

УДК 621.452.3.03-761:669.71:620.193

doi: 10.32620/aktt.2021.4sup1.16

А. Д. ПОПОВ, А. І. ДОЛМАТОВ, В. Ф. СОРОКІН

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», Україна

ВПЛИВ ПРОМИСЛОВИХ ОЧИЩУВАЛЬНИХ РІДИН НА АНОДНО-ОКИСНЕ ЗАХИСНО-ДЕКОРАТИВНЕ ПОКРИТТЯ ОТРИМАНЕ У РОЗЧИНІ ХРОМОВОГО АНГІДРИДУ

Предметом дослідження в даній статті є анодно-окисне покриття алюмінієвих деталей корпусного типу агрегатів авіаційних двигунів і агрегатів літальних апаратів під впливом очищувальних рідин різної природи та хімічного складу. Метою даної роботи є експериментальна перевірка впливу різних очищувальних рідин, при різних умовах роботи і на різному устаткуванні стійкості анодно-окисного захисного покриття. Виконано ряд експериментів на миючих машинах трьох типів: миюча машина для струменевої мийки та мийки зануренням, котра працює на усіх видах водорозчинних миючих засобів, миюча машина очищення у вакуумному середовищі або середовищі зниженого тиску, використовує в якості миючої рідини модифіковані спирти чи вуглеводні розчинники і спеціалізований стенд з очищення деталей авіаційним гасом, авіаційним паливом ТС-1 або jetA-1. Були охоплені режим і промивання на всьому діапазоні роботи даного обладнання. Визначені умови роботи двигунів та агрегатів та необхідність використання анодно-окисного покриття деталей. Розглянуті основні види рідин для промивання деталей. Для кожного з експериментів визначена спеціальна технологія виконання даних досліджень, в якості технологічних параметрів, параметрів котрі можуть змінюватися та впливати на стійкість покриття, були встановлювалися наступні температура, концентрація миючої рідини, час роботи, робочий тиск в системі подачі миючої рідини. Зміна кожного з вказаних параметрів проводилася з фіксацією інших технологічних параметрів для визначення безпосередніх показників впливу кожного з параметрів та встановлення зростання їх впливу на анодно-окисне покриття. Визначено умови при яких настає руйнування покриття та процент його пошкодження від загальної поверхні деталі, при цьому також визначалася якість очищення деталі по гранулометричному складу та на візуальним методом. Визначено, що найбільшим негативним впливом на анодно окисне покриття у розчині хромового ангідриду є кислотні та лужні водорозчинні миючі рідини пори те вони мають найкращу якість очищення від забруднень, для них визначені діапазон показників при яких не псується покриття.

Ключові слова: мийка; покриття; хромовий ангідрид; миюча машина; пошкодження покриття; миюча рідина.

Вступ і постановка проблеми

Більшість корпусних деталей виготовляються з алюмінієвих сплавів і підлягають нанесенню захисних покриттів. Це робиться для продовження терміну служби і захисту сплаву від корозії. По оцінкам спеціалістів більше як у 60 відсотках випадків відмова обладнання пов'язана з впливом вологи та тепла [1].

Найбільш поширеним видом захисного покриття є анодно-окисне покриття в розчині хлору (хромового ангідриду). Дане покриття є міцним і стійким до різного роду впливам таким як масло, бензин, гас, морська вода і т.д. У роботі [2] описаний вплив авіаційних палив на матеріали та покриття деталей авіаційних двигунів. Однак як і будь-яке покриття, анодно-окисне покриття може бути пошкоджено або зіпсовано в процесі виготовлення цих деталей. Згідно [2] і [3] основним показником, що впливає на корозійну стійкість покриття є вологість. В процесі виробництва найчастіше псування відбу-

вається на операціях промивання анодованих деталей. Це пов'язано з допуском ряду помилок, що допускаються під час підбору миючої рідини, порушення режимів очищення, підвищенням або зниженням водневим показником рН [3]. У зв'язку з цим особливою важливим стає точний підбір технологічних режимів при промиванні деталей.

Найбільшого розповсюдження у виробничих процесах очищення авіаційних деталей отримали наступні процеси:

- ультразвукове очищення (УЗВ) – метод очищення, де роботу виконують виникаючі під дією ультра хвильових коливань нелінійні ефекти такі як кавітація та акустичні течії [4]. В УЗВ в якості робочих рідин можуть використовуватися промивні рідини різних типів;
- струменеві очищення – очистка де роботу виконують механічна взаємодія струменю та забруднень. Використовуються водорозчинні промивні рідини [5];
- очистка занурюванням – метод очищення де

видалення за брудненням відбувається без механічного впливу на забруднення.

Метою роботи є експериментальне визначення впливу різних промивних рідин на анодно-окисне захисне покриття в розчині, що містить хромовий ангідрид (далі Ан.Окс.Хром) при різних режимах очищення з урахуванням якості очищення на цих режимах.

Основна частина

Згідно ОСТ 1 90370-86 прийняті 4 групи умов експлуатації деталей і виробів:

- легкі умови експлуатації;
- середні умови експлуатації;
- жорсткі умови експлуатації;
- дуже жорсткі умови експлуатації [6].

Деталі й агрегати авіаційних двигунів працюють у всьому діапазоні зазначених умов. Відповідно дані деталі необхідно захистити від корозії, найбільш широке застосування отримали алюмінієві деталі покриті захисним покриттям Ан.Окс.Хром з подальшим їх фарбуванням. Даний метод дозволяє забезпечити кращі захисні показники при тривалому терміні експлуатації.

Анодне окисдування алюмінію - процес отримання на алюмінії окисної плівки з електрохімічних розчинів кислот і лугів.

Анодно-окисні покриття поділяють на такі групи:

- захисні (10...50 мкм) – пред'являються вимоги тільки по корозійній стійкості;
- захисно-декоративні (10...50 мкм) – важлива не тільки корозійна стійкість, але і зовнішній вигляд (сюди ж можна віднести кольорові і пофарбовані);
- тверді (зазвичай 80 мкм) – в першу чергу потрібна підвищена мікротвердість і зносостійкість поверхні.
- електроізоляційні (40...90 мкм) – оцінюється величина пробивної напруги;
- тонкошарові (до 9...15 мкм) – використовуються, як правило, під забарвлення, або для збереження глянцевої поверхні після покриття;

Операції мийки (промивання) деталей різноманітні можуть виконуватися на різному устаткуванні, різними методами відповідно робочих (промивних) рідин дуже велика кількість. Однак всі рідини можна розділити на дві групи:

1. Рідини на водній основі (водорозчинні рідини):
 - а) кислотні,
 - б) нейтральні,
 - в) лужні.
2. Розчинники:
 - а) легкі нафтопродукти (бензин, гас, уайт спирт),
 - б) вуглеводні (трихлоретилен, перхлоретилен, фреони),

в) модифіковані спирти.

Експеримент полягає у визначенні режимів при яких відбувається часткове або повне руйнування захисного покриття Ан.Окс.Хром разом з цим будемо визначати якість очищення деталі. Під якістю очищення будемо мати на увазі відсутність стружки, пилу, доводочних паст, масел плівок і інших забруднень на зовнішніх і внутрішніх поверхнях утворюються в процесі виробництва деталі. Визначення якості очищення буде складатися з декількох етапів: визначення залишкових забруднень методом контрольного промивання з визначенням класу чистоти згідно ГОСТ 17216, візуальний контроль, контроль змочуваності поверхні за цими ознаками визначається ступінь очищення деталі [8].

Розберемо перераховані вище промивні рідини і визначимо допустимі параметри їх використання, виключаючи модифіковані спирти так як даний тип промивних рідин в зазначених виробником діапазонах роботи завдає пошкоджень покриттям [9].

Спочатку визначимо вихідні дані для проведення експерименту. Як зразки візьмемо деталі типу кришка виготовлені з алюмінієвих сплавів. Деталі виготовлені з алюмінієвих сплавів АК4, АК8, Д16Т, EN AW 7075 і EN AW 2024. На всі деталі буде нанесено покриття Ан.Окс.Хром витримуючи вимоги ГОСТ 9.301-86 [6].

Товщина покриття знаходиться у проміжку від 15 до 40 мкм.

Деталі мають світло-сірий колір з блакитним відливом, що відповідає вимогам ГОСТ 9.302-88 [6] (рис. 1).

При проведенні експериментів було обрано такі види очищення, обладнання та відповідно промивні рідини.

Експеримент 1

Струменевий метод очищення на автоматичній промивній машині



Рис. 1. Зразки деталей з нанесеним покриттям

Даний тип очищення буде здійснюється на промивній машині BVL Mosel 600R, (рис.2).

Дана установка являє собою машину для струменевого очищення та очищення зануренням з мож-

лівістю підключення ультразвукового очищення. Обладнана двома баками для забезпечення двоступеневого циклу промивки (перша ступінь – це промивка друга – полоскання). Деталі встановлюються в спеціальний обертовий кошик.

Робоча температура від 15 до 65.



Рис. 2. BVL Mosel 600R

Промивання буде здійснюватися на промивній машині BVL Mosel 600R без ультразвукового впливу за наступним циклом:

Промивання (обертання кошика з частотою 6 обороту в хвилину).

Струменева мийка з обливанням з форсунок (час 300 секунд) → Мийка зануренням (300 секунд) → Струменева мийка (час 300 секунд).

Полоскання (обертання кошика з частотою 6 обороту в хвилину).

Струменева мийка з обливанням з форсунок (час 300 секунд) → Мийка зануренням (180 секунд) → струменева мийка з обливанням з форсунок (час 60 секунд).

Сушка (обертання кошика 6 оборотів в хвилину).

Вакуумна сушка (540 секунд) → Сушка обдуванням стисненим повітрям (60 секунд).

Промивна рідина – водорозчинний промивальне засіб з пакетом присадок поверхнево активних синтетичних речовин (ПАР).

При проведенні експериментів будемо використовувати 3 типи рідин: кислотну (Ph 4...5), нейтральну (Ph 6...9) і лужну (Ph 9...14).

Експеримент 1.1

Таблиця 1

Кислотний миючий засіб (Ph 4,5)

№	Температура, °C	Ступінь пошкодження покриття	Якість очищення
1	30±2	Пошкоджень не має	Середня
2	40±2	Пошкоджень не має	Середня
3	50±2	Пошкоджень не має	Середня
4	60±2	Виявлено кілька місць локального розтріскування покриття і значна зміна кольору покриття, поява темної плівки	-

Кислотний промивний засіб має середню якість очищення в діапазоні від 15 до 50 °C при збільшенні температури очищення він пошкоджує деталі. Найбільш придатними кислотні промивні рідини є для оксидів та нальоту іржі.

Експеримент 1.2

Таблиця 2

Нейтральний миючий засіб (Ph 8)

№	Температура, °C	Ступінь пошкодження покриття	Якість очищення
1	30±2	Пошкоджень не має	Низька
2	40±2	Пошкоджень не має	Низька
3	50±2	Пошкоджень не має	Середня
4	60±2	Пошкоджень не має	Хороша
5	65±2	Пошкоджень не має	Хороша

Подальше підвищення температури проводилося на іншій установці струменевого типу здатної нагрівати робочу рідину до 95 ... 100 °C. Перші незначні потемніння були виявлені тільки при температурі вище 90 °C і при підвищенні температури вище 80°C знизилася якість очищення поверхні.

Експеримент 1.3

Таблиця 3

Лужний миючий засіб (Ph 11,5)

№	Температура, °C	Ступінь пошкодження покриття	Якість очищення
1	30±2	Пошкоджень не має	Низька
2	35±2	Пошкоджень не має	Низька
3	40±2	Пошкоджень не має	Середня
4	45±2	Пошкоджень не виявлено, виявлені кілька плям з потемнілим покриттям (рис. 3)	Хороша
4.1	48±2	Виявлено локальні пошкодження сумарною площею близько 50% від поверхневої площі деталі. Захисне покриття змінило колір від світло сірого до чорного, при збільшенні на мікроскопі видно що оксидний шар розтріскується і місцями повністю відсутній. (рис. 4)	-
5	50±2	Пошкодження більше 85% площі поверхні деталі, захисне покриття повністю відсутня на 35% поверхні. (Рис. 5)	-

Високолужний миючий засіб має найбільш вузький діапазон роботи гарантоване не ушкоджує покриття з прийнятними результатами очищення. Дані експерименти проводилися при збільшенні часу промивки в два рази і були замінені миючий

засіб на схожий за характеристиками, але іншого виробника. При збільшенні часу промивки показники температури при якій відбувалося руйнування захисного покриття не змінилися, змінилися лише кінцевий показник поверхневої площі зіпсованого покриття на деталі. При заміні рідини на рідину іншого виробника зі схожими параметрами відмінності в експериментах були незначні в межах 3..5 градусів.



а



б

Рис. 3. Локальне потемніння покриття:
а – загальний вигляд дефекту;
б – дефект при збільшенні 40х



Рис. 4. Пошкодження 50% захисного покриття



а



б

Рис. 5. Пошкодження 80 і більше % захисного покриття:

а – зовнішній вигляд пошкоджень;
б – зовнішній вигляд пошкоджень

Експеримент №2

Промивна машина Vacuum CAST 4000 (рис. 6).

У даній машині промивка, полоскання і сушка здійснюється в вакуумі. Промивання відбувається зануренням деталей і при впливі вакууму призводить до кипіння (кавітації) робочої рідини яке надає руйнівний вплив на забруднення.

Робоча рідина – спеціалізований розчинник на основі хлор-фторированих вуглеводнів має схожі характеристики з трихлоретиленом і перхлоретиленом проте менш токсичний [9].

Робоча температура від $80 \pm 3^{\circ}\text{C}$, зумовлена властивостями рідини.



Рис. 6. Вакуумна промивна машина

Експеримент № 2.1

Промивання здійснювалася за двоступінчастим циклу без підключення ультразвукового впливу:

1. Промивка (Обертання кошика з частотою 4 обороту в хвилину).

Струменева мийка (час 40 секунд) → Очищення зануренням з кипінням в вакуумі (400 секунд) → струменева мийка (час 40 секунд) → Очищення зануренням з кипінням в вакуумі (400 секунд) → вакуумна сушка (500 секунд) → фільтрація миючої рідини.

2. Полоскання (Обертання кошика з частотою 2 обороту в хвилину).

Струменева мийка (час 40 секунд) → Очищення зануренням з кипінням в вакуумі (400 секунд) → струменева мийка (час 40 секунд) → вакуумна сушка (600 секунд).

Сумарний час очищення 41 хвилину (2460 секунд).

Результат – Покрытие пошкоджено не було, якість очищення гарна.

Експеримент № 2.2

Промивання здійснювалася за двоступінчастим циклом з ультразвуковим впливом:

1. Промивка (Обертання кошика з частотою 4 обороту в хвилину).

Струменева мийка (час 40 секунд) → Очищення зануренням з кипінням в вакуумі (400 секунд) → струменева мийка (час 40 секунд) → Очищення зануренням з кипінням в вакуумі (400 секунд) → вакуумна сушка (500 секунд) → фільтрація миючої рідини.

2. Полоскання (Обертання кошика з частотою 2 обороту в хвилину).

Струменева мийка (час 40 секунд) → Очищення зануренням з кипінням в вакуумі (400 секунд) → струменева мийка (час 40 секунд) → вакуумна сушка (600 секунд).

Сумарний час очищення 41 хвилину (2460 секунд).

Результат – При активації ультразвукового впливу було виявлено незначне пошкодження покриття, а саме розтріскування покриття від локального перегріву розміром 3х6 міліметрів (рис. 7). На що залишилися поверхні деталі покриття не пошкоджене, дефектів не виявлено. Якість очищення гарна.



а



б

Рис. 7. Локальний дефект покриття:

а – загальний вигляд дефекту;

б – дефект при збільшенні 40х

Експеримент №3

Проводиться на спеціальному обладнанні.

Спеціалізоване обладнання працює за принципом прокачування робочої рідини через канали деталі одночасно з полосканням зовнішніх поверхонь деталі.

Робоча рідина - авіаційне паливо (гас, ТС-1) ГОСТ 10227-2013.

Робоча температура - 50-80 градусів Цельсія

Промивання деталей проводилась на спеціалізованому стенді. Було виконано ряд експериментів (циклів мийки), змінними параметрами (режимами промивання) при роботі були тиск і температура.

Експерименти були виконані на одній і тій же деталі.

Експеримент № 3.1

Час одного циклу мийки - 30 хвилин

Таблиця 4

Авіаційне паливо (Робочий тиск - 0,202 МПа)

№	Температура, °С	Ступінь пошкодження покриття	Якість очищення
1	50±5	Пошкоджень не має	Середня
2	60±5	Пошкоджень не має	Середня
3	70±5	Пошкоджень не має	Середня
4	80±5	Пошкоджень не має	Середня

Експеримент № 3.2

Час одного циклу мийки-30хвилин.

Таблиця 5
Авіаційне паливо (Робочий тиск – 0,356 МПа)

№	Температура, °С	Ступінь пошкодження покриття	Якість очищення
1	50±5	Пошкоджень не має	Середня
2	60±5	Пошкоджень не має	Середня
3	70±5	Пошкоджень не має	Середня
4	80±5	Виявлено незначне освітлення ділянки 3x4 мм. Товщина і структура захисного шару не змінилася.	Середня

При промиванні деталей робочої рідиною не спостерігається ушкоджень візуальних і структурних на захисному покритті Ан.Окс.Хром. при збільшенні тиску до максимального на даному обладнанні (0,356 МПа) спостерігалось незначне зміна кольору (освітлення) яке знаходиться в допустимих межах, далі місце можливого дефекту було перевірено лабораторним методом, а саме методом занурення в розчин соляної кислоти згідно ГОСТ 9.301-88 [4] покриття на місці.

Висновки

При промиванні деталей із захисним покриттям Ан.Окс.Хром застосовуючи водорозчинні промивні засоби з пакетом присадок ПАР необхідно обмежувати температурний діапазон промивання залежно від типу промивної рідини, через можливе руйнування захисного покриття рис. 3 – 5. При температурі менше 35 градусів промивні засоби даного типу значно втрачають в працездатності відповідно необхідно виділити оптимальні діапазони роботи для вказаних типів рідини, під оптимальним діапазоном роботи будемо розуміти режим при якому немає пошкоджень і гарна якість очищення. Для зручності побудуємо діаграму визначальну ці діапазони (рис. 8).

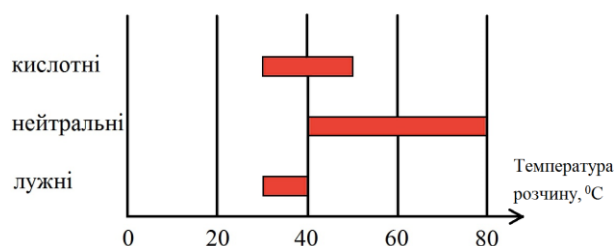


Рис. 8. Діаграма розподілу температур

Якщо дотримуватися заданих діапазонів метод очищення водорозчинними миючими рідинами є найбільш доцільним економічно, надає гарні результати очищення та не пошкоджує покриття деталей.

При використанні промивної рідини на основі вуглеводнів покриття не пошкоджується і забезпечується хороша якість промивки до недоліків даного методу можна віднести дані промивні рідини вимагають спеціального обладнання, ціна безпосередньо робочої рідини велика, токсичність.

Промивання нафтопродуктами не пошкоджує покриття проте якість очищення цим методом поступається попереднім і при цьому використання цього методу пов'язано зі значною кількістю проблем а саме: вибухонебезпечність, пожежонебезпечність, необхідність спеціального обладнання та приміщень, високий рівень токсичності, необхідність спецпідготовки персоналу.

Важливо відзначити, що можливі деякі розбіжності для рідин різних виробників і різних за формою і масі деталей, однак ці розбіжності що не перевищує 5...10 %

Література

1. Моделирование процесса воздействия агрессивных компонентов промышленной атмосферы на металлические материалы в камере солевого тумана [Текст] / С. А. Каримова, А. Е. Кутырев, М. А. Фомина, Д. В. Чесноков. // *Авиационные материалы и технологии*. – 2015. – № 1(34). – С. 24-31.
2. Кравченко, Н. Г. Определение коррозионной стойкости бензинов [Текст] / Н. Г. Кравченко, В. А. Петрова // *Труды ВИАМ*. – 2016. – № 11(47). – С. 78-84.
3. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды [Текст] / Т. В. Гусева, Я. П. Молчанова, Е. А. Заика, В. Н. Виниченко, С. М. Аверочкин. – М.: «Эколайн», 2000. – 87 с.
4. Келлер, О. К. Ультразвуковая очистка [Текст] / О. К. Келлер, Г. С. Кратыш, Г. Д. Лубяницкий. – Л.: Машиностроение, 1977. – 183 с.
5. Тарасов, С. В. Технология часового производства [Текст] / С. В. Тарасов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиз, 1963. – 536 с.
6. ГОСТ 9.301-86 Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Общие требования [Текст]. – Введ. 1987-01-07. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 16 с.
7. ОСТ 1 903370-86 Покрытия металлические и неметаллические неорганические электроагрегатов [Текст]. – Введ. 1988-01-07. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 39 с.
8. Тимиркеев, Р. Г. Промышленная чистота и тонкая фильтрация рабочих жидкостей летательных аппаратов [Текст] / Р. Г. Тимиркеев, В. М. Сапожников. – М.: Машиностроение, 1986. – 152 с.

9. *Metal finishing technology* [Electronic resource]. – URL: <https://kyzen.com/industries-applications/> – 15.03.2021.

References

1. Karimova, S. A. Kutyriv, A. E., Fomina, M. A., Chesnokov, D. V. Modelirovanie processa vozdeystviya agressivnykh komponentov promyshlennoj atmosfery na metallicheskie materialy v kamere solevogo tumana [Modeling of the process of influence of aggressive components of industrial atmosphere on metallic materials in a salt fog chamber]. *Aviation materials and technologies*, 2015, no. 1 (34), pp. 24-31.

2. Kravchenko, N. G., Petrov, V. A. Opredelenie korozionnoj stojkosti benzinov [Determination of corrosion resistance of gasoline]. *Proceedings of VIAM*, 2016, no. 11 (47), pp. 78-84.

3. Guseva, T. V., Molchanova, Y. P., Zaika, E. P., Vinicenko, V. N., Averochikin, A. M. *Gidrohimiicheskie pokazateli sostojanija okruzhajushhej sredy* [Hydrochemical indicators of the state of the environment]. Moscow, "Ecoline" Publ., 2000. 87 p.

4. Keller, O. K., Lubyanskiy, G. D., Kratysh, G. S. *Ul'trazvukovaya ochistka* [Ultrasonic cleaning]. Leningrad, Mechanical Engineering Publ., 1977. 183 p.

5. Tarasov, S. V. *Tehnologija chasovogo proizvodstva* [Watch production technology]. Moscow, Mashgiz Publ., 1963. 536 p.

6. *GOST 9.301-86 Edinaja sistema zashhity ot korrozii i starenija. Pokrytija metalli-cheskie i nemetallicheskie neorganicheskie. Obshhie trebovanija* [Unified system of protection against corrosion and aging. Metallic and non-metallic inorganic coatings. General requirements]. Introduced 1987-01-07, Moscow, Publishing house of standards Publ., 1986. 16 p.

7. *OST 1 903370-86 Pokrytija metallicheskie i nemetallicheskie neorganicheskie jelektroagregatov* [Metallic and non-metallic inorganic electrical units]. Introduced 1988-01-07, Moscow, Publishing house of standards Publ., 1988. 39 p.

8. Timirkeev, R. G., Sapozhnikov, V. M. *Promyshlennaja chistota i tonkaja fil'tracija rabochih zhidkostej letatel'-nyh apparatov* [Industrial cleanliness and fine filtration of working fluids of aircraft]. Moscow, Mechanical engineering Publ., 1986. 152 p.

9. *Metal finishing technology* [Electronic resource]. Available at: <https://kyzen.com/industries-applications/> (accessed 15.03.2021).

Надійшла до редакції 09.07.2021, розглянута на редколегії 16.08.2021

ВЛИЯНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОЧИСТИТЕЛЬНЫХ ЖИДКОСТЕЙ НА АНОДНО-ОКИСЛИТЕЛЬНОЕ ЗАЩИТНО-ДЕКОРАТИВНОЕ ПОКРЫТИЕ ПОЛУЧЕННОЕ В РАСТВОРАХ ХРОМОВОГО АНГИДРИДА

А. Д. Попов, А. И. Долматов, В. Ф. Сорокин

Предметом исследования в данной статье является анодно-окисное покрытие алюминиевых деталей корпусного типа агрегатов авиационных двигателей и агрегатов летательных аппаратов под влиянием очистных жидкостей различной природы и химического состава. Целью данной работы является экспериментальная проверка влияния различных очищающих жидкостей, при различных условиях работы и на разном оборудовании устойчивости анодно-окисного защитного покрытия. Выполнен ряд экспериментов на моющих машинах трех типов: моющая машина для струйной промывки и промывки погружением, которая работает на всех видах водорастворимых моющих средств, моющая машина очистки в вакуумной среде или среде пониженного давления, использующая в качестве моющей жидкости модифицированные спирты или растворители на основе углеводов и специализированный стенд по очистке деталей авиационным керосином, авиационным топливом ТС-1 или jet A-1. Были охвачены режимы промывки на всем диапазоне работы данного оборудования. Определены условия работы двигателей и агрегатов и необходимость использования анодно-окисного покрытия деталей. Рассмотрены основные виды жидкостей для промывки деталей. Для каждого из экспериментов определена специальная технология выполнения данных исследований, в качестве технологических параметров, параметров, которые могут меняться и влиять на устойчивость покрытия, были устанавливались следующие температура, концентрация моющей жидкости, время работы, рабочее давление в системе подачи моющей жидкости. Изменение каждого из указанных параметров проводилась с фиксацией других технологических параметров для определения непосредственных показателей влияния каждого из параметров и установление роста их влияния на анодно-окисные покрытия. Определены условия, при которых наступает разрушение покрытия и процент его повреждения от общей поверхности детали, при этом также определялась качество очистки детали по гранулометрическому составу и визуальным методом. Определено, что самым негативным влиянием на анодно-окисные покрытия в растворе хромового ангидрида являются кислотные и щелочные водорастворимые моющие жидкости времени то они наилучшее качество очистки от загрязнений, для них определены диапазон, показателей при которых не портится покрытие.

Ключевые слова: мойка; покрытия; хромовый ангидрид; моющая машина; повреждения покрытия; моющая жидкость.

INFLUENCE OF INDUSTRIAL CLEANING FLUIDS ON ANODE-OXIDATIVE PROTECTIVE-DECORATIVE COATING OBTAINED IN SOLUTIONS OF CHROME ANHYDRIDE*A. Popov, A. Dolmatov, V. Sorokin*

The subject of research in this article is the anode-oxide coating of aluminum parts of the hull type of aircraft engine units and aircraft units under the influence of cleaning fluids of different nature and chemical compositions. The purpose of this work is to experimentally test, the effect of different cleaning fluids, under different operating conditions and on different equipment for the stability of the anode-oxide protective coating. Many experiments have been performed on three types of washing machines: jet and immersion washing machine, which works on all types of water-soluble detergents, washing machine cleaning in vacuum or low-pressure environment, uses modified alcohols or hydrocarbon solvents as a washing liquid, and specialized stand for cleaning parts with aviation kerosene, aviation fuel TS-1 or jet A-1. Flushing modes were, covered throughout the range of operation of this equipment. The operating conditions of engines and units and the need to use an anode-oxide coating of parts are determined. The main types of liquids for washing parts are considered. For each of the experiments a special technology of these studies was determined, as technological parameters, parameters that can change and affect the stability of the coating, were set the following temperature, detergent concentration, operating time, operating pressure in the detergent supply system. The change of each of these parameters was, carried out with the fixation of other technological parameters to determine the direct indicators of the impact of each of the parameters and to establish the growth of their impact on the anode-oxide coating. The conditions under which the coating is destroyed and the percentage of its damage from the total surface of the part are determined, and the quality of cleaning the part by particle size distribution and visual method was, also determined. It is determined that the greatest negative effects on the anodic oxide coating in the solution of chromic anhydride are acidic and alkaline water-soluble pore cleaning liquids, so they have the best quality of cleaning from contaminants, for which a range of indicators is determined at which the coating does not deteriorate.

Keywords: washing; coatings; chromic anhydride; washing machine; coating damage; washing liquid.

Попов Олексій Денисович – аспірант факультету авіаційних двигунів, Національний аерокосмічний університет ім. М. С. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна.

Долматов Анатолій Іванович – д-р техн. наук, проф., зав. каф. технології виробництва авіаційних двигунів, Національний аерокосмічний університет ім. М. С. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна.

Сорокін Володимир Федорович – д-р техн. наук, проф., декан факультету авіаційних двигунів, Національний аерокосмічний університет ім. М. С. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна.

Oleksii Popov – PhD student of the Faculty of Aircraft Engines, National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute", Kharkiv, Ukraine,
e-mail: adpopov@fed.com.ua, ORCID: 0000-0003-0948-6038.

Anatoliy Dolmatov - Dr. Tech. Sciences, Professor, Head of the Department of Technology of Aircraft Engines Production, National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute", Kharkiv, Ukraine,
e-mail : a.dolmatov@khai.edu, ORCID: 0000-0001-5552-8791.

Volodymyr Sorokin – Dr. Tech. Sciences, Professor, Dean of the Faculty of Aircraft Engines, National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute", Kharkiv, Ukraine,
e-mail: v.sorokin@khai.edu, ORCID: 0000-0003-4494-9907.