

INFLUÊNCIA DA NITRETAÇÃO NO TRATAMENTO DE SUPERFÍCIES: UMA PROSPECÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA.

T.C.M. Mousinho, thyalitacmm@gmail.com¹

A.J.C.S. Almeida, jakellynecarvalho@hotmail.com¹

A.G.F. Araujo, armystron@ifpi.edu.br¹

¹Instituto Federal do Piauí – Campus Teresina Central, Praça da liberdade, 1597, Centro, Teresina, Piauí.

Resumo: Com o avanço tecnológico, surge a necessidade de se produzir ferramentas e peças metálicas cada vez mais resistentes. Entre tantos tratamentos de superfícies como: boretção, cementação, carbonetação e têmpera superficial, a nitretação aparece como uma das técnicas mais promissoras de tratamento de superfícies para o aprimoramento de propriedades mecânicas e tribológicas, como resistência ao desgaste e corrosão, aumento de dureza superficial, melhorias de propriedades elétricas, resistência à fadiga, baixa sensibilidade ao entalhe e redução de atrito. O leque de materiais em que se pode aplicar esse tipo de tratamento é bastante diversificado, desde aços de baixa, média e alta liga, incluindo os aços inoxidáveis, ligas de titânio até aplicações mais modernas como em polímeros e biomateriais. Esse trabalho tem como objetivo realizar uma prospecção científica e tecnológica, relativa à influência da nitretação no tratamento de superfícies de biomateriais e ferramentas de corte. Portanto, foi realizado um levantamento de pesquisas já desenvolvidas com artigos publicados ou com resultados patenteados, utilizando as palavras-chave: Nitriding, Surface, Bioimplant, Cutting tool, ou combinações destas palavras, para uma busca mais específica. Para a prospecção tecnológica foram utilizadas as plataformas INPI, USPTO e EPO. Já a prospecção científica foi feita com a base de dados da Scopus e Web of Science. Assim, pode-se perceber que, apesar de haver pesquisas voltadas para o uso da nitretação no tratamento de superfícies de biomateriais, o campo ainda é aberto para pesquisa, visto a inexistência de patentes voltadas a esse estudo, principalmente no que trata sobre nitretação em bioimplantes.

Palavras-chave: Nitretação, superfície, bioimplantes, ferramentas de corte

1. INTRODUÇÃO

Entre as diferentes tecnologias de processamento de superfície, a nitretação a plasma ou nitretação iônica tem sido amplamente utilizada para modificar a superfície metálica, incluindo as ligas de Ti, Al e aços (Zhu et al, 2017; Balla et al, 2017; Silva et al, 2010; Samanta et al, 2017). A técnica é utilizada para melhorar a resistência mecânica, tribológica, à corrosão e melhorias como biocompatibilidade e expectativa de vida (Tromas et al, 2012).

Entre os implantes biomédicos, a TA, por exemplo, é a única com alta biocompatibilidade, resistência à corrosão, alta resistência específica, mas propriedades tribológicas a desejar (Samanta et al, 2017; Balla et al, 2014; Shum et al, 2017). O aço AISI 316 L tem alta resistência à corrosão, mas é pobre em dureza e resistência ao desgaste (Samanta² et al, 2017; Muthukumaran et al., 2010; Zhu et al, 2018; Biehler et al, 2017).

A técnica de nitretação consiste na aplicação de um alto potencial catódico em um ambiente de baixa pressão para produzir plasma e este reagir com a superfície de componentes metálicos. A reação do plasma produz compostos metálicos que se difundem na superfície do material aumentando a dureza e resistência ao desgaste dos componentes (Alves et al, 2016; Lu et al, 2017; Sykora e Zetek, 2015).

Este trabalho tem como objetivo analisar a influência da nitretação no tratamento de superfície e foi desenvolvido através da busca de artigos científicos no banco de dados da SCOPUS, publicados no período de 2012 a 2017 e no levantamento de patentes no Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (INPI), Escritório Europeu de Patentes (EPO) e no Escritório de Patentes e Marcas dos Estados Unidos (USPTO).

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Para a realização da prospecção tecnológica, a busca por patentes foi feita utilizando os dados registrados no Instituto Nacional de Propriedades Industrial (INPI), United States Patent and Trademark Office (USPTO) e European Patent Office (EPO), utilizando as palavras-chave “Nitriding”, “Nitriding AND surface”, “Nitriding AND bioimplant” e “Nitriding AND Cutting tool”, sem a utilização de filtros para restrição de datas.

Já na prospecção científica, a busca por artigos científicos foi feita na base de dados do SCOPUS e da Web of Science. Também utilizando as palavras-chave “Nitriding”, “Nitriding AND “Surface”, “Nitriding AND Bioimplant” e “Nitriding

AND Cutting tool” e sem a aplicação de filtragem por ano, para melhor revelar a quantidade total de produções com estas palavras. Para uma melhor análise dos resultados, foi verificado o número de publicações por ano, os países e as áreas da ciência que mais produziram trabalhos sobre assuntos relacionados às palavras “Nitriding AND surface”, utilizando a base de dados SCOPUS.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Prospecção científica

A Tabela 1 mostra os resultados de pesquisa de artigos na base da SCOPUS e Web of Science. Para a tabela, não foi realizado a filtragem por ano para melhor revelar quantidade total de produções com as palavras chaves nitretação, nitretação de superfície, nitretação de bioimplantes e nitretação de ferramentas de corte (“Nitriding”, “Nitriding AND surface”, “Nitriding AND bioimplant” e “Nitriding AND cutting tool”).

A Figura 2 mostra o crescimento das produções de artigos desde 1932 até o ano de 2018 na área de nitretação no tratamento de superfícies. Até o ano de 1972, foram poucas publicações nessa área. Houve um crescimento acelerado a partir de 1988. No Brasil, por exemplo, o primeiro artigo publicado nessa área foi em 1990. Essa data é próxima ao fim da ditadura e início da internet no Brasil. Fatos que favoreceram o desenvolvimento de pesquisas.

Tabela 1: Número de artigos publicados por palavras-chave.

Palavras-chave	SCOPUS	Web of Science
Nitriding	11313	5167
Nitriding AND surface	6588	3033
Nitriding AND bioimplant	267	3
Nitriding AND cutting tool	151	12

Fonte: Autoria própria (2017).

Figura 2: Artigos da base da SCOPUS com as palavras-chave “nitriding” AND “surface”.

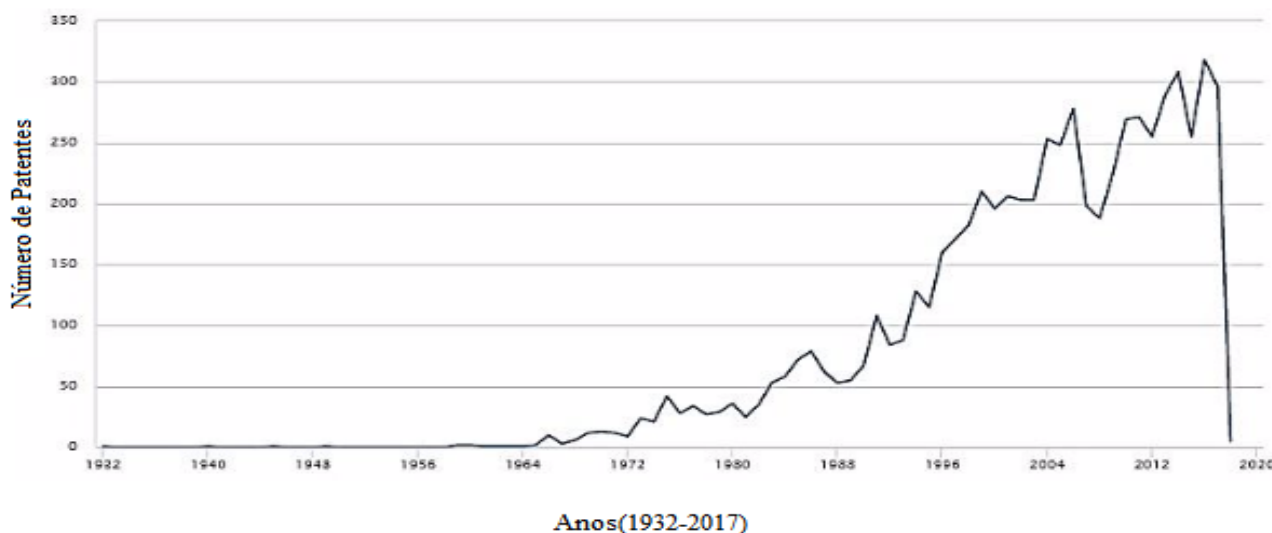


Figura 2: Artigos da base da SCOPUS com as palavras-chave “nitriding” AND “surface”.

Fonte: Autoria própria (2017).

Foi observado que o primeiro artigo dessa área foi publicado no ano de 1932 por Gray e Thompson, no qual relata a ação do nitrogênio na modificação das propriedades do ferro puro. Nota-se também que já existem artigos publicados com a data de 2018. Entre eles o artigo produzido por Yordanov et al., (2018), no qual se faz o uso de simulações computacionais para determinar a temperatura do cátodo no reator de plasma. Este é um trabalho inovador, pois atualmente faz-se o uso de termopar inserido logo abaixo do porta amostra para medir essa temperatura. Porém essa medição não é precisa.

Na figura a seguir, Fig. 3, encontram-se os países que mais publicaram artigos na área de nitretação aplicada no tratamento de superfícies. A China tem a liderança inquestionável seguida por Japão, Alemanha e Estados Unidos.

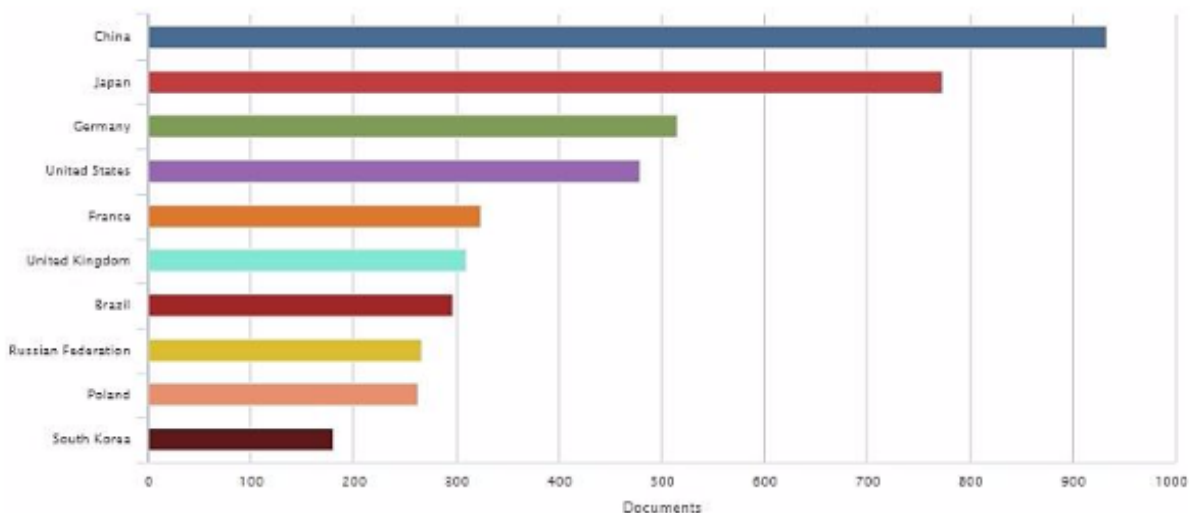


Figura 3: Países que mais publicaram artigos com as palavras-chave de “nitriding AND surface”.

Fonte: Autoria própria (2017)

A Figura 4 mostra as áreas de maiores produções de artigos científicos, destacando-se as grandes áreas de ciência dos materiais seguida por engenharia, física e química.

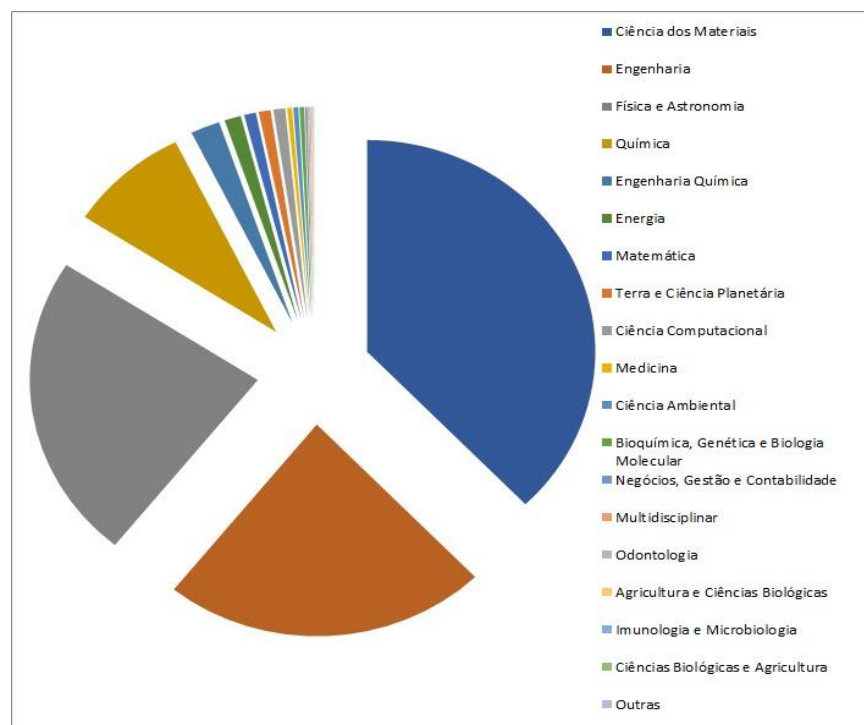


Figura 4: Áreas que mais publicaram artigos com as palavras chave de “nitriding AND surface”.

Fonte: Autoria própria (2017)

3.2. Prospecção tecnológica

A tabela a seguir mostra a quantidade de patentes registradas na base de dados INPI, USPTO e EPO, com temas relacionados às palavras-chave “Nitriding”, “Nitriding AND surface”, “Nitriding AND bioimplant” e “Nitriding AND cutting tool”. Tabela 2: Número de patentes por palavras-chave e combinações. Palavras-chave INPI USPTO EPO Nitriding 17 10.186 11.313 Nitriding AND surface 01 9.794 6.064 Nitriding AND bioimplant 0 0 0 Nitriding AND cutting tool 0 271 44 Fonte: Autoria própria (2017) Apesar de muitos autores falarem em seus trabalhos sobre o uso da nitretação em biomateriais com a possibilidade de se utilizar como bioimplantes, o fato é não foi encontrada nenhuma patente que relacione essas palavras-chave. Pode-se notar a partir dos dados da tabela acima que, quando se trata de patentes sobre nitretação no USPTO (10186), a maioria destas é voltada para tratamento de superfície. O grande número de patentes

registradas mostra a importância da nitretação no tratamento de superfície e conforme verificado na Figura 2, esse número é crescente

4. CONCLUSÃO

O tratamento de nitretação influencia significativamente a superfície de materiais. Com melhorias de propriedades mecânicas e tribológicas relatadas por vários autores. Foi apresentado muitos artigos e patentes publicados com esse tema, mostrando ser uma área de grande relevância dentro da ciência e engenharia de materiais.

Apesar de existir muitos trabalhos citando a possibilidade de aplicação da nitretação em biomateriais, o fato é que apenas 04 artigos foram encontrados que realmente aplicaram em bioimplantes. Em suma, muitos autores corriqueiramente descrevem que a nitretação pode ser aplicada como bioimplante. É fato também que nenhuma patente foi encontrada sobre nitretação em bioimplantes.

O uso de nitretação em ferramentas de corte é bastante promissor. Servindo até como tratamento base para aplicação de outros tratamentos como PVD.

5. REFERÊNCIAS

1. Alves, C. J., Araújo, F.O., Ribeiro, K.J.B., Costa, J.A.P., Sousa, R.R.M., Sousa, R.S. (2006). Use of cathodic cage in plasma nitriding. *Surface & Coatings Technology*, v201, 2450–24546.
2. Balla, V.K., Soderlind, J., Bose, S., Bandyopadhyay, A. (2014). Microstructure, mechanical and wear properties of laser surface melted Ti6Al4V alloy. *J. Mech. Behavior Biomedical Materials*, v. 32, 335-344.
3. Biehler, J., Hoche, H., Oechsner, M. (2017). Nitriding behavior and corrosion properties of AISI 304L and 316L austenitic stainless steel with deformation-induced martensite. *Surface and Coatings Technology*, v. 324, 121-128.
4. INPI (2017), Instituto Nacional de Propriedades Industrial: Acessado em 30 de novembro de 2017.
5. Samanta, A., Bhattacharya, M., Ratha, I., Chakraborty, H., Datta, S., Ghosh, J., Bysakh, S., Sreemany, M., Rane, R., Joseph, A., Mukherjee, S., Kundu, B., Anoop, M., Mukhopadhyay. (2017). Nano- and micro-tribological behaviours of plasma nitride Ti6Al4V alloys. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, v.65, 584-599.
6. SCOPUS (2017). Disponível em: < <https://www.scopus.com/> > Acessado em 30 de novembro de 2017.
7. Sykora, R., Zetek, M. (2015). Increasing Cutting Tool Efficiency When Machining Regulatory Spindles Made from Ion Nitrided Nimonic 901 for Steam Turbine Valves. *Procedia Engineering*, v. 100, 1424 – 1433.
8. Tromas, C., Stinville, J.C., Templier, C., Villechaise, P. (2012). Hardness and elastic modulus gradients in plasma-nitrided 316L polycrystalline stainless steel investigated by nanoindentation tomography. *Acta Materialia*, v. 60, 1965–1973.
9. Web of Science (2017). Disponível em: < https://apps.webofknowledge.com/WOS_GeneralSearch_input.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&SID=1Aq8vYug3egHEeamdVL&preferencesSaved=> > Acessado em 30 de novembro de 2017.
10. WIPO (2017), World Intellectual Property Organization.: Acessado em 30 de novembro de 2017.
11. Yordanov, K., Mechkarova, T., Stoyanova, A., Zlateva, P. (2018). Determination of the temperature of cathode unit of indirect plasma burner through a computer simulation model. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, v. 680, pp. 403-409.
12. Yordanov, K., Mechkarova, T., Stoyanova, A., Zlateva, P. (2018). Determination of the temperature of cathode unit of indirect plasma burner through a computer simulation model. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, v. 680, pp. 403-409.
13. Zhu, Y.D. J.W., Yao, M.F., YanY.X., ZhangY.X., WangY., YangL. (2018). High temperature plasma nitriding to modify Ti coated C17200 Cu surface: Microstructure and tribological properties. *Vacuum*, v.147, 163-171.

6. RESPONSABILIDADE AUTURAL

Os autores T.C.M. Mousinho, A.J.C.S. Almeida e A.G.F. Araujo são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

INFLUENCE OF NITRIDING IN THE TREATMENT OF SURFACES: A SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL PROSPECTION

T.C.M. Mousinho, thyalitacmm@gmail.com¹

A.J.C.S. Almeida, jakellynecarvalho@hotmail.com¹

A.G.F. Araujo, armystron@ifpi.edu.br¹

¹Instituto Federal do Piauí – Campus Teresina Central, Praça da liberdade, 1597, Centro, Teresina, Piauí.

Abstract: *With the technological advance, the need arises to produce tools and metallic pieces increasingly resistant. Among many surface treatments such as boretation, carburizing, carbonetation and surface tempering, nitriding appears as one of the most promising techniques of surface treatment for the improvement of mechanical and tribological properties, such as wear and corrosion resistance, increase in surface hardness, improvements in electrical properties, fatigue resistance, low notch sensitivity and reduced friction. The range of materials in which this type of treatment can be applied is quite diverse, from low, medium and high alloy steels, including stainless steels, titanium alloys to more modern applications such as polymers and biomaterials. The objective of this work is to carry out a scientific and technological prospection regarding the influence of nitriding in the treatment of biomaterials surfaces and cutting tools. Therefore, a survey was carried out of already developed researches with published articles or with patented results, using the keywords: Nitriding, Surface, Bioimplant, Cutting tool, or combinations of these words, for a more specific search. For technological prospection, the INPI, USPTO and EPO platforms were used. The scientific exploration was done with the database of Scopus and Web of Science. Thus, it is possible to notice that, although there is research aimed at the use of nitriding in the treatment of surfaces of biomaterials, the field is still open for research, since there are no patents aimed at this study, especially in nitriding. bioimplants.*

Key words: *Nitriding, surface, bioimplants, cutting tools*