

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ)

КАФЕДРА «Технология производства приборов и информационных систем управления летательных аппаратов»

Разработка технологического процесса микродугового оксидирования деталей авиационного двигателя.

Студент: Андреевских А.А.

Руководитель: ст. преп. Желтухин Р.В.

Цель и задачи.

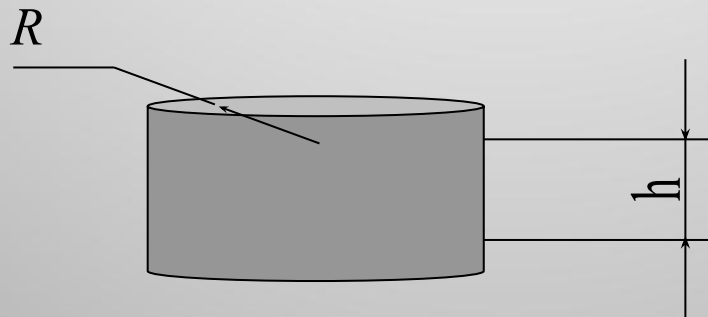
В данной дипломной работе ставится цель - разработка технологического процесса МДО образцов материалов деталей авиационного двигателя.

В ходе выполнения дипломного проекта должны быть решены следующие задачи:

1. Выбрать материал основы для получения керамических покрытий методом микродугового оксидирования.
2. Разработать содержание и основной состав технологических операций получения алюмооксидных керамических покрытий методом микродугового оксидирования.
3. Разработать технологический регламент получения алюмооксидных керамических покрытий методом микродугового оксидирования.

Выбор материалов для проведения исследований.

Для проведения исследований в данной работе использовались образцы из алюминиевого сплава АК4-1.



R- радиус образца (2 см);

h- толщина образца (1 см);

S_{обр} - площадь образца (37,7 см²).

Оборудование и функциональная схема установки МДО-100.



Технологические параметры МДО-обработки:

Электролит:

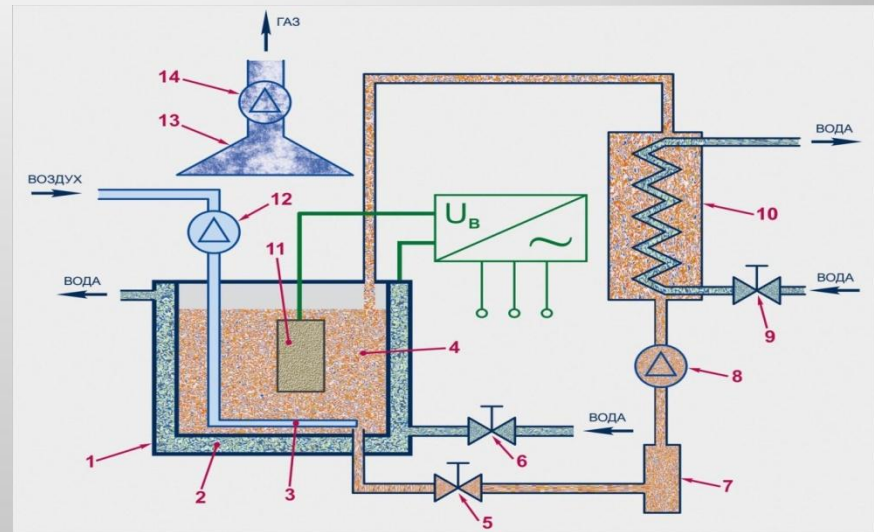
$$\bullet C_{\text{кон}} = 2 \text{ г/л}; C_{\text{жс}} = 12 \text{ г/л};$$

$$\bullet C_{\text{кон}} = 4 \text{ г/л}; C_{\text{жс}} = 15 \text{ г/л};$$

$$\bullet C_{\text{кон}} = 6 \text{ г/л}; C_{\text{жс}} = 18 \text{ г/л}.$$

$$\text{Плотность тока: } j_a = j_k = 7,5 \text{ А/дм}^2$$

Длительность обработки, мин: 120



1 – гальваническая ванна; 2 – рубашка водяного охлаждения; 3 – барботер; 4 – электролит; 5, 6, 9 – запорная арматура; 7 – фильтр; 8 – водяной насос; 10 – бак с теплообменником; 11 – деталь; 12 – воздушный компрессор; 13 – вытяжной зонтик; 14 – вытяжной вентилятор

Методики измерения толщины МДО-покрытий.

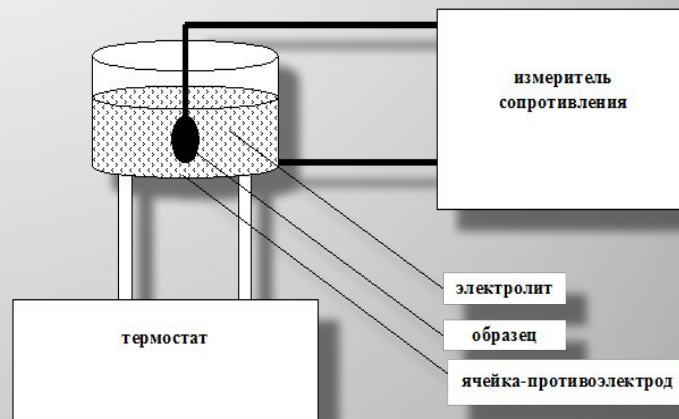
Методика измерения толщины МДО-покрытий



Технические характеристики ВТ-201:

- диапазон измеряемых толщин: 5-1000 мкм;
- основная погрешность: 3%;
- диапазон рабочих температур: 0-40°C;
- питание: 1 батарея типа «Крона»;
- габаритные размеры: 156x83x30 мм;

Методика определения сквозной пористости МДО-покрытий



Методика определения микротвердости МДО-покрытий



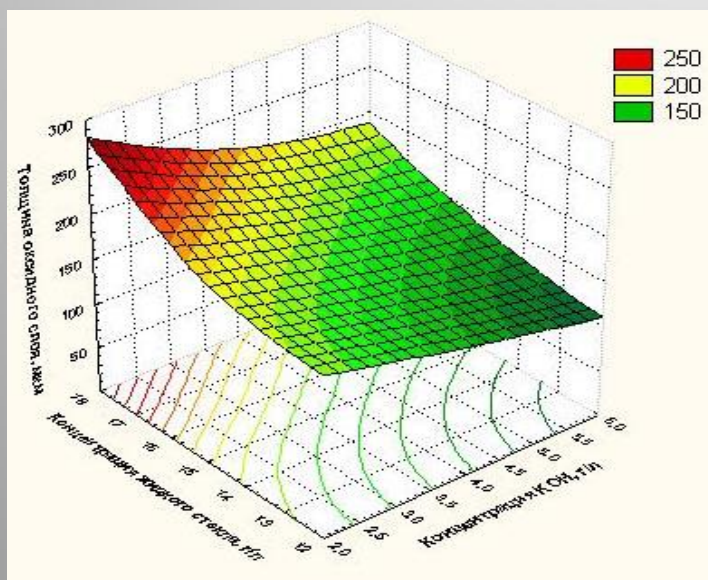
Технические характеристики микротвердомера ПМТ-3М :

- объектив ЛОМО 92063 (F=6,3);
- окуляр ФОМ-2-16;
- погрешность измерений 10%.

Характеристика измерительного устройства:

- постоянная температура электролита $t = 30^{\circ}\text{C}$;
- концентрация гидроксида калия (КОН) - 4 г/л;
- универсальный автоматический R-C-L измеритель Е 7-8:
- частота 1000 (Гц);
- $G = 1/R$ (См)
- выдержка в электролите: 5 мин;
- точность шага $\pm 0,5$ мм;

Зависимость толщины оксидного слоя от концентрации компонентов силикатно-щелочного электролита .

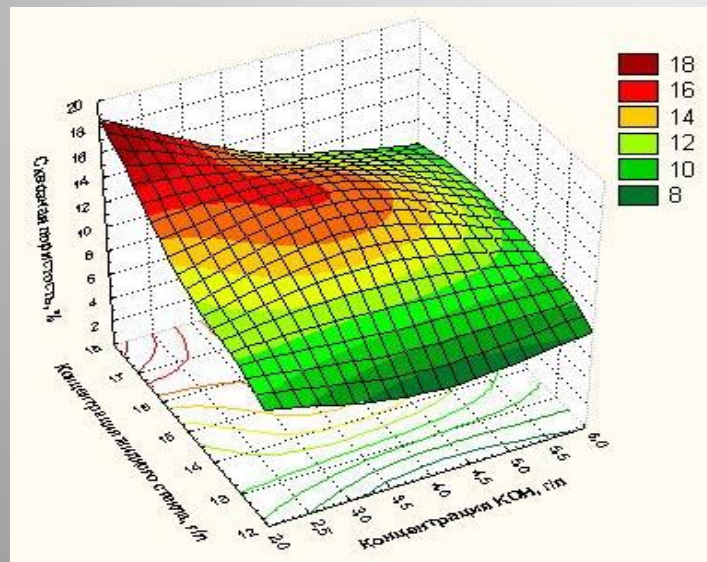


		Концентрация КОН, г/л		
		2	4	6
Концентрация жидкого стекла, мл/л	12	178,1	143,0	109,5
	15	198,9	166,6	139,0
	18	283,0	211,3	188,6

Можно отметить, что увеличение концентрации КОН приводит к снижению толщины оксидного слоя, а увеличение концентрации жидкого стекла – к ее росту.

Такой характер зависимости скорее всего можно объяснить следующим образом: жидкое стекло из электролита инкорпорируется в покрытие в виде кварца и алюмосиликатов, что объясняет рост толщины оксидного слоя при повышении концентрации жидкого стекла.

Зависимость сквозной пористости оксидного слоя от концентрации компонентов силикатно-щелочного электролита.



		Концентрация KOH, г/л		
		2	4	6
Концентрация жидкого стекла, мл/л	12	10,14	6,39	8,26
	15	11,33	16,09	10,28
	18	19,02	11,76	10

Максимальное значение сквозной пористости наблюдается при наименьшей концентрации KOH и наибольшей концентрации жидкого стекла. Учитывая, что максимальная толщина оксидного слоя получена в этих же условиях, можно предположить, что в данном случае реализуется эффект полого катода, приводящий к разрушению покрытия и соответствующему увеличению его сквозной пористости.

Технологический регламент получения алюмооксидных керамических покрытий.

1. **Настоящий технологический регламент (ТР)** устанавливает порядок и содержание технологических операций обеспечивающих получение алюмооксидных керамических покрытий на алюминиевом сплаве АК4-1, методом микродугового оксидирования.
2. **При соблюдении условий настоящего ТР получаемые оксидные слои удовлетворяют следующим требованиям:**
 - 2.1. Толщина покрытия – 110...120 мкм.
 - 2.2. Пористость не более 15 %.
 - 2.3. Покрытие равномерное по всей обрабатываемой поверхности. Цвет покрытия – светло серый, матовый.
3. **МДО-обработку производить:**
 - в анодно-катодном режиме МДО при соотношении катодного и анодного токов $I_k/I_a = 0,95 \dots 1$; общей плотности тока 10 ... 11 А/дм²; в электролитной ванне рабочим объемом 3 дм³ при температуре электролита 25 ... 28 °С следующего состава:
 - - вода дистиллированная – 2940...2950 мл;
 - - КОН (ГОСТ 24636-80) – 11...13 г;
 - - Na₂SiO₃ * 9H₂O (ТУ 6-09-01-727-87) – 44...46 г.
4. **Порядок приготовления электролита:**
 - 4.1. Наполнить рабочий объем емкости подготовительной ванны дистиллированной водой. Задействовать систему перемешивания электролита.
 - 4.2. Строго соблюсти последовательность растворения компонентов электролита:
 - 4.2.1. Растворить КОН;
 - 4.2.2. Выдержать паузу 10 минут;
 - 4.2.3. Растворить Na₂SiO₃ * 9H₂O.
 - В процессе растворения, допускается ультразвуковой катализ.
 - 4.3. Заполнить рабочий объем электролитной ванны МДО полученным электролитом.

Технологический регламент получения алюмооксидных керамических покрытий.

- **5. Порядок подготовки детали(ей):**
- 5.1. Независимо от типов загрязнений (пыль, стружка, эмульсия, масло) деталей, необходимо протереть их ветошью, затем промыть в проточной воде и обезжирить в слабощелочном растворе 0,5 % КОН теплой воды (40 – 60 °С). Затем промыть детали в холодной проточной воде.
- 5.2. Закрепить детали в оснастке.
- 5.3. Установить детали в оснастке в электролитную ванну на подвеске таким образом, чтобы обрабатываемая поверхность была полностью погружена в электролит, не касаясь стенок и дна электролитной ванны.
- Токоподводы должны быть выполнены из алюминиевой проволоки или прутка защищенного от контакта с электролитом герметичной изоляцией (поливинилхлоридного пластиката по ГОСТ 19034-82 так, чтобы нижний конец подходил вплотную к границе детали, а верхний был на 100 мм выше уровня электролита, при этом, нижний конец изоляции герметизируется фторопластовой конденсаторной пленкой Ф-4КО по ГОСТ 24222-80 или лентой из фторопластового уплотнительного материала (лента ФУМ), сечением, рассчитанным на подведение максимальной мощности, достигаемой в процессе МДО в соответствии с «Правилами устройства электроустановок» (ПОЭ).
- Токоподводы и оснастка должны быть рассчитаны на надежную фиксацию базы деталей.

Технологический регламент получения алюмооксидных керамических покрытий.

- **6. Порядок проведения МДО-обработки:**
- 6.1. Закрывать ограждение электролитной ванны, проконтролировать включение вытяжной вентиляции, системы перемешивания, измерительных приборов по сигнализации соответствующих индикаторов на панели управления и мониторинга.
- 6.2. Подключить систему охлаждения электролита, проконтролировать установление температуры электролита в заданном диапазоне.
- 6.3. Подключить питание силовых цепей источника технологического тока, проконтролировать положение органов управления «выключено».
- 6.4. Установить электрические технологические параметры процесса МДО, исходя из расчетной площади покрываемых поверхностей деталей.
- 6.5. Запустить процесс МДО кнопкой «ПУСК».
- 6.6. Осуществлять визуальный контроль процесса МДО через окно в ограждении электролитной ванны каждые 10 минут.
- В случае возникновения внештатных ситуаций, незамедлительно остановить процесс МДО кнопкой «СТОП».
- 6.7. Не зависимо от причины завершения процесса МДО, отключить силовые цепи источника технологического тока. В течении 3-х минут не открывать ограждение электролитной ванны, не отключать систем охлаждения, перемешивания электролита и вытяжной вентиляции.
- 6.8. Открыть заграждение электролитной ванны, извлечь детали, не допуская их повреждения.
- 6.9. Извлечь из электролитной ванны детали, совместно с оснасткой и токоподводами, и установить в рабочий объем промывочной ванны с проточной водой на период от 60 до 90 минут.
- 6.10. Демонтировать детали из оснастки и токоподводов.
- 6.11. Уложить детали на пульт продувки сжатым воздухом на 10 минут.
- 6.12. Удалить технологические приспособления изоляции и герметизирующие составы.
- 6.13. Промыть детали в проточной воде.

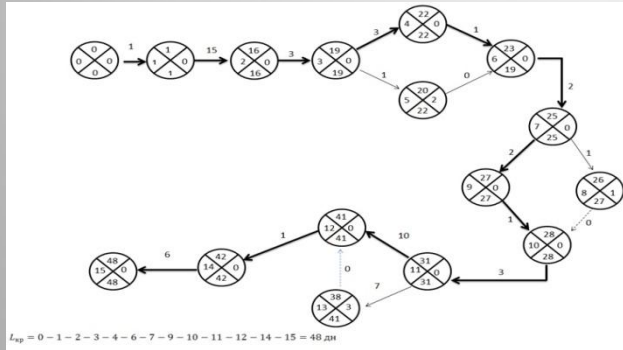
Основные экологические показатели.

Количественная оценка опасных и вредных производственных факторов

Опасные производственные факторы	Наименование операции (см. табл. 4.1.)	Значение единицы измерения	Регламентированные нормами ПДЗ	Кол-во подверженных воздействию	Продолжительность воздействия (час.)	Вероятность факторов (%)
1. Опасность поражения электрическим током	3,4,7	U= 380В I=20А	U=220 В I=6 мА	1	1200	48,3%
2. Производственный шум	2,5	75 дб	80дб	1	300	25,2%
3. Пары щелочи	1,7	0,3мг/м ³	0,5 мг/м ³	1	300	25,2%
4. Недостаток освещения	1-7	1000лк	1200лк	1	10	0,54%

Основные экономические показатели дипломной работы.

Сетевой график выполнения дипломного процесса



Смета затрат

№ п/п	Элементы затрат	Затраты, руб.	% к итогу	Цвет на диаграмме
1	Материалы (основные и вспомогательные)	164,8	0,1	Yellow
2	Основная зарплата	60558	45,8	Purple
3	Дополнительная зарплата	8478,1	6,4	Green
4	Отчисления на социальные нужды	20710,8	15,67	Orange
5	Амортизационные отчисления	732,4	0,6	Red
6	Технологическая электроэнергия	29,3	0,02	Cyan
7	Вода и канализация	112,2	0,11	Magenta
8	Накладные расходы	41421,7	31,3	Blue
9	Итого	132186,7	100%	

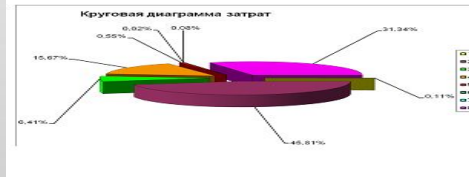
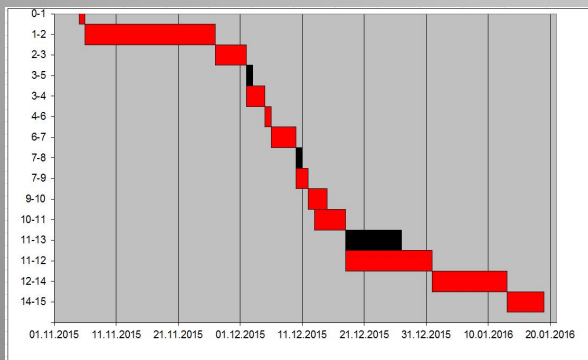


Диаграмма Ганта

Этапы работ



Продолжительность работ, календарные дни

Показатели экономической эффективности.

Многофункциональность МДО-покрытий способствует их применению в самых различных отраслях, в различных узлах в качестве износостойких, коррозионно-защитных, диэлектрических, теплозащитных и декоративных покрытий.

Исследования электрофизических характеристик МДО-покрытий на сплаве алюминия марки АК4-1 позволяют выявить лучшие свойства этих материалов, и на данном этапе, носят исключительно научный характер в решении рассматриваемой проблемы. Помимо этого можно говорить об учебно-исследовательском эффекте, то есть результаты проведенных исследований в дальнейшем будут использоваться для проведения учебных занятий, на кафедре ТОМПВЭ.

Экономический эффект $\mathcal{E}_г$ достигается за счет улучшения эксплуатационных свойств изделия: $\mathcal{E}_г = (C_1 \times \alpha - C_2)N - E_n \times K_d = 285\ 120_{(\text{руб})}$; где, $\mathcal{E}_г$ – годовой экономический эффект, руб; C_1 – себестоимость изделия, руб/шт; C_2 – себестоимость изделия с покрытием, руб; N – годовая программа выпуска изделий, шт; $N = 180$ шт; Нормативный коэффициент эффективности дополнительных капитальных вложений - $E_n = 0,2$; K_d – дополнительные капитальные вложения, руб; Определяются по формуле: $K_d = K_1 + K_2 + 3\text{Зпр.пл.}$; K_1 – затраты на оборудование, используемые для подготовки поверхности изделия перед нанесением покрытия, руб; Так как подготовка поверхности перед нанесением покрытия нет, следовательно и затрат на оборудование нет. $K_1 = 0$; K_2 – затраты на оборудование, в котором осуществляется процесс нанесения покрытий, руб; $K_2 = 240\ 000$; Зпр.пл. – затраты на производственные площади, руб; $\text{Зпр.пл.} = 480\ 000$ руб;

Выводы:

1. Исследована зависимость толщины получаемых оксидных слоев от концентрации компонентов силикатно-щелочного электролита. Установлено, что более существенное влияние на толщину оксидных слоев оказывает концентрация жидкого стекла.

2. Исследована зависимость сквозной пористости получаемых оксидных слоев от концентрации компонентов силикатно-щелочного электролита. Установлено, что минимальное значение сквозной пористости достигается при $C_{\text{кон}} = 4$ г/л, $C_{\text{жс}} = 12$ г/л.

3. Разработаны содержание и основной состав технологических операций получения алюмооксидных керамических покрытий методом МДО.

4. Разработан технологический регламент процесса получения алюмооксидных керамических покрытий.