

АНОДНОЕ РАСТВОРЕНИЕ НИКЕЛЬХРОМОВОГО СПЛАВА ЖС6У В РАЗЛИЧНЫХ ЭЛЕКТРОЛИТАХ

© 2012 В. В. Саяпова, Н. А. Амирханова, С. В. Устюжанина, В. Ю. Гордеев

Уфимский государственный авиационный технический университет

Исследовался элементный состав поверхностных плёнок рентгеноспектральным методом после ЭХРО сплава ЖС6У. Установлено, что свойства плёнки при обработке жаропрочного сплава ЖС6У в различных электролитах определяются в основном никелевой и кобальтовой компонентой.

Электрохимическая размерная обработка, электролит, точность обработки, коэффициент локализации, поверхность, микроструктура, рентгеноспектральный анализ, шлам, концентрация ионов.

Жаростойкие и жаропрочные никель-хромовые сплавы находят широкое применение при изготовлении деталей штамповой оснастки, пресс - форм под давлением, лопаток ГТД и других подобных изделий специального назначения. Способность никель-хромовых сплавов типа ЖС сохранять высокие механические свойства при повышенных температурах (1000°С и более) делают их одним из важнейших материалов в аэрокосмической промышленности. Использование механических методов обработки деталей из ЖС сплавов всегда затруднительно из-за быстрого износа режущего инструмента, в связи с этим востребованность размерной электрохимической обработки никельхромовых сплавов очевидна [1].

Анодное растворение сплава ЖС6У проводилось в условиях, имитирующих реальный процесс ЭХРО. Применялась специальная установка, представляющая собой ячейку из органического стекла, где между анодом и катодом с помощью индикатора часового типа устанавливался межэлектродный зазор, через который с определённой скоростью прокачивался электролит методом вытеснения сжатым воздухом. Необходимая скорость прокачки создавалась изменением давления в системе.

Электрохимическая размерная обработка жаропрочного сплава ЖС-6У проводилась в различных электролитах: 1- 8% NaNO₃; 2-15% NaNO₃; 3- 15% NaNO₃+5% NaCl; 4-15% NaCl. Элементный состав поверхностных плёнок после ЭХРО сплава ЖС-6У определялся рентгеноспектральным методом на электронном микроскопе JSM-64901LV фирмы JEOL (Япония). Качество

поверхности изучалось на профилометре и микроскопе МИИ-4У4.2

Установлено, что при анодном растворении сплава ЖС6У наибольшая скорость съёма достигается в активирующем электролите 15%NaCl (табл.1).

Таблица 1. Выходные параметры ЭХРО сплава ЖС6У

| Электролит | <i>W</i> , мм/мин | <i>K</i> изб | <i>Ra</i> , мкм |
|------------------------------|----------------------|-----------------|--------------------|
| 8%NaNO ₃ | 0,4 | 1,2 | 0,27 |
| 15%NaNO ₃ | 0,55 | 1,25 | 0,26 |
| 15%NaNO ₃ +5%NaCl | 0,64 | 1,1 | 0,25 |
| 15NaCl | 0,8 | 1,05 | 0,3 |

Коэффициент локализации, характеризующий точность обработки, имеет максимальное значение при растворении сплава в 15%NaNO₃. Выявлено, что в растворах нитрата натрия сплав обрабатывается с большей степенью локализации, чем в растворе активирующего типа. Исследование влияния природы электролита на качество обработки ЖС6У показало, что в растворах на основе нитрата натрия сплав ионизируется более равномерно и с меньшими значениями *Ra*, чем в 15%NaCl.

В процессе электрохимической размерной обработки изменяется pH, электропроводность, происходит накопление ионов металла как в катионной, так и в анионной форме, уменьшается объём электролита и в растворе накапливается шлам [2]. Исследовалось влияние продуктов анодного растворения жаропрочного никель-хромового сплава ЖС6У на технологические показате-

ли обработки. С увеличением количества пропущенного электричества во всех электролитах наблюдается ухудшение выходных

параметров электрохимической обработки сплава ЖС6У (рис. 1-4).

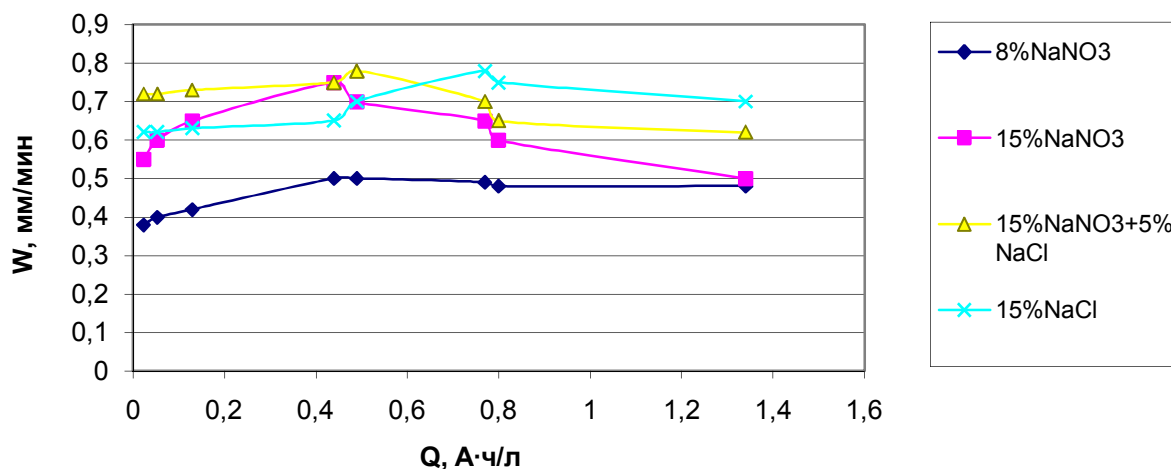


Рис. 1. Изменение скорости съёма при ЭХРО сплава ЖС6У в зависимости от количества пропущенного электричества в различных электролитах: 1 - 15% NaCl; 2 - 15% NaNO₃+ 5% NaCl; 3 - 15% NaNO₃; 4 - 8% NaNO₃

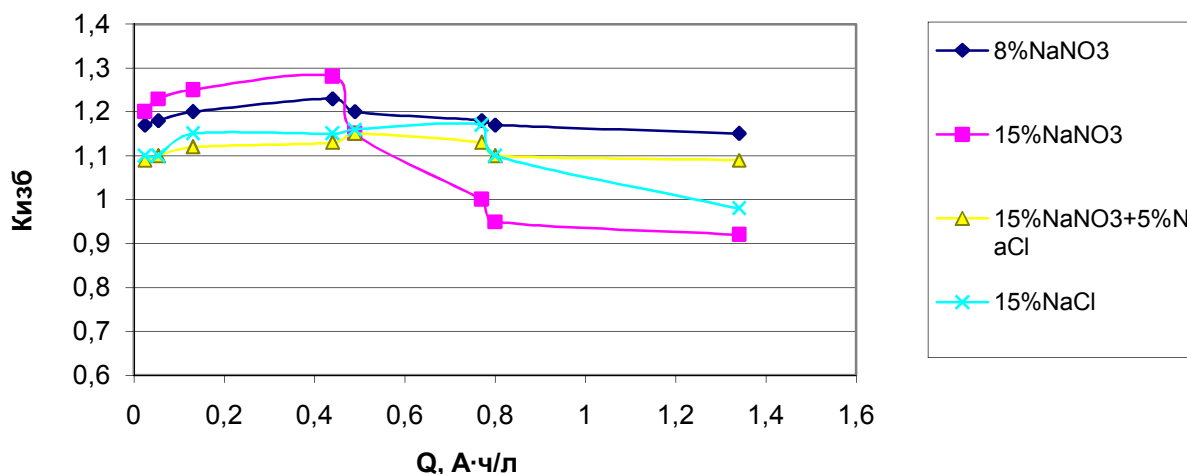


Рис. 2. Изменение коэффициента избирательности при ЭХРО сплава ЖС6У в зависимости от количества пропущенного электричества в различных электролитах: 1 - 15% NaCl; 2 - 15% NaNO₃+ 5% NaCl; 3 - 15% NaNO₃; 4 - 8% NaNO₃

Определение выхода по току проводилось с учётом того, что хром ионизируется в трёх- и шестивалентной форме. В обоих случаях, как показали расчёты, значения выхода по току исследованного сплава выше 100%, что свидетельствует о дезинтеграции интерметаллидных фаз, входящих в состав сплава ЖС6У, которые, теряя связь с основой зерна, смываются потоком электролита. По мере прорабатываемости электролита выход по току снижается (рис. 3).

При изучении закономерностей фор-

мирования микрорельефа поверхности при высокоскоростном анодном растворении жаропрочного сплава было определено, что в хлориде натрия происходит преимущественное растворение границ зёрен, а в нитрате натрия – тела зерна.

Установлено, что уменьшение микронеровностей будет происходить в смешанном хлоридно-нитратном электролите. Накопление в электролите продуктов анодного растворения значительно ухудшает качество обработки (рис. 5-8).

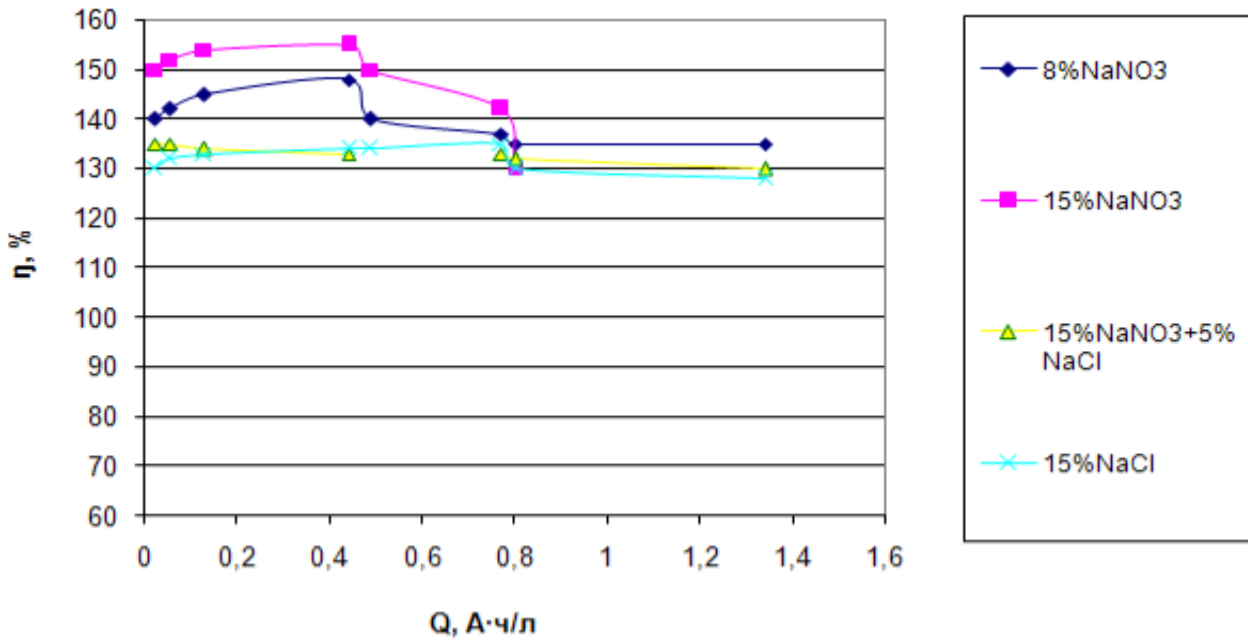


Рис. 3. Изменение выхода по току при ЭХРО сплава ЖС6У в зависимости от количества пропущенного электричества в различных электролитах: 1 - 15% NaCl; 2 - 15% NaNO₃+ 5% NaCl; 3 - 15% NaNO₃; 4 - 8% NaNO₃

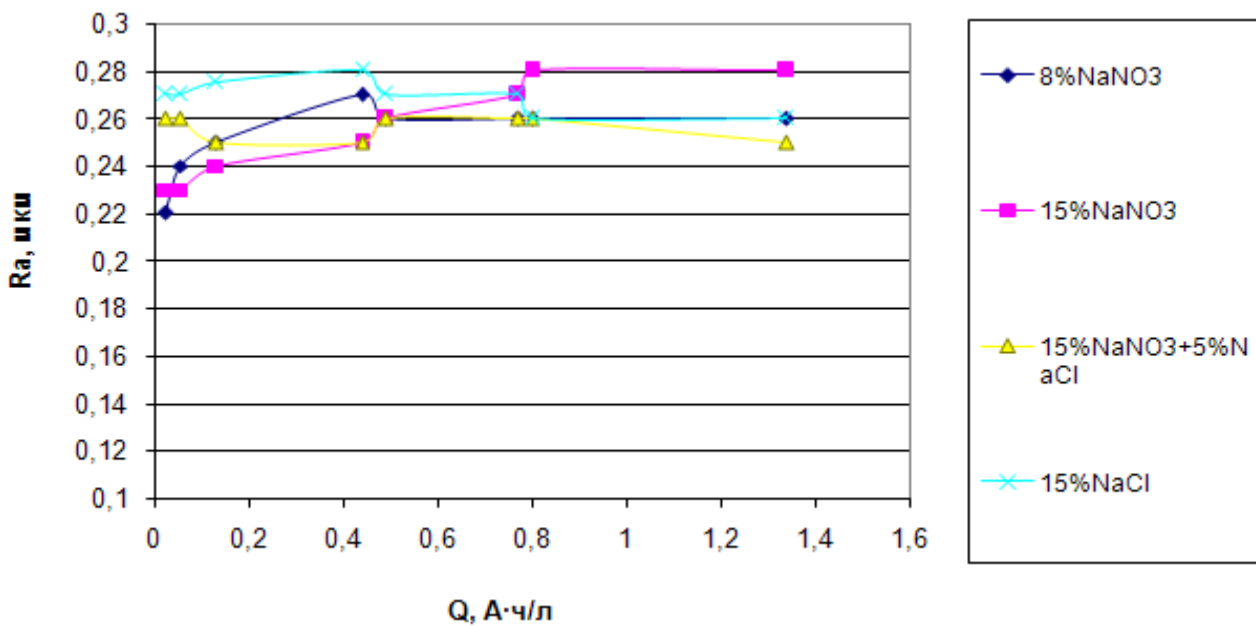
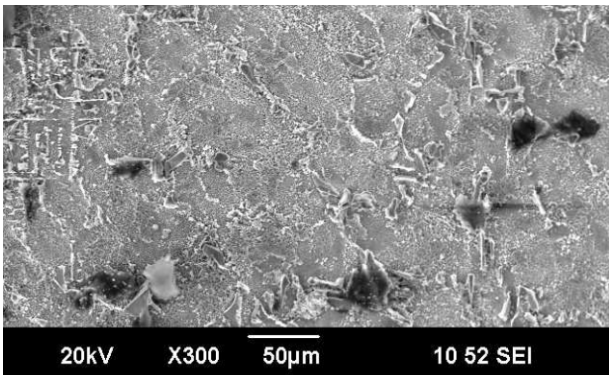


Рис. 4. Изменение высоты микронеровностей при ЭХРО сплава ЖС6У в зависимости от количества пропущенного электричества в различных электролитах: 1 - 15% NaCl; 2 - 15% NaNO₃+ 5% NaCl; 3 - 15% NaNO₃; 4 - 8% NaNO₃

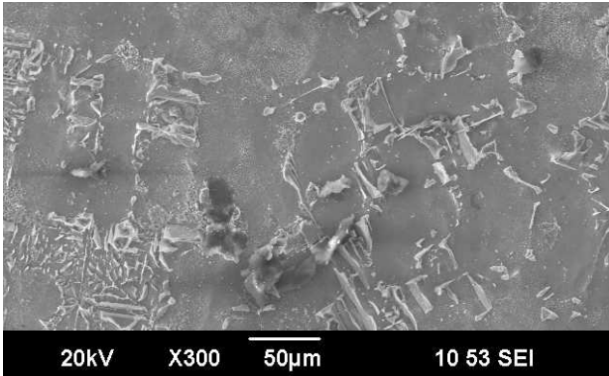
Известно, что анодное поведение сплава определяется электрофизическими свойствами поверхностной плёнки [3]. Поэтому исследовался элементный состав поверхностных плёнок рентгеноспектральным методом после ЭХРО сплава ЖС-6У.

Свойства плёнки при электрохимической размерной обработке жаропрочного сплава ЖС6У в различных электролитах оп-

ределяются в основном никелевой и кобальтовой компонентой, поскольку их влияние в плёнке решающее, несмотря на обогащение поверхностного слоя оксидами вольфрама и хрома. Как видно из табл. 2, при анодной обработке в 15% NaCl и в составных электролитах с добавкой хлорида натрия на поверхности исследуемого сплава увеличивается концентрация кобальта.

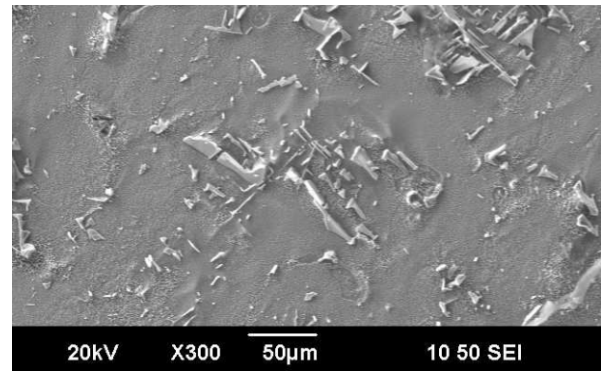


а

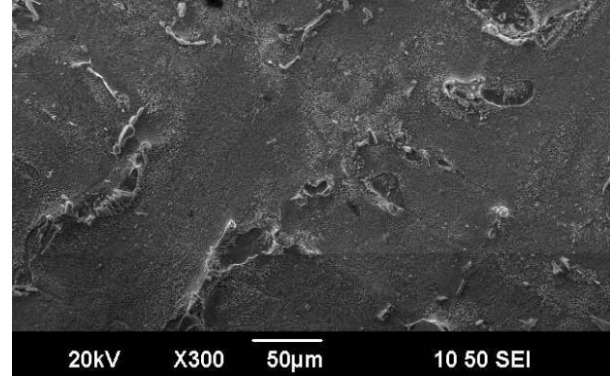


б

Рис. 5. Фотографии поверхности сплава ЖС6У после ЭХРО в 8% NaNO_3 при $Q = 0,01$ А.ч/л (а) и $Q = 1,52$ А.ч/л (б)

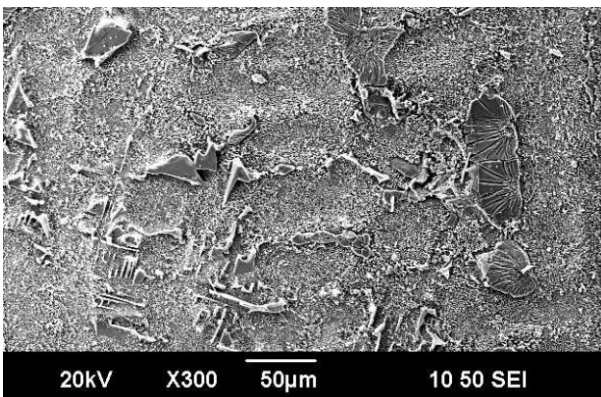


а

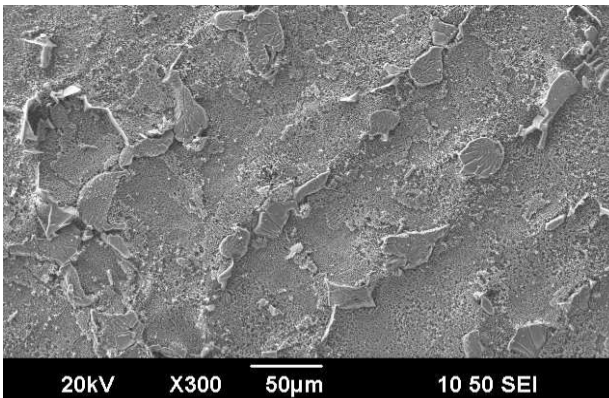


б

Рис. 7. Фотографии поверхности сплава ЖС6У после ЭХРО в 15% $\text{NaNO}_3 + 5\%$ NaCl при $Q = 0,01$ А.ч/л (а) и $Q = 1,52$ А.ч/л (б)

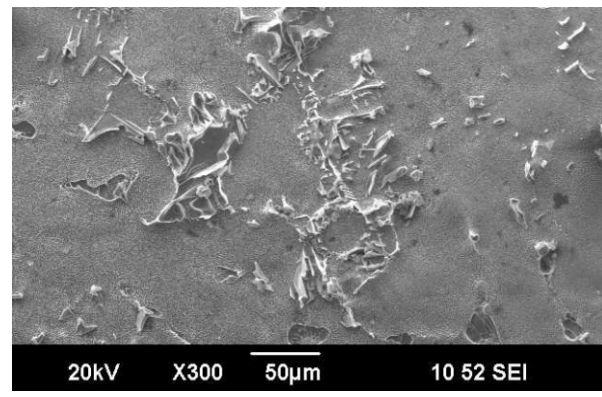


а

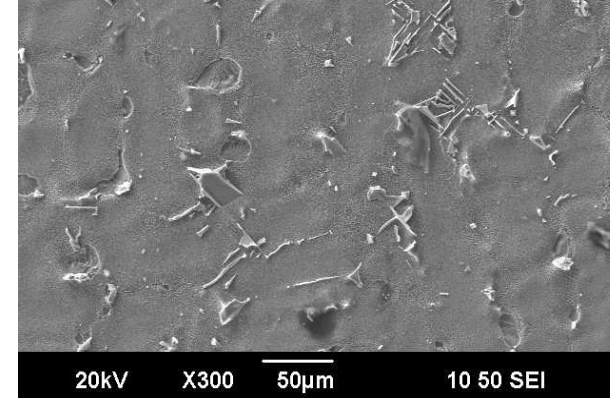


б

Рис. 6. Фотографии поверхности сплава ЖС6У после ЭХРО в 15% NaNO_3 при $Q = 0,01$ А.ч/л (а) и $Q = 1,52$ А.ч/л (б)



а



б

Рис. 8. Фотографии поверхности сплава ЖС6У после ЭХРО в 15% NaCl при $Q = 0,01$ А.ч/л (а) и $Q = 1,52$ А.ч/л (б)

Таблица 2. Результаты рентгеноспектрального анализа поверхности сплава ЖС6У после электрохимической размерной обработки в различных электролитах

| Сплав ЖС6У | Ni | Cr | Co | W | Ti | Al | O |
|--------------------------------|-------|------|-------|-------|------|------|------|
| 8% NaNO ₃ | 65,91 | 4,87 | 8,48 | 7,81 | 2,96 | 4,86 | 1,67 |
| 15% NaNO ₃ | 67,53 | 5,05 | 7,94 | 5,73 | 2,83 | 6,55 | 1,38 |
| 15% NaNO ₃ +5% NaCl | 61,31 | 8,40 | 10,32 | 11,68 | 1,96 | 5,73 | 0,60 |
| 15% NaCl | 52,59 | 9,62 | 9,48 | 11,40 | 3,38 | 3,77 | 2,23 |

Известно, что кобальт и кобальтовые сплавы в NaCl растворяются с малыми скоростями, что обусловлено формированием малорастворимой двойной соли CoCl₂·NaCl·H₂O. Ионы кобальта связываются в малорастворимый анодный продукт, что обуславливает торможение процесса ионизации в растворе хлорида натрия [4] и накопление в поверхностном слое.

Таким образом, исследование высокоскоростного анодного растворения жаропрочного никель-хромового сплава ЖС6У показало, что природа электролита влияет на выходные параметры электрохимической размерной обработки. Установлено, что высокая скорость съема и уменьшение высоты микронеровностей наблюдается в смешанном хлоридно-нитратном электролите. Во всех электролитах процесс растворения сплава ЖС6У сопровождается дезинтеграцией частиц γ' - фазы, о чём свидетельствуют аномально высокие значения выхода по току. Выявлено, что с увеличением количества пропущенного электричества в электролите накапливаются продукты анодного растворения, которые ухудшают выходные параметры электрохимической обработки сплава ЖС6У. При подборе режимов обработки следует принимать во внимание не только элементный состав сплава, состав электро-

лита, но и состав, и свойства образующейся в процессе растворения поверхностной плёнки сплава.

Библиографический список

1. Физико-химические методы обработки в производстве газотурбинных двигателей [Текст]: учеб. пособие / под ред. Б.Л. Саушкина. - М.: Дрофа, 2002.
2. Саяпова, В.В. Изменение состава и свойств электролитов после электрохимической размерной обработки жаропрочного сплава ЭП-741НП [Текст] / В.В. Саяпова // тр. Всерос. науч.-исслед. технологич. ин-та ремонта и эксплуатации машинно-тракторного парка. ГОСНИТИ. – М.: 2010. - Т.106. – С. 76-78.
3. О влиянии поверхностных плёнок на характер анодного растворения при высоких плотностях тока [Текст] / Е.М. Румянцев, О.И. Невский, В.И. Волков [и др.] // Электронная обработка материалов. - Кишинев: Штиинца, 1980. - №4. - С.17-20.
4. Сравнительная характеристика высокоскоростного анодного растворения жаропрочных сплавов типа ЖС [Текст] / Н.А. Амирханова, В.В. Саяпова, А.В. Балмасов [и др.] // Электронная обработка материалов. - Кишинев: Штиинца, 1997. - №5-6. - С.36-38.

ANODE DISSOLUTION OF A NICKEL-CHROMIUM ALLOY ЖС6У IN VARIOUS ELECTROLYTES

© 2012 V. V. Sayapova, N. A. Amirchanova, S. V. Ustyuzhanina, V. Y. Gordeyev

Ufa State Aircraft Technical University

The surface films element structure after ECDM of the alloy ЖС6У was investigated by an X-ray method. It is established that film properties at electrochemical dimensional machining of a heat resisting alloy ЖС6У in various electrolytes are defined generally by nickel and cobalt component, as their influence in a film is solving.

Electrochemical dimensional machining, electrolyte, current efficiency, machining accuracy, localization coefficient, surface, microstructure, X-ray analysis, slime, ion concentration.

Информация об авторах

Саяпова Вилия Вильдановна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Общая химия», Уфимский государственный авиационный технический университет. E-mail: vilija08@mail.ru. Область научных интересов: высокоскоростное анодное растворение металлов и сплавов в различных электролитах; экологические проблемы электрохимической размерной обработки.

Амирханова Найля Анваровна, доктор технических наук, профессор кафедры «Общая химия», Уфимский государственный авиационный технический университет. Область научных интересов: электрохимическая размерная обработка металлов и сплавов в различных электролитах; коррозионные свойства и анодное растворение металлов с ультрамелкозернистой структурой по сравнению с крупнозернистой.

Устюжанина Светлана Владимировна, аспирант кафедры «Общая химия», Уфимский государственный авиационный технический университет. E-mail: semisvet19@mail.ru. Область научных интересов: электрохимическая размерная обработка металлов и сплавов в различных электролитах.

Гордеев Вячеслав Юрьевич, научный сотрудник кафедры технологии машиностроения, Уфимский государственный авиационный технический университет. Область научных интересов: изучение особенностей структурно-фазового состава авиационных материалов и защитных покрытий и их работоспособность с использованием растровой электронной микроскопии и микрорентгеноспектрального анализа.

Sayapova Vily Vildanovna, Candidate of technical sciences, associate professor general chemistry department of Ufa state aviation technical university. E-mail: vilija08@mail.ru. Area of research: High-rate anode dissolution of metals and alloys in various electrolytes; environmental problems of electrochemical dimensional machining – electrolyte cleaning and slime utilization.

Amirkhanov Nailya Anvarovna, Doctor of technical sciences, professor general chemistry department of Ufa state aviation technical university. Area of research: Electrochemical dimensional machining of metals and alloys in various electrolytes; a corrosive characteristics and anode dissolution of metals with ultrafine-grained structure in comparison with the coarse-grained.

Ustyuzhanina Svetlana Vladimirovna, graduate student of chair general chemistry department of Ufa state aviation technical university. E-mail: semisvet19@mail.ru. Area of research: Electrochemical dimensional machining of metals and alloys in various electrolytes; electrochemical polishing of metals and alloys.

Gordeyev Vyacheslav Yuryevich, research associate of mechanical engineering technology department of Ufa state aviation technical university. Area of research: Structural and phase composition aspects studying of aviation materials and protective covers and their working capacity with use of raster electronic microscopy and the mikro-X-ray analysis.