, взрывом, магнитоимпульсную обработку и иную.

3. Разработана методика определения и устранения прижогов и методы недопущения и удаления загрязнений.

4. Разработана технология нанесения качественного хромового покрытия на детали авиационной техники из титановых сплавов.

5. В результате применения технологии изготовлено и отремонтировано 239 деталей на общую сумму 246 687 долларов США.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1 Инструкция ВИАМ ПИ 1.2.089-78 «Хромирование деталей из титановых сплавов».

2 Технологическое указание ТУК 100-75 «Хромирование деталей из титановых сплавов».

3 Инструкция ВИАМ ПИ 1.2.023-77 «Химическое никелирование деталей из титановых сплавов».