

УДК 621.9.047.7

Н. А. АМИРХАНОВА, А. С. КВЯТКОВСКАЯ

ОСОБЕННОСТИ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО АНОДНОГО РАСТВОРЕНИЯ НИКЕЛЬ-ХРОМОВЫХ СПЛАВОВ ЭК-79 И ЭП-741-НП

Представлены исследования закономерностей анодного растворения никель-хромовых сплавов. Установлено, что в активирующем электролите NaCl сплав ЭП-741-нп пассивируется, вследствие большей концентрации таких легирующих компонентов, как молибден и вольфрам, при анодном растворении сплава ЭК-79, в котором минимальное содержание легирующих компонентов пассивации не наблюдается. В пассивирующем электролите оба сплава ведут себя одинаково. Выявлено, что введение комплексообразователей увеличивает плотность анодного тока. Выявлена дезинтеграция сплавов при поляризации в 5%NaCl и в однокомпонентном электролите NaNO₃ различной концентрации. В электролите 15%NaCl+7%NaNO₃ и электролитах с добавками комплексообразователей наблюдается равномерное растворение компонентов. Электрохимическая обработка ЭХО; анодное растворение; электролит; дезинтеграция

ВВЕДЕНИЕ

Электрохимическая обработка (ЭХО) конструкционных материалов основана на их анодном растворении в проточном электролите. Этот способ достаточно широко применяется для обработки деталей сложной формы из материалов, труднообрабатываемых традиционными способами механической обработки, таких как жаропрочные никель-хромовые. Использование электрохимического метода как для предварительной, так и для окончательной обработки деталей позволяет обеспечить высокую точность, а также производительность процесса. В настоящее время в двигателях пилотируемых летательных аппаратов широко применяются блиски компрессоров и вентиляторов, изготавливаемых из никель-хромовых сплавов. Жаропрочные никель-хромовые сплавы нашли самое широкое применение в отечественной промышленности в основном в качестве материала для лопаток газотурбинных двигателей (ГТД) и блисков — роторов вентиляторов, компрессоров и турбин. Блиск — это изготовленный за одно целое диск с лопатками. Основное преимущество блисков — возможность снижения на 20–30% массы рабочего колеса и увеличения ресурса за счет исключения концентраторов напряжений в замковых соединениях. Метод изготовления блисков является очень дорогим, поэтому для изготовления блисков

рекомендуется использовать ЭХО. Применение ЭХО как для предварительной, так и окончательной обработки профилей лопаток позволило бы примерно в 7 раз снизить стоимость изготовления профилей. Ручная полировка профилей не требуется. Кроме того, ЭХО позволяет обеспечить чрезвычайно высокую точность изготовления профилей, воспроизводимость процесса, возможность изготовления тонких длинных профилей. Эти преимущества являются решающими при выборе ЭХО для обработки лопаток компрессоров, спрофилированных с использованием современных методов газодинамики.

Обладая высокой жаропрочностью, эти сплавы имеют пониженную пластичность, поэтому их обрабатываемость традиционными механическими способами осложнена высокой вероятностью растрескивания. В связи с этим можно отметить возрастающую роль электрохимических методов обработки подобных сплавов, осуществляющихся бесконтактным способом в потоке электролита

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Изучение закономерностей высокоскоростного анодного растворения сплавов ЭК-79 и ЭП-741-нп в потенциодинамических условиях проводилось путем снятия поляризационных кривых на потенциостате ПИ-50-1.1. На рис. 1 и 2 представлены

поляризационные кривые сплавов ЭК-79 и ЭП-741-нп в растворах хлорида натрия различной концентрации.

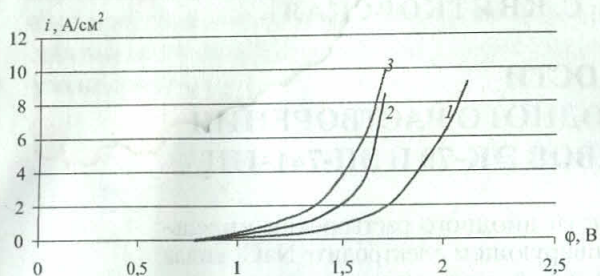


Рис. 1. Потенциодинамические поляризационные кривые сплава ЭК-79 в NaCl различной концентрации, %: 1 — 5; 2 — 10; 3 — 15

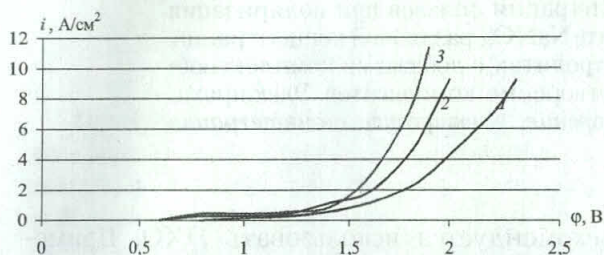


Рис. 2. Потенциодинамические поляризационные кривые сплава ЭП-741-нп в NaCl различной концентрации, %: 1 — 5; 2 — 10; 3 — 15

Как видно из рис. 1 и 2, в растворах хлоридов сплавы растворяются в активной области начиная с потенциала 0,8 В. Выявлено, что при растворении сплава ЭК-79 с повышением электродного потенциала плотность тока повышается почти по линейному закону. С увеличением концентрации раствора NaCl плотности тока закономерно растут, что обусловлено повышением электропроводности электролитов. Торможения процесса ионизации при сдвиге потенциала в область более положительных потенциалов не наблюдается. Однако при растворении сплава ЭП-741-нп наблюдается пассивация сплава с потенциала 0,6 В до 1,2 В, вследствие большей концентрации таких легирующих компонентов, как молибден и вольфрам, за счет образования устойчивых оксидов MoO_3 , WO_3 . Величина предельного тока пассивации увеличивается с ростом концентрации электролита; так, в 10% NaCl ток пассивации составляет 0,28 А/см², а в 15% NaCl — 0,42 А/см². Вероятно, в интервале значений потенциалов от 0,6 до 1,2 В на поверхности анода образуется пленка, состоящая из малорастворимых низших оксидов (NiO , Cr_2O_3), которая по мере увеличения электродного потенциала

утолщается и способствует торможению процесса электрохимического растворения сплава. При значении потенциала, равного 1,2 В, начинается растворение в анодно-анионной области и плотности тока закономерно растут.

В отличие от активирующего электролита NaCl, в электролитах на основе нитрата натрия растворение начинается при более положительных потенциалах 1,0–1,3 В, ионизация сплавов происходит в анодно-анионной области, рис. 3 и 4.

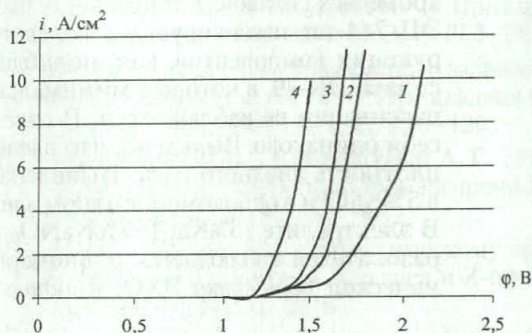


Рис. 3. Потенциодинамические поляризационные кривые сплава ЭК-79 в NaNO_3 различной концентрации, %: 1 — 5; 2 — 8; 3 — 10; 4 — 15

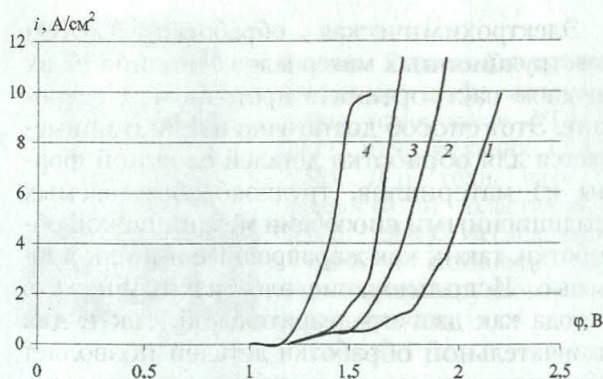


Рис. 4. Потенциодинамические поляризационные кривые сплава ЭП-741-нп в NaNO_3 различной концентрации, %: 1 — 5; 2 — 8; 3 — 10; 4 — 15

Как видно из рис. 3 и 4, растворение сплава ЭК-79 в электролите на основе нитрата натрия различной концентрации подобно растворению сплава ЭП-741-нп. Выявлено, что при потенциалах 1,2–1,5 В нет заметного роста плотности анодного тока, видимо, при поляризации сплавов в растворах нитрата натрия на поверхности мгновенно формируется тончайшая пассивирующая пленка, блокирующая поверхность. При более положительных потенциалах порядка 1,6 В, вследствие образования метастабильных оксидов высокой степени окисления, происходит ионизация сплавов. Растворение данных сплавов в электролите NaNO_3 различной концентрации

характеризуется более высокими плотностями тока по сравнению с электролитом NaCl.

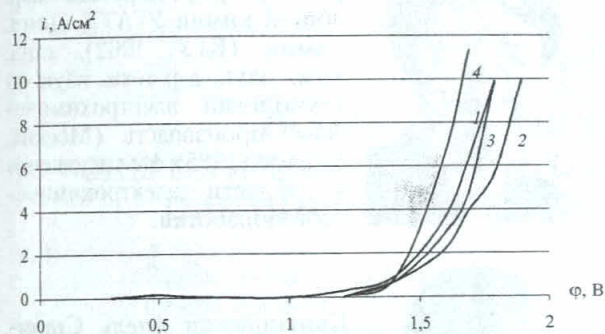


Рис. 5. Потенциодинамические поляризационные кривые сплава ЭК-79 в электролитах с добавками комплексообразователей:

- 1 — 15%NaCl+7%NaNO₃;
- 2 — 15%NaCl+7%NaNO₃ + 0,01%8-оксихинолина;
- 3 — 15%NaCl+7%NaNO₃ + 0,01%ДФК;
- 4 — 15%NaCl+7%NaNO₃ + 0,01%α-нитрозо-β-нафтол

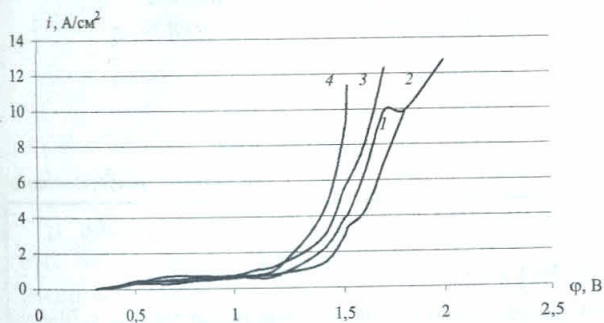


Рис. 6. Потенциодинамические поляризационные кривые сплава ЭП-741-нп в электролитах с добавками комплексообразователей:

- 1 — 15%NaCl+7%NaNO₃;
- 2 — 15%NaCl+7%NaNO₃+0,01%8-оксихинолина;
- 3 — 15%NaCl+7%NaNO₃+0,01%ДФК;
- 4 — 15%NaCl+7%NaNO₃+ 0,01%α-нитрозо-β-нафтол

Известно, что оптимальным электролитом для ЭХО никель-хромовых сплавов является составной электролит на основе хлорида натрия с добавками нитрата натрия 5–7%, где достигается наибольшая точность обработки и хорошее качество поверхности. Поэтому исследование высокоскоростного анодного растворения никель-хромовых сплавов проводили в комбинированном электролите 15%NaCl + 7%NaNO₃. При ионизации исследуемых сплавов в комбинированном электролите влияние природы сплава сказывается в значительно меньшей степени. Достоинством двухкомпонентного электролита является то, что он способствует переводу анодного растворения из активной области в область анод-

но-анионной активации, тем самым уменьшается влияние легирующих компонентов. При растворении сплавов в составном электролите 15%NaCl + 7%NaNO₃ и в электролитах с добавками комплексообразователей потенциал анодного растворения смещен в область отрицательных значений по сравнению с потенциалами растворения в электролитах на основе NaNO₃ и NaCl, рис. 5 и 6, т. е. анодно-анионная активация характеризуется более высокими плотностями тока. В качестве комплексообразователей были выбраны реагенты, образующие комплексы с ионами никеля(II) и кобальта(II) (8-оксихинолин и α-нитрозо-β-нафтол), а также с ионами хрома(VI) дифенилкарбазид (ДФК). Как видно из рисунков, рост плотности поляризующего тока происходит в анодно-анионной области с потенциала 1,2 В, видимо, введение комплексообразователей облегчает анодное растворение вследствие связывания ионов никеля и хрома в устойчивые комплексные соединения.

Таким образом, введение комплексообразователей способствует повышению плотности анодного тока за счет образования устойчивых комплексных соединений с ионами никеля, хрома и кобальта.

Изучалось влияние природы электролита на основные технологические характеристики процесса электрохимической обработки никель-хромовых сплавов ЭК-79 и ЭП-741-нп. В связи с тем, что монолитный ротор состоит из диска из материалов ЭК-79 и ЭП-741-нп, необходимо сравнение влияния электролита и режимов обработки на серийном станке 4420Ф11 с вибрацией ЭИ и синхронной подачей импульсов технологического напряжения. Задавались различные напряжения и скважность импульсов. В качестве электролита был выбран двухкомпонентный электролит 15%NaCl + 7%NaNO₃, в котором достигались наилучшие выходные параметры.

Выявлено, что данные, полученные на станке, согласуются с экспериментальными данными. Установлено, что при напряжении 10–12 В и скважности импульсов 2 в электролите 15%NaCl + 7%NaNO₃ достигаются наилучшие характеристики процесса ЭХО как для сплава ЭК-79, так для сплава ЭП-741-нп.

ВЫВОДЫ

Установлено, что в активирующем электролите NaCl сплав ЭП-741-нп пассивируется вследствие большей концентрации таких легирующих компонентов, как молибден

и вольфрам, при анодном растворении сплава ЭК-79, в котором минимальное содержание легирующих компонентов пассивации не наблюдается. В пассивирующем электролите оба сплава ведут себя одинаково. Выявлено, что введение комплексообразователей увеличивает плотность анодного тока.

Выявлена дезинтеграция сплавов при поляризации в 5% NaCl и в однокомпонентном электролите NaNO₃ различной концентрации. В электролите 15%NaCl + 7%NaNO₃ и электролитах с добавками комплексообразователей наблюдается равномерное растворение компонентов.

Изучалось влияние природы электролита на основные технологические характеристики процесса электрохимической обработки никель-хромовых сплавов на серийном станке 4420Ф11 с вибрацией ЭИ и синхронной подачей импульсов технологического напряжения. Установлено, что при напряжении 10–12 В и скважности импульсов 2 в электролите 15%NaCl + 7%NaNO₃ достигаются наилучшие характеристики процесса ЭХО.

ОБ АВТОРАХ



Амирханова Наиля Анваровна, профессор, зав. каф. общей химии УГАТУ. Дипл. химик (КГУ, 1962), канд. хим. наук, д-р техн. наук по технологии электрохимических производств (Москва, ВИАМ, 1985). Исследования в области электрохимической обработки.



Квятковская Адель Станиславовна, ст. преп. той же кафедры. Дипл. химик (БГУ, 1997). Канд. техн. наук по технологии и оборудованию механической и физико-технической обработки (УГАТУ, 2001). Исследования в области анодного растворения никель-кобальтовых сплавов.

К юбилею университета

Продолжение со с. 98

СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ УГАТУ

Высокие темпы роста, принятые в шестидесятые годы, потребовали на новом этапе развития вуза в 70-е годы широко развернуть новое строительство. Новые учебные корпуса в свою очередь позволили открыть дополнительно семь новых специальностей подготовки инженеров, обеспечить тем самым организацию девяти факультетов, одной проблемной научно-исследовательской лаборатории, двух самостоятельных научно-производственных подразделений и восьми отраслевых научно-исследовательских лабораторий.

В восьмидесятые годы программа строительства и расширения института была в основном выполнена. Страна получила первоклассный вуз. Признание заслуг института в деле подготовки высококвалифицированных специалистов и развитии научных исследований выразилось в том, что в 1982 году Указом Президиума Верховного Совета СССР Уфимский авиационный институт имени Серго Орджоникидзе был награжден орденом Ленина.

Девяностые годы XX в. — это годы рыночных реформ, в том числе и всей системы образования. За этот период на базе УАИ был создан Уфимский государственный авиационный технический университет.

Стартовые позиции рассматриваемого десятилетия были тяжелыми как для всей системы образования, так и для нашего вуза. Существенное недофинансирование, низкая заработная плата, разрушенное состояние базовых предприятий авиационной промышленности, низкая востребованность результатов научных исследований и разработок, отток молодых кадров — вот далеко не полный перечень проблем, которые приходилось преодолевать. Тем не менее вуз все эти годы прочно занимал лидирующие места в десятке ведущих технических университетов страны, открыл десятки новых специальностей и направлений магистерской подготовки, существенно расширил число студентов, обучающихся на коммерческой основе.

Отмечая продвижение УГАТУ по пути формирования современного исследовательского университета, немаловажно отметить тот факт, что общее количество аспирантов в университете (385 человек) существенно превышает число студентов, которое вуз обучал в начале своей истории (в 1932 году в вузе было всего 286 студентов дневного отделения).

[Уфимскому ордена Ленина авиационному институту имени Серго Орджоникидзе — 50 лет. Очерк истории. Уфа: Башкирск. книжн. изд-во, 1982. 256 с.]

Продолжение на с. 126