

ANÁLISE METALOGRÁFICA DAS LIGAS Pb-Sn

Paula Carolina de Souza ¹, Júlio César Dutra ²

¹ Departamento de Engenharia Mecânica, Centro Universitário FEI

² Departamento de Engenharia de Materiais, Centro Universitário FEI

paauladesouza@gmail.com ¹, jdutra@fei.edu.br ²

Resumo: O trabalho consistiu na análise por estereologia quantitativa de ligas Pb-Sn de três composições diferentes por meio da medida da fração em área das fases presentes que posteriormente foram comparadas com as frações em área calculadas a partir do diagrama Pb-Sn do software Thermo-Calc®. O propósito foi o de melhorar a compreensão dos conceitos relacionados ao diagrama de fases em disciplinas dos cursos de engenharia mecânica e de materiais do Centro Universitário FEI.

1. Introdução

Por ser um projeto de iniciação didática, ele tem o intuito de desenvolver nos alunos as competências de análise e compreensão de fenômenos físicos e químicos, trabalho em equipe, identificação e validação de modelos para otimização e solução de problemas e, por fim, utilização eficaz de recursos naturais, energéticos, técnicos e humanos.

Para se atingir o proposto, é de suma importância que se tenha um bom conhecimento do diagrama de fases, para que seja possível entender com clareza as fases presentes nas diversas ligas que compõem sistemas eutéticos. Um diagrama de fases pode ser descrito como um mapa que apresenta quais fases são mais estáveis para uma dada composição, temperatura e pressão, além de sua fração mássica e composição química [1].

Neste contexto também é relevante destacar que as ligas de chumbo-estanho são muito utilizadas para soldagem de componentes eletrônicos na manufatura de eletroeletrônicos e na hidráulica.

2. Diagrama de Fases

Entende-se por fase um corpo homogêneo de matéria que é fisicamente distinto [2], ou seja, que tem características físicas e químicas próprias; portanto, se mais de uma fase estiver presente em um dado sistema, haverá uma fronteira entre elas.

Um diagrama de fases mostra, para determinada temperatura e composição química, as fases em equilíbrio [1]. Ele pode ser usado para verificar as mudanças dos estados físicos da matéria e a quantidade das fases presentes em determinada temperatura e composição. Além disso, ele pode ser usado para se determinar as temperaturas de início e final de solidificação para dada liga. A Figura 1 apresenta o diagrama chumbo-estanho, com α sendo a fase rica em chumbo, β a fase rica em estanho e L, por sua vez, a fase líquida.

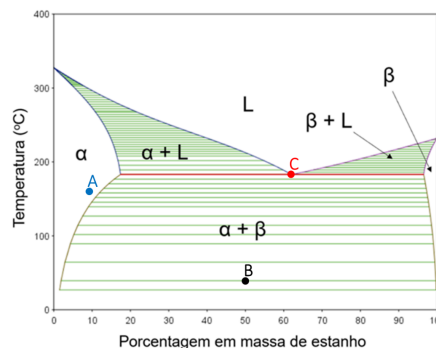


Figura 1 – Diagrama de fases da liga chumbo-estanho modificado; obtido através do software Thermo-Calc®.

A regra das fases de Gibbs [2] permite saber o número de graus de liberdade que podem existir em um dado sistema para uma pressão constante, dada por:

$$P + F = C + 1 \quad (1)$$

P é o número de fases que coexistem no sistema; C, o número de componentes e F o número de graus de liberdade. Por exemplo, para o ponto onde há apenas uma fase, representado por A na Figura 1, tem-se:

$$1 + F = 2 + 1 \Rightarrow F = 2$$

Logo, para esta região existem diferentes valores de composição química e temperatura na qual há apenas uma fase. Para o ponto onde há duas fases, denominado B na Figura 1, tem-se:

$$2 + F = 2 + 1 \Rightarrow F = 1$$

Nesse caso, significa que para uma dada temperatura, as composições químicas das fases são fixadas. Por fim, onde ocorre o equilíbrio de três fases, mostrado no ponto C da Figura 1, tem-se:

$$3 + F = 2 + 1 \Rightarrow F = 0$$

O número de graus de liberdade igual a 0 indica que somente em uma única temperatura e composição química ocorrerá tal equilíbrio.

3. Ligas do Sistema Eutético

Em diagramas do sistema eutético, as ligas podem ser denominadas de eutéticas, hipoeutéticas e hipereutéticas. Baseando-se ainda na Figura 1, o ponto eutético, representado por C, é aquele cuja liga é fundida na menor temperatura do sistema, ou seja, onde a fase líquida está em equilíbrio com duas fases sólidas, α e β , na temperatura de 183 °C e composição de 61,9%Sn em massa.

Uma liga hipoeutética é aquela cuja composição química é inferior à da liga eutética; ela possui uma microestrutura rica de fase α primária, correspondente a uma solução sólida Pb-Sn rica em Pb, além das fases α e β oriundas da transformação eutética.

A liga hipereutética, por sua vez, é aquela cuja composição química é superior à da liga eutética e

possui uma microestrutura rica da fase β primária, além das fases α e β oriundas da transformação eutética.

4. Metodologia

A análise metalográfica, consiste em seccionar, embutir, lixar, polir e atacar para revelar as fases presentes [3]; logo, como primeiro passo, cada liga de dada composição química foi seccionada nos três planos possíveis de observação. Seu objetivo foi analisar eventuais diferenças na distribuição das fases presentes após a solidificação. As ligas foram obtidas a partir de trabalho de iniciação didática de Feliciano e Dutra [4].

As amostras foram embutidas em resina de cura a frio e submetidas ao lixamento com lixas de granulação 240, 400, 600 e 1000 mesh; a posição de lixamento foi girada 90° toda vez que a lixa era trocada. Isso foi feito para que fosse possível notar se os novos riscos eliminavam os anteriores.

O polimento foi feito na politriz, de forma manual, com pano de 6 μm , utilizado até que os riscos do lixamento fossem extintos; em seguida, fez-se o polimento com pano de 1 μm por 15 minutos e por fim no de 0,25 μm por 20 minutos. Posterior ao polimento, diferentes ataques foram tentados [5] e aquele que apresentou melhores resultados foi o de solução de nitrato de prata (10 g) e água destilada (90 mL), por esfregação.

As amostras foram vistas no microscópio Leica® e suas imagens capturadas pelo computador por meio do software Stream Essentials®.

De posse de 10 diferentes campos por secção, foi possível fazer a medida da fração em área pelo software ImageJ®, que depois foi comparada com os dados calculados da fração volumétrica teórica obtida a partir das frações mássicas oriundas do diagrama de fases Pb-Sn do software Thermo-Calc®.

5. Resultados

A Figura 2 mostra a liga Pb-30%Sn, que foi analisada neste trabalho. Os resultados obtidos no software ImageJ® e os calculados podem ser observados, por sua vez, na Tabela I. Apenas uma das secções está exposta nesse trabalho. Nota-se que além dos resultados estarem muito próximos, as variâncias são muito pequenas. Isso também foi observado nas ligas eutética e hipereutética Pb-80%Sn.

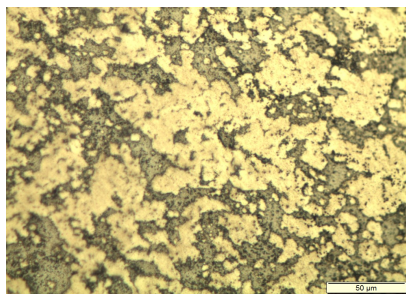


Figura 2 – Microestrutura típica de uma liga Pb-30%Sn aumentada em 100x.

Tabela I – Frações em área de estanho por estereologia quantitativa (1) e calculada (2).

Liga	A _A (1)	A _A (2)
Pb-30%Sn	38,90% $\pm$ 0,92	38,69%
Pb-61,9%Sn	70,79% $\pm$ 1,84	71,78%
Pb-80%Sn	87,96% $\pm$ 0,65	86,91%

As aulas envolvendo o uso dessa metodologia ocorreram no início do segundo semestre de 2020 na disciplina de Materiais Metálicos do curso de Engenharia Mecânica. Pesquisa envolvendo uma amostra de 22 alunos mostrou que 95% acreditam que ela ajudou na compreensão do diagrama de fases enquanto 5% disseram não ter ajudado.

6. Conclusões

O presente trabalho permite chegar as seguintes conclusões:

As medidas realizadas pelo software ImageJ®, permitiram a comparação das frações em área com aquelas oriundas do diagrama de fases Pb-Sn, que comprovou a qualidade e reprodutibilidade do experimento.

Por conta da dificuldade no preparo e ataque das amostras, optou-se que alunos ficassem restritos às análises via microscópio óptico e medições feitas com o software ImageJ®, além do uso do software Thermo-Calc® para obtenção do diagrama de fase e subsequente cálculo da fração mássica e finalmente comparação dos resultados;

Os alunos do curso de Engenharia Mecânica entenderam que o uso dos softwares e da técnica adotada promoveram a compreensão dos conceitos relacionados aos diagramas de fases.

7. Referências

- [1] W.D.C. Junior; D.D. Rethwisch. Ciência e engenharia de materiais: uma introdução, 2015.
- [2] R. Abbaschian; L. Abbaschian; R.E. Reed-Hill. Physical Metallurgy Principles, Cengage Learning, 2009.
- [3] ASM International, ASM Handbook. Metallography and microstructures, 1985.
- [4] H.N.F. Feliciano; J.C. Dutra. Análise da correspondência de curvas de resfriamento experimentais com o diagrama de fases da liga chumbo-estanho determinado pelo software Thermo-Calc®, 2019.
- [5] American Society for Testing and Materials, Standard Practice for microetching metals and alloys, 1999.

Agradecimentos

À instituição Centro Universitário FEI pelo financiamento do projeto de iniciação didática PRO-BID 026/19 e pela disponibilidade dos equipamentos e funcionários do CLM.

¹ Aluna de ID do Centro Universitário FEI. Projeto com vigência de 01/20 a 12/20.