

CARACTERIZAÇÃO MICROESTRUTURAL E MECÂNICA DA LIGA DE BRONZE CU-SN APLICADA EM BUCHAS AUTOLUBRIFICANTES

MICROSTRUCTURAL AND MECHANICAL CHARACTERIZATION OF A Cu-Sn BRONZE ALLOY APPLIED IN SELF-LUBRICATING CYLINDRICAL BUSHINGS

Marcelly C. N. de Carvalho¹, João C. Ferreira^{1,2*}, Jhonatan P. de Sousa^{1,2}, Isaac Araújo Furtado¹, Luciano A. F. Maturana³, Cristina M. V. Gutiérrez⁴, João M. S. Nunes^{1,2}, Luanne de F. P. Batalha⁵, Eden S. Silva⁵ e Samuel F. Rodrigues^{1,2,5}.

1. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão, Laboratório de Ensaios Mecânicos e Termomecânicos (LABENSAIOS), São Luís, MA, Brasil.
2. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade Federal do Piauí (UFPI), Teresina, 64049-550, PI, Brasil.
3. Departamento de Engenharia Metalúrgica, Universidade de Santiago do Chile (USACH), Santiago, Chile.
4. Departamento de Metalurgia, Universidade Nacional Autónoma do México (UNAM), Cidade do México, México.
5. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA), São Luís, 65030-005, MA, Brasil.

marcellyc@acad.ifma.edu.br

RESUMO

Caracterizações microestruturais e mecânicas integradas de ligas de bronze comerciais aplicadas em componentes industriais ainda são insuficientes na literatura. Especialmente, faltam estudos que realizem análises completas em amostras reais, fundamentais para compreender a relação entre microestrutura, propriedades e desempenho em serviço. Este estudo teve como objetivo investigar e classificar uma liga de bronze (Cu-Sn) utilizada em buchas cilíndricas autolubrificantes. Para isso, foram realizadas análises microestruturais por microscopia óptica (MO) e microscopia eletrônica de varredura (MEV), acompanhadas de espectroscopia por dispersão de energia (EDS) para identificação da composição química. Além disso, foram realizados ensaios mecânicos de tração e dureza Brinell para avaliação das propriedades mecânicas da liga. As observações em MO revelaram estruturas dendríticas típicas, com a fase α (rica em cobre) e inclusões de chumbo (Pb). No MEV, confirmou-se a presença de porosidades, fases intermetálicas e da fase eutética ($\alpha + \beta$), previamente indicada pela MO. A análise por EDS confirmou a composição majoritária de cobre (Cu) e estanho (Sn), com inclusões de chumbo (Pb) e pequenas quantidades de zinco (Zn). Nos ensaios mecânicos, a liga apresentou tensão de escoamento de 213 MPa, resistência à tração de 100 MPa, deformação média de 32% e dureza de 88 ± 4 HB. Esses resultados são compatíveis com a liga classificada como SAE 660, reconhecida por sua estabilidade em condições operacionais típicas, boa resistência ao desgaste e excelente usinabilidade [1]. Concluiu-se que a liga se Bronze se trata de uma liga de classificação UNS C93200, ASTM B505 (SAE 660). [2]

Palavras-chave: Liga de bronze, Buchas autolubrificantes, Microestrutura, Propriedades mecânicas, SAE 660.

ABSTRACT

Integrated microstructural and mechanical characterizations of commercial bronze alloys applied in industrial components are still insufficient in the literature. In particular, there is a lack of comprehensive studies on real samples, which are essential to understand the relationship between microstructure, properties, and in-service performance. This study aimed to investigate and classify a Cu-Sn bronze alloy used in self-lubricating cylindrical bushings. To this end, microstructural analyses were performed using optical microscopy (OM) and scanning electron microscopy (SEM), along with energy-dispersive spectroscopy (EDS) for chemical composition identification. In addition, mechanical tests, including tensile testing and Brinell hardness measurements, were carried out to evaluate the alloy's mechanical properties. OM observations revealed a typical dendritic microstructure, featuring a copper-rich α phase and lead (Pb) inclusions. SEM analysis confirmed the presence of porosity, intermetallic phases, and the eutectic structure ($\alpha + \beta$) previously identified by OM. EDS analysis confirmed a major composition of copper (Cu) and tin (Sn), with lead (Pb) inclusions and small amounts of zinc (Zn). In the mechanical tests, the alloy exhibited a yield strength of 213 MPa, tensile strength of 100 MPa, average elongation of 32%, and a Brinell hardness of 88 ± 4 HB. These results are consistent with the properties of the SAE 660 alloy, known for its stability under typical operating conditions, good wear resistance, and excellent machinability [1]. Based on the analyses and literature data, the alloy was identified as UNS C93200, according to ASTM B505 (SAE 660) [2].

Keywords: Bronze alloy, Self-lubricating bushings, Microstructure, Mechanical properties, SAE 660.

REFERÊNCIAS

- [1] COPPERMETAL COMÉRCIO DE AÇOS E METAIS LTDA. Bronze SAE 660: saiba tudo desta liga. 2023. Disponível em: <https://www.coppermetal.com.br/blog/bronze-sae-660/>. Acesso em: 31 maio 2025.
- [2] ASTM INTERNATIONAL. *ASTM B505/B505M – Standard Specification for Continuous Cast Copper Alloy Bars*. West Conshohocken, PA: ASTM International, 2025.