



INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
Autarquia Associada à Universidade de São Paulo

**Desenvolvimento de tratamento por tecnologia limpa para a superfície da liga
AA2024 com clad AA1230**

RAFAEL EMIL KLUMPP

**Tese apresentada como parte dos
requisitos para obtenção do Grau de
Doutor em Ciências na Área
de Tecnologia Nuclear - Materiais**

**Orientadora:
Profa. Dra. Isolda Costa**

**São Paulo
2020**

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
Autarquia Associada à Universidade de São Paulo

**Desenvolvimento de tratamento por tecnologia limpa para a superfície da liga
AA2024 com clad AA1230**

Versão Corrigida

Versão Original disponível no IPEN

RAFAEL EMIL KLUMPP

**Tese apresentada como parte dos
requisitos para obtenção do Grau de
Doutor em Ciências na Área
de Tecnologia Nuclear - Materiais**

**Orientadora:
Profa. Dra. Isolda Costa**

**São Paulo
2020**

RESUMO

KLUMPP, Rafael Emil. Desenvolvimento de tratamento por tecnologia limpa para a superfície da liga AA2024-T3 com Clad AA1230. 2020. 159 p. Tese (Doutorado em Tecnologia Nuclear) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN-CNEN/SP. São Paulo.

Há grande interesse na busca por tratamentos de superfície por tecnologia limpa para substituição dos tratamentos que geram rejeitos altamente tóxicos, mutagênicos e carcinogênicos, como é o caso dos tratamentos em meios contendo íons de cromo hexavalente para proteção contra a corrosão de ligas de alumínio. Neste trabalho, foram testados vários tratamentos para a superfície da liga AA2024-T3 Clad visando a resistência à corrosão para substituição dos tratamentos que utilizam cromo hexavalente, alguns realizados em várias etapas, e outros em etapa única. As superfícies da liga AA2024-T3 Clad, após tratamentos selecionados com base em resultados do ensaio de névoa salina (ASTM B117), foram caracterizadas química, morfológica e eletroquimicamente. O efeito dos tratamentos testados na resistência à corrosão da liga AA2024-T3 Clad foi estudado. A composição química da superfície após tratamentos foi investigada por espectroscopia de fotoelétrons excitados por raios-X (XPS); a morfologia por microscopia eletrônica de varredura (MEV) e microscopia de força atômica (AFM), e a resistência à corrosão por técnicas eletroquímicas globais, especificamente espectroscopia de impedância eletroquímica (EIE) e curvas de polarização anódica, e técnicas eletroquímicas locais, tais como, a técnica de varredura do eletrodo vibratório (SVET). A resistência à corrosão foi também avaliada pelo ensaio acelerado de névoa salina (ASTM B117). As superfícies após tratamentos foram caracterizadas quanto a tensão superficial e adesão à uma camada de verniz. Dos resultados obtidos foi proposto um tratamento de etapa única baseado em um híbrido Sol-Gel modificado com nitrato de cério, processo que não gera resíduos tóxicos. Os resultados deste tratamento foram comparados com os da mesma liga com revestimento de conversão obtido em solução contendo íons de cromo hexavalente. A resistência à corrosão da superfície com o tratamento selecionado entre os testados foi similar ao do tratamento de conversão em solução com cromo hexavalente. Além disso, a superfície com o tratamento proposto apresentou ótima adesão à camada de verniz. Os resultados indicaram que o tratamento proposto é uma alternativa viável para substituição de tratamentos que geram resíduos tóxicos e cancerígenos, com a vantagem em relação aos tratamentos que vêm sendo propostos na literatura de ser obtido em um processo de etapa única.

Palavras-chave: Tratamentos de superfície, Corrosão, Ligas de alumínio, Tratamentos ambientalmente amigáveis, Tratamentos de conversão, Cério, Inibidores de corrosão.

ABSTRACT

KLUMPP, Rafael Emil. Development of clean technology treatments for AA2024-T3 alloy surface with AA1230 clad. 2020. 159 p. Ph.D. Thesis (Doctorate in Nuclear Technology) – Institute of Energy and Nuclear Research – IPEN/CNEN-SP. Sao Paulo.

There is a great interest in the search for clean technology surface treatments to replace the treatments that generate highly toxic, mutagenic and carcinogenic residues, such as treatments in solutions with hexavalent chromium ions to protect aluminium alloys against corrosion. In this work, several surface treatments of AA2024-T3 Clad alloy were tested for corrosion resistance to replace hexavalent chromium treatments, some performed in several states and others in single stage. AA2024-T3 Clad surfaces, after treatments selected based on salt spray test results (ASTM B117), were chemically, morphologically and electrochemically characterized. The effect of the tested treatments on corrosion resistance was studied. The chemical composition of the surface after treatments was investigated by X-ray photoelectron spectroscopy (XPS); the morphology by scanning electron microscopy (SEM) and atomic force microscopy (AFM), and corrosion resistance by global electrochemical techniques, specifically, electrochemical impedance spectroscopy (EIS) and anodic polarization curves, and local electrochemical techniques, such as, scanning vibrating electrode technique (SVET). Corrosion resistance was also assessed by the accelerated salt spray test (ASTM B117). The surfaces after treatments were characterized for surface tension and adhesion to a varnish layer. From the obtained results it was proposed a single step treatment based on a Cerium nitrate modified Sol-Gel hybrid, a process that does not generate toxic residues. The results of this treatment were compared with those of the same alloy with conversion coating obtained in solution containing hexavalent chromium ions. The corrosion resistance of the surface with the selected treatment was similar to that with conversion treatment in hexavalent chromium solution. In addition, the surface with the proposed treatment presented excellent adhesion to a varnish layer. The results indicated that the developed treatment is a viable alternative to substitute treatments that generate toxic and carcinogenic residues, with the advantage over the treatments that have been proposed in the literature to be obtained in a single step process.

Keywords: Surface treatments, Corrosion, Aluminium alloys, Environmentally friendly treatments, Conversion treatment, Cerium, Corrosion inhibitors.