

ANÁLISE DOS PARÂMETROS DE ANODIZAÇÃO DO TITÂNIO DE LIGA TI-6AL-6V-2SN

**Ariane Rodrigues Beja, Vitória Helena de Oliveira Ferreira, Daniela Santos
Silva, Márcio Henrique Maranhão Maia**

Colégios Univap Unidade Centro, Rua Paraibuna, 75- Jardim São Dimas, 12245-020 - São José dos Campos-SP, Brasil, arianebeja@gmail.com , vitoriaferreira1921@gmail.com , danielass@univap.br , mhmmaia23@gmail.com .

Resumo

A anodização consiste em um processo eletroquímico empregado para formação de uma camada de óxido protetora e controlada na superfície de metais, sobretudo alumínio e titânio, mediante a aplicação de corrente elétrica em meio eletrolítico. Essa camada promove significativa elevação da resistência à corrosão, ao desgaste e à abrasão, além de possibilitar a obtenção de propriedades estéticas, como coloração decorativa, sem o uso de pigmentos. Sua aplicação resulta na proteção do substrato metálico, na otimização da durabilidade e no aumento de sua funcionalidade, sendo amplamente utilizada nos setores aeroespacial, automotiva, biomédica e de bens de consumo. A relevância da anodização decorre de sua capacidade de estender a vida útil dos componentes metálicos, aperfeiçoar o desempenho em ambientes agressivos e possibilitar personalizações tanto estéticas quanto funcionais, consolidando-se como um recurso indispensável para a engenharia e o design industrial.

Palavras-chave: Titânio. Parâmetros. Anodização.

Curso: Técnico em Química.

Introdução

A anodização é um processo eletroquímico utilizado, principalmente, para promover o espessamento controlado da camada de óxido natural em superfícies metálicas, como alumínio e titânio, essa camada confere melhorias significativas em propriedades como resistência à corrosão, dureza superficial e adesão de revestimentos orgânicos ou inorgânicos (Bonatto, 2009). Tais características são desejáveis por proporcionarem superior biocompatibilidade, incremento da atividade biológica e maior resistência à corrosão (Silva, 2019). Devido a possibilidade de obtenção de ampla gama de cores resultante da variação de espessura da camada de óxido, sem utilização de pigmentos, o titânio anodizado é amplamente utilizado em design de acessórios, decorações e joalherias (Hlinka J, *et al.*, 2023); Na área aeroespacial, o titânio é amplamente empregado, especialmente em componentes de sistemas hidráulicos (Henriques, 2007); além de ser largamente empregado na produção de implantes ortopédicos e odontológicos (Sousa, 2019).

A anodização em meio ácido, tem se mostrado particularmente eficaz na formação de camadas de óxido com propriedades desejáveis, como elevada uniformidade, compacidade e forte aderência à superfície metálica (Luz, 2022). A utilização de soluções ácidas, como ácido sulfúrico (H_2SO_4), ácido fosfórico (H_3PO_4) ou ácido acético (CH_3COOH), favorece a formação de filmes de dióxido de titânio (TiO_2) mais homogêneos, cujas propriedades contribuem para a otimização da resistência à corrosão, aumento da estabilidade térmica e, em alguns casos, coloração controlada. Essas características tornam essa abordagem especialmente relevante para aplicações biomédicas e industriais, nas quais o desempenho da camada de óxido é fator crítico (Palma, 2019).

O processo de anodização empregado neste estudo foi conduzido em uma solução eletrolítica ácida, imergindo-se pequenas placas de titânio no eletrólito e aplicando-se diferentes tensões elétricas. Foram analisados parâmetros como a temperatura, concentração do ácido e tempo de imersão e suas respectivas influências nas características da camada formada.

Neste artigo, são discutidas as propriedades físicas e químicas do titânio e a influência dos principais parâmetros da anodização do titânio, bem como tensão, temperatura, concentração do eletrólito, tempo de tratamento, em suas aplicações comerciais.

Metodologia

A prática laboratorial deste trabalho baseou-se na literatura para análise prática dos parâmetros de anodização do titânio. Com isso realizou-se o procedimento em duas etapas, a primeira sendo a decapagem para remoção de sais nas peças e em seguida a anodização em meio eletrolítico. Para o processo de decapagem das peças de titânio, primeiramente preparou-se uma solução de 10 mL de ácido nítrico e 90 mL de água e, em um béquer, mergulhou-se por 3 minutos para, em seguida, passar em outro béquer contendo água destilada. Para o preparo das soluções de H_2SO_4 0,0 1mol/L e 0,1 mol/L, em dois balões volumétricos de 250 mL, foi pipetado 1,33 e 13,32 mL (respectivamente) de ácido sulfúrico 2N e completou-se o volume até o menisco com água destilada. Em seguida, a solução de concentração 0,01 mol/L foi transferida para um béquer e deixado em banho maria à 38°C; ao atingir a temperatura desejada, foi conectado o anodo na peça de titânio a ser anodizada e o catodo na peça de cobre e ligou-se o retificador de tensão a uma tensão de 32 V por 10 minutos. Após o tempo, desligou-se e os resultados foram observados e anotados. O processo foi repetido com a solução de H_2SO_4 0,1 mol/L.

Resultados

Com base nos experimentos realizados, notou-se que a tensão e a concentração de eletrólito foram parâmetros essenciais para a obtenção da camada de óxido. Notou-se uma coloração arroxeada na peça anodizada sob uma tensão de 32V e solução eletrolítica de 0,01 mol de H_2SO_4 , coloração essa em decorrência da tensão aplicada, além de uma textura espessa e tátil da camada de óxido. A literatura foi fundamental em seus respectivos resultados experimentais, sendo realizadas adaptações metodológicas com o objetivo de assegurar maior segurança aos pesquisadores durante a execução dos experimentos, sem comprometer a reprodutibilidade e a obtenção de resultados equivalentes.

Imagem – 1: titânio grau 2 anodizado



Fonte: Os autores, 2025.

Discussão

O estudo teve como objetivo reproduzir os parâmetros de tensão, concentração e tempo descritos nas dissertações de Nascimento (2024) e Silva (2019), aplicados ao tratamento de superfície da liga Ti-6Al-6V-2Sn de modo a avaliar a influência na formação da camada de óxido. Ao comparar com a literatura utilizada, observa-se que a tensão, em conjunto com a concentração, apresentou concordância com os dados esperados. Por outro lado, divergências foram observadas em relação a Luz (2022), as quais podem ser atribuídas por diferenças metodológicas, tamanho amostral ou contexto da pesquisa.

Diante disso, recomenda-se que pesquisas futuras explorem novas abordagens metodológicas, incluindo a utilização de diferentes soluções eletrolíticas, variações de concentração e/ou tensão, a fim de aprofundar o entendimento dos mecanismos envolvidos na anodização do titânio.

Conclusão

Com base na análise realizada, foi possível observar a importância de cada parâmetro do processo de anodização para obtenção de um tratamento de superfície otimizado, bem como suas aplicações, características e benefícios. Foi possível obter-se uma compreensão mais aprofundada de seus aspectos e propriedades, bem como a comprovação da eficácia e da resistência conferida pela camada de óxido e superfície metálica, características e comprovação dos testes e da resistência que a camada de óxido promove na superfície do titânio.

Referências

BONATTO, Fernando. **Síntese de nanoestruturas formadas pela anodização de titânio**. 2009. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/70416>. Acesso em: 10 de maio de 2025.

HENRIQUES, Vinicius André Rodrigues; *et al.* **Produção de titânio metálico no Brasil**, 2007. Disponível em: <https://abmproceedings.com.br/ptbr/article/produco-de-titnio-metlico-no-brasil>. Acesso em: 11 de maio de 2025.

HLINKA, Josef; *et al.* Electrochemical, Biological, and Technological Properties of Anodized Titanium for Color Coded Implants. **Materials (Basel)**. 2023. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9866561/>. Acesso em: 14 de maio de 2025.

LUZ, Aline Rossetto. **Caracterização de superfícies de titânio modificadas anodicamente para aplicação biomédica**. 2022. Disponível em: <https://hdl.handle.net/1884/33467>. Acesso 12 de maio de 2025

NASCIMENTO, Wellington Elíoenae. **Anodização de titânio ASTM F67 grau 4 em tensões contínua e alternada para modificação da superfície dos implantes dentários**. 2024. Disponível em: <https://hdl.handle.net/11449/257712>. Acesso em: 10 de maio de 2025.

PALMA, Dener Pedro da Silva. Variações morfológicas e estruturais nos filmes de TiO₂ formada pela anodização do titânio. **Repositório Unesp** 2019. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/e8e2a969-f1bc-4d5d-9b5f14fc3fec83e/content>. Acesso em: 12 de maio de 2025.

SILVA, Layane Isabelli da. Influência dos parâmetros operacionais da anodização de liga de titânio nas características dos filmes formados. **Repositório UFMG**. 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/33960>. Acesso em: 11 de maio de 2025.

SOUSA, Tiago dos Santos Pereira de. **Estudo da anodização em novas ligas à base de Ti-15Zr-xMo para aplicação como implantes biomédicos**. 2019. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/181299>. Acesso em: 15 maio. 2025.

Agradecimentos

Ao orientador Márcio e a coorientadora Daniela pelo incentivo, apoio e aprendizado durante toda nossa trajetória. A Deus que nos ajudou a alcançar todos nossos objetivos nessa jornada de estudos. Aos nossos familiares e amigos, por toda a ajuda e incentivo.