

AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS MICROESTRUTURAIS DA LIGA COBRE-30%ZINCO APÓS TRATAMENTO TÉRMICO TÍTULO DO TRABALHO*

Luis Felipe de Souza¹
Nicolas do Nascimento Cavalcante²
Cássio Barbosa³
Jôneo Lopes do Nascimento⁴

Resumo

O principal interesse da realização dos tratamentos térmicos, propostos por este estudo, na liga cobre-30%zinco (Latão C260), é gerar observações sobre a variação microestrutural e consequentemente das propriedades mecânicas do material através da mudança de três parâmetros de grande relevância. Estas observações, por sua vez, poderão permitir a otimização de processos de fabricação comuns na indústria, possibilitando um melhor aproveitamento e até mesmo novas descobertas na aplicação desta liga de um metal, que é provavelmente o mais antigo em utilização pelo ser humano. Esta investigação, por meio de técnicas como a microscopia ótica e a eletrônica de varredura (MEV), permitirá, dentro deste estudo, uma análise mais criteriosa e profunda do resultado dos tratamentos térmicos, ao mesmo tempo em que será possível avaliar melhor como os parâmetros do tratamento térmico afetaram as propriedades da liga em testes mecânicos posteriores..

Palavras-chave: Latão; Tratamento Térmico; Microestrutura

EVALUATION OF CHARACTERISTICS MICROSTRUCTURAL OF COOPER ALLOY, BRASS 260, AFTER HEAT TREATMENT

Abstract

The main interest of the accomplishment of thermal treatments, proposed by this study, in the copper-30%zinc alloy (Brass C260), is to generate observations about the microstructural variation and, hence, of the mechanical properties, of the material throughout the change of parameters of great relevance. Therefore, these observations will enable the optimization of common fabrication processes in the industry and a better use or even new discoveries in the application of this alloy of a metal that is probably the oldest in utilization by the human being. This investigation, by means of techniques such as optical and scanning electron microscopy will allow, in this study, a more complete and deep analysis of the result of thermal treatments, at the same time that it will be possible to evaluate, in a better way, how the parameters of the treatment affected the properties of the alloy in further mechanical tests..

Keywords: Brass; Thermal Treatment; Microstructure.

¹ Engenheiro Mecânico, CEFET/RJ Campus Itaguaí, Itaguaí, Rio de Janeiro, Brasil.

² Engenheiro Mecânico, CEFET/RJ Campus Itaguaí, Itaguaí, Rio de Janeiro, Brasil.

³ Engenheiro Metalúrgico, DSc, Instituto Nacional de Tecnologia (INT/MCT), Rio de Janeiro, Brasil.

⁴ Engenheiro Mecânico, MSc., Professor, Departamento de Engenharia Mecânica, CEFET/RJ Campus Itaguaí, Itaguaí, Rio de Janeiro, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

O cobre nativo foi o primeiro metal usado pelo homem e já era conhecido por algumas das mais antigas civilizações pelo menos há 10.000 anos. Inicialmente ele foi o substituto da pedra na evolução do homem e era o metal básico para confecção de ferramentas, utensílios, armas e objetos decorativos. Muitas dessas funções do cobre foram perdendo a importância com a descoberta de novos materiais ao longo do tempo, sobretudo o ferro, que praticamente assumiu o posto de metal básico para o homem. Entretanto o cobre e ligas jamais deixaram de ter participação relevante na evolução humana e deste modo continuam até os dias de hoje.

Dentro da classificação de ligas de cobre há a diferenciação entre o cobre comercialmente puro, com 99,3% ou mais em massa do elemento cobre, e cobres ligados. Este último refere-se às ligas de cobre com baixo teor, ou seja, a quantidade de todos os elementos da liga (cromo, prata etc.) somados não passam de 1% em massa. A adição desses elementos de liga tem sempre o objetivo de melhorar uma ou mais propriedades do metal, como a resistência mecânica em altas temperaturas, porém mantendo significativas condutividades, térmica e elétrica. Cada classificação abrange ligas com diferentes elementos secundários, sendo o cobre o elemento principal. Usualmente, ligas com maiores teores de outros elementos recebem nomes especiais, como o latão, a liga de cobre mais utilizada na indústria. Latão é uma denominação usada para designar tradicionalmente as ligas com maiores teores de zinco, de 5 a 40% [1].

Entretanto, mesmo a denominação “latão” pode estar especificando mais de um grupo de ligas de cobre: latões binários, latões com chumbo e latões com estanho. Os latões binários são ligas de cobre e zinco e têm sua designação iniciada pelo número 2, C2XX. Já os latões com adição de chumbo ou estanho são ainda chamados de latões ternários e recebem os números 3 e 4, respectivamente, na designação de sua numeração, C3XX e C4XX. De forma geral, verifica-se que o latão é um material de extrema importância no cenário metal mecânico. Devido a características de resistência à corrosão, excelente conformabilidade e boa aparência, o latão tem seu uso disseminado em diversas áreas, como decoração, elétrica, automobilística, militar, construção civil, petróleo e gás [1, 2].

Nesse contexto, foi enfatizada a análise de algumas características de uma liga específica, o latão binário C260, uma liga que possui aplicação bastante conhecida na fabricação de cartuchos de munição. O latão C260 é uma liga monofásica (somente fase α no estado sólido) de cobre com zinco em solução sólida, sem a presença de fase β , permanecendo assim abaixo do limite de 37% de teor de zinco. Possui boa resistência mecânica e excelente ductilidade, sendo assim uma liga indicada para processos de estampagem [1]. Pode também ser transformado por outros processos como: cunhagem, dobragem, estiramento, extrusão, forjamento a quente, martelamento, prensagem, puncionamento, recartilhamento e rosqueamento (com rolos e repuxo), entre outros [3]. Os diferentes parâmetros de tratamento térmico resultaram em tamanhos de grãos diferentes, o que modifica as propriedades mecânicas, as microestruturas e os valores de dureza, que foram comparados, com o objetivo de evidenciar esta diferença [4].

2 DESENVOLVIMENTO

A figura 1 mostra o material como recebido e a tabela 1 apresenta os parâmetros definidos para os tratamentos térmicos em 18 amostras da liga C260, indicando que a amostra 19 não foi submetida a tratamento, permanecendo na condição como recebida.



Figura 1. Material como recebido.

Tabela 1. Parâmetros para o tratamento das amostras

TRATAMENTOS TÉRMICOS			
Parâmetros			
Amostras	Temperatura	Tempo	Resfriamento
1	750°C	1h	Água
2	750°C	1h	Forno
3	750°C	2h	Água
4	750°C	2h	Forno
5	750°C	3h	Água
6	750°C	3h	Forno
7	850°C	1h	Água
8	850°C	1h	Forno
9	850°C	2h	Água
10	850°C	2h	Forno
11	850°C	3h	Água
12	850°C	3h	Forno
13	650°C	1h	Água
14	650°C	1h	Forno
15	650°C	2h	Água
16	650°C	2h	Forno
17	650°C	3h	Água
18	650°C	3h	Forno
19	-	-	-

Inicialmente foram realizados cortes no material, para atender a quantidade de amostras descritas na tabela 1. Em seguida cada amostra foi submetida a um tratamento térmico específico em forno tipo câmara, com porta de abertura frontal com capacidade de atingir 1000°C. Após o tratamento, as amostras foram submetidas à preparação metalográfica convencional: embutimento (a quente), lixamento (100 a 600 malhas), polimento (pasta de diamante com granulometria de 6, 3 e 1 μm) e acabamento final com alumina 0,3 μm e ataque com solução de 20 ml de hidróxido de amônia (NH_4OH) + 20 ml de água destilada + 5 gotas de peróxido de hidrogênio (H_2O_2), por imersão de 10 a 15 segundos [5, 6].

As microestruturas foram analisadas em microscópio ótico Olympus BX51M com câmera fotográfica digital acoplada, DP72, sendo a avaliação do tamanho de grão realizada por método comparativo. Devido à presença de maclas foi utilizada carta da norma ASTM E 112 específica para grãos maclados “Plate II Twinned Grains (Flat etch) 100X” [7].

A dureza foi medida na escala Vickers, com carga de 3 kg (29,42N) em um durômetro Wolpert Wilson modelo 930N, em (cinco) pontos (regiões) de dureza em cada amostra, sendo calculada a média aritmética e o desvio-padrão para cada um dos cinco pontos, para representar a dureza média da amostra e sua variação, os resultados foram tratados de acordo com o GUM 2008 [8, 9].

As amostras 8 e 12 (tabela 1) selecionadas para observação ao microscópio eletrônico de varredura (MEV) tiveram que ser submetidas a um polimento com sílica coloidal de 0,04 μm , e, por estarem embutidas, foi utilizada tinta de carbono condutora para melhorar a condutividade de elétrons no embutimento polimérico da amostra.

A observação no MEV foi realizada em equipamento operando a 30 kV, equipado com dispositivo para análise de energia dispersiva de raios X (EDS), utilizado na determinação semiquantitativa da composição química, sendo usado para identificação de partículas presentes, principalmente na amostra 12.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Microscopia ótica

A figura 2 mostra as microestruturas de duas amostras, obtidas por microscopia ótica.

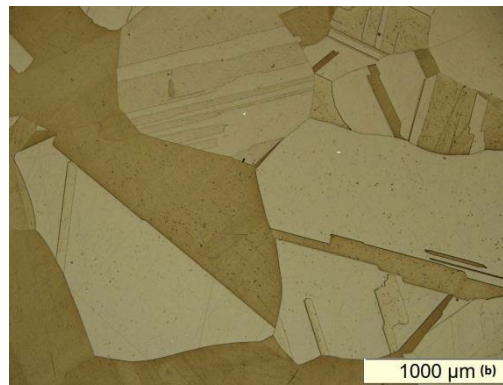
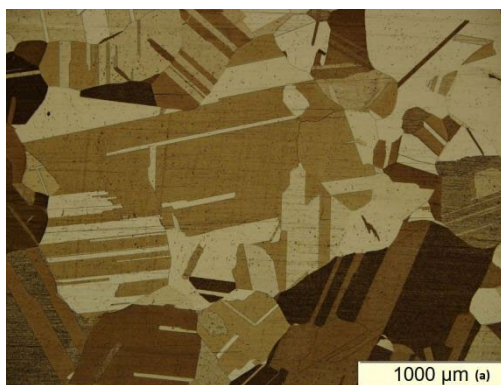


Figura 2. Microestruturas da amostra 7 à esquerda, resfriada em água. E da amostra 8 resfriada em forno (recozidas a 850°C por 1 hora) à direita.

Ataque metalográfico: 20 ml (NH_4OH) + 20 ml de água destilada + 5 gotas de (H_2O_2)

É possível observar a diferença entre os grãos das amostras: a amostra resfriada em água apresenta granulação mais fina, de acordo com a literatura consultada [4].

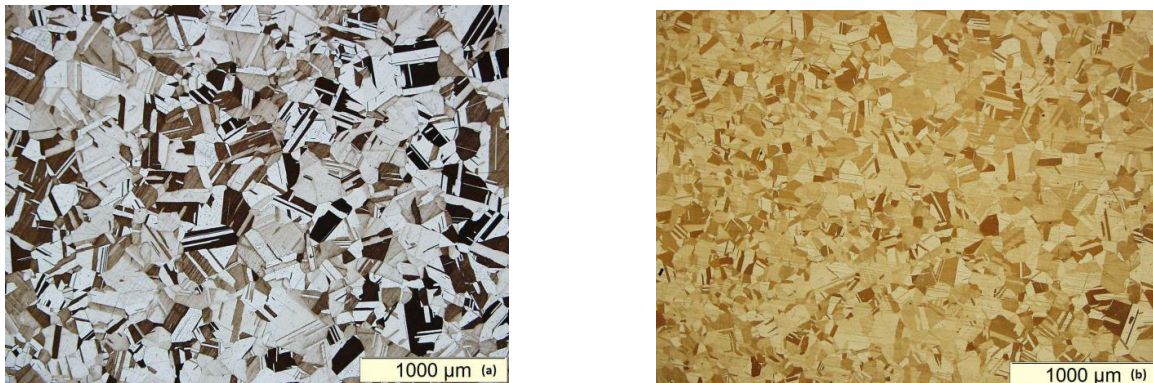


Figura 3. Microestrutura obtida em microscópio ótico: amostra 14, resfriada em forno, à esquerda. Amostra 13, resfriada em água, à direita (recozidas a 650°C por 1 hora). Ataque metalográfico: 20 ml de NH_4OH + 20 ml de água destilada + 5 gotas de H_2O_2 .

Comparando as figuras 2 e 3, observa-se que a dinâmica de crescimento dos grãos tem relação direta com a temperatura do tratamento, comprovando que o parâmetro “temperatura” age como força motriz para o crescimento do grão [2].

Tamanho de grão

Os valores de tamanho de grão foram obtidos por método comparativo de acordo a norma ASTM [7]. Os resultados da amostra 19 (sem tratamento) são apresentados na tabela 2

Tabela 2. Tamanho de grão ASTM da amostra sem tratamento

Campos	Amostra 19
1	6
2	6
3	6,5
4	6
5	6
6	6,33
7	6,5
8	6,17
9	6,5
10	6
Média	6,2
Desvio-padrão	0,23

Comparando os valores de tamanho de grão da amostra 19 (tabela 2) com os valores obtidos após recozimento de 850°C (tabela 3), verifica-se que o tratamento térmico de recozimento promove o crescimento do grão, e, além disso, relacionando o tipo de resfriamento das amostras recozidas a 850°C (tabela 3), constata-se que o

resfriamento no forno (amostras 8, 10 e 12), mais lento, favorece o crescimento dos grãos [2, 4].

Tabela 3. Tamanho de grão ASTM da amostra tratadas a 850°C

CAMPOS	AMOSTRAS					
	7	8	9	10	11	12
1	0,00	0,00	0,00	0,17	0	0,00
2	0,00	0,00	0,50	0,50	0,5	0,00
3	0,33	0,17	0,50	0,00	0,5	0,00
4	0,17	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00
5	0,50	0,00	0,33	0,17	0,17	0,17
6	0,50	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00
7	0,00	0,00	0,17	0,00	0,00	0,00
8	0,50	0,00	0,33	0,00	0,33	0,00
9	0,50	0,00	0,33	0,00	0,17	0,00
10	0,50	0,17	0,17	0,33	0,00	0,17
Média	0,30	0,03	0,28	0,15	0,17	0,03
Desvio-padrão	0,23	0,07	0,19	0,18	0,21	0,07

Tabela 4. Tamanho de grão ASTM da amostra tratadas a 650°C

CAMPOS	AMOSTRAS					
	13	14	15	16	17	18
1	3,50	3,83	3,17	3,33	3,50	4,17
2	3,17	3,50	3,00	3,17	3,33	3,50
3	3,50	4,00	3,33	3,17	3,33	3,33
4	3,50	3,83	3,17	3,50	3,50	4,00
5	3,83	3,17	3,50	3,00	3,50	3,50
6	3,17	3,17	3,00	3,33	3,33	4,50
7	3,50	3,50	3,17	3,50	3,50	3,83
8	3,50	3,00	3,50	3,33	3,17	4,00
9	3,17	3,50	3,33	3,17	3,50	4,50
10	3,50	3,50	3,17	3,00	3,33	4,17
Média	3,43	3,50	3,23	3,25	3,40	4,00
Desvio-padrão	0,21	0,32	0,18	0,18	0,12	0,41

Amostras tratadas a 650°C apresentaram um tamanho de grão médio intermediário entre o TG da amostra 19 (sem tratamento) e os daquelas tratadas a 850°C.

Dureza Vickers

A tabela 5 apresenta os valores de dureza Vickers, obtidos para a amostra como recebida (amostra 19) e para cada temperatura de recozimento/grupo de amostras, com carga de 3 kgf (29,4 N) durante 15 segundos (HV3).

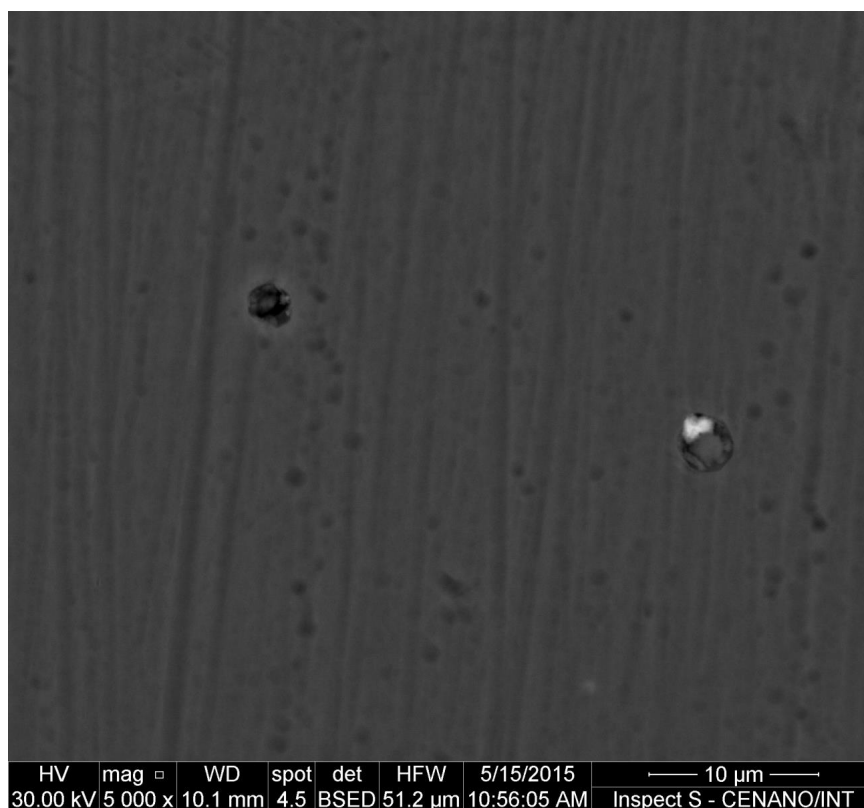
Tabela 5. Comparação de dureza média das amostras

		TRATAMENTO DE RECOZIMENTO		
		650°C	750°C	850°C
AMOSTRAS	Como recebida	13, 14, 15, 16, 17 e 18	1,2,3,4,5 e 6	7,8,9,10, 11 e 12
*Dureza HV3	69 HV3	56,6 HV3	51,47 HV3	43,05 HV3

Esta tabela revelou uma queda de dureza entre a amostra não tratada (como recebida) e as amostras submetidas ao tratamento de recozimento, bem como a redução de dureza à medida que aumentou a temperatura do tratamento.

Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

A figura 4 apresenta duas partículas encontradas na amostra 12, uma escura e outra clara. Ambas foram identificadas por EDS.

**Figura 4.** Imagem de microscopia eletrônica de varredura (MEV) da amostra 12.

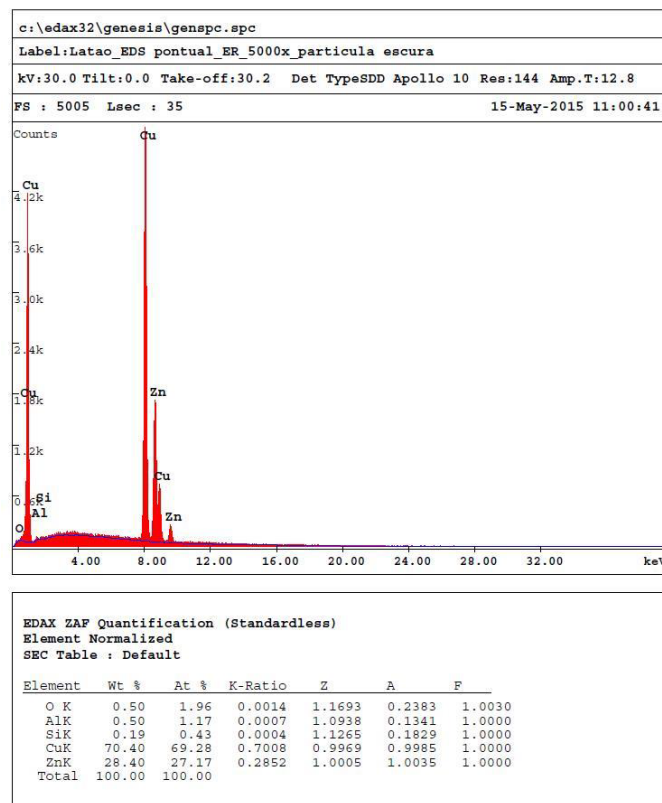


Figura 5. Espectro de microanálise química pontual semiquantitativa por níveis de energia dispersiva de raios X (EDS) da partícula clara da amostra 12.

Para a partícula clara apresentada na figura 4, foi constatado um considerável teor do elemento chumbo (Pb). A presença deste elemento pode ter sido originada pela contaminação da matéria-prima. A sucata, utilizada na fundição, pode ter sido obtida de latão com adição de Pb, e/ou do reaproveitamento de cartuchos para munição contaminados com o referido elemento utilizado na montagem do projétil.

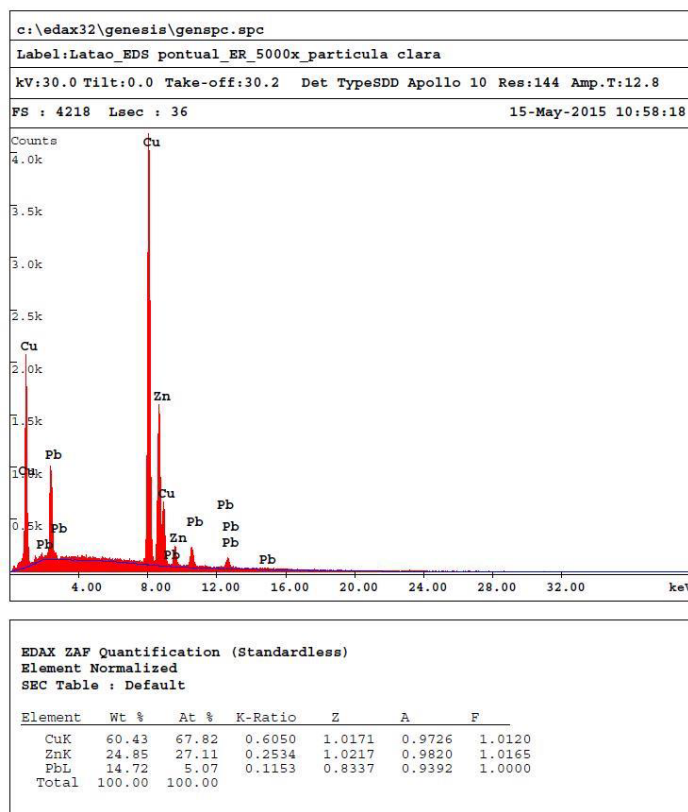


Figura 6. Microanálise química pontual semiquantitativa por níveis de energia dispersiva de raios X da partícula escura da amostra 12

De modo similar às partículas claras, as partículas escuras podem ter origem no processo de fabricação, pois são silicatos, inclusões não metálicas formadas pelo desprendimento de parte do material refratário do forno durante a fundição. Do mesmo modo que a presença do chumbo, em quantidades elevadas estas inclusões podem ser prejudiciais às propriedades do material, acarretando possíveis anomalias durante processos de conformação mecânica, sobretudo, embutimento profundo. Todavia, a concentração destas partículas é reduzida nas amostras avaliadas, não sendo, portanto um caso alarmante.

Em outra amostra foram detectados os elementos Cu, Zn e S, havendo a indicação da presença de impurezas associadas com o elemento enxofre (S). No caso da liga (C260) estas partículas são sulfetos, que são inclusões não metálicas com provável origem na matéria do processo de obtenção do metal cobre, podendo apresentar resíduos de enxofre, explicados pelas formas mais frequentemente encontradas dos minérios de cobre, sulfurados (a calcopirita: CuFeS_2 e a calcocita: Cu_2S) [10]. A presença desse elemento, quando não controlada, pode ser prejudicial para o metal e suas ligas, porém, na concentração baixíssima encontrada nas amostras deste trabalho, não parece ser nociva.

4 CONCLUSÃO

O uso de algumas técnicas de caracterização, como análise microestrutural em microscópio ótico, análise em MEV com EDS e ensaios de dureza, proporcionou resultados coerentes com toda a teoria encontrada na literatura específica. Com

base nos resultados obtidos com a utilização dessas técnicas chegou-se às seguintes conclusões:

- A microestrutura do material revelou crescimento dos grãos com o aumento do tempo, sendo que a principal força motriz identificada para esse fenômeno foi a temperatura. O recozimento a 750°C apresentou um tamanho de grão ASTM intermediário sendo uma boa opção para aplicações de estampagem profunda, justamente por apresentar uma granulação fina, o que proporciona boa tenacidade.
- Os resultados de dureza foram agrupados por temperatura de tratamento e foram coerentes com a evolução observada na microestrutura, com um resultado também coerente com a literatura. Os valores obtidos com tratamento a 750°C, resultando em 51,47 HV3 para a média das amostras, apresentou um compromisso adequado entre dureza e tenacidade.
- A investigação por MEV com auxílio do EDS, focada nas partículas, foi de fundamental importância para a pesquisa, atestando características favoráveis para as futuras aplicações, uma vez que o material apresenta baixa concentração de elementos nocivos, observados com baixa frequência.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq e à FAPERJ pelo suporte financeiro para esta pesquisa, assim como a Rafael de Abreu Vinhosa e Robson Oliveira Centeno, do LACPM/DIEMP/INT, pela preparação das amostras metalográficas e a Rachel Pereira Carneiro da Cunha e Olívia Cypreste Pereira, do CENANO/INT pelas imagens de MEV.

REFERÊNCIAS

- 1 Chiaverini V. Tecnologia mecânica III – processos de fabricação e tratamento. 2ª ed., São Paulo: Editora McGraw-Hill, 1986.
- 2 Barbosa C. Metais não ferrosos e suas ligas – microestruturas, propriedades e aplicações. Rio de Janeiro: Editora E-papers. 2014.
- 3 Garcia A., Spin JA., Santos CA. Ensaios dos materiais. 2ª Ed. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2012.
- 4 Gomes RM, Bresciani EF, Propriedades e usos dos materiais não ferrosos. São Paulo: ABM; 1987.
- 5 ASTM E3-11 – “Standard Guide for Preparation of Metallographic Specimens”, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2011.
- 6 Metals Handbook, eighth edition, Volume 7, Atlas of Microstructures of Industrial Alloys, ASM Int., Metals Park, Ohio, 1986, 843 p.
- 7 ASTM E 112-13 – “Standard Test Methods for Determination Average Grain Size”, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2013.
- 8 NBR NM ISO 6507 – 1: 08 – “Materiais metálicos – Ensaio de dureza Vickers parte 1 – Método de ensaio”, 2008.
- 9 Avaliação de dados de medição: Guia para a expressão de incerteza de medição – GUM 2008. Duque de Caxias, RJ: INMETRO/CICMA/SEPIN, 2012, 141 p.
- 10 Rojas C. O cobre e sua obtenção, Departamento de Engenharia Elétrica – UFPR. [acesso em 13 mar. 2015]. Disponível em:<http://www.eletrica.ufpr.br/piazza/materiais/CarlosRojas.pdf>.