

ANÁLISE DE MESOTEXTURA PELAS TÉCNICAS DE DIFRAÇÃO DE RAIOS-X E DIFRAÇÃO DE ELÉTRONS RETROESPALHADOS EM LAMINADOS DA LIGA DE ALUMÍNIO AA3104 H19 UTILIZADOS PARA A FABRICAÇÃO DE LATAS DE BEBIDAS.

E.Togni¹; A.M.T Martins²; N.B Lima³; Couto A A⁴;
SENAI 1.19¹, Crow Embalagens²; IPEN^{3,4} Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, CCTM Centro de Ciência e Tecnologia dos Materiais, Av. Prof. Lineu Prestes 2242, 05508-000 – São Paulo – Brasil
nblima@ipen.br

RESUMO

A indústria de embalagens para bebidas se destaca como uma das mais importantes no consumo mundial de alumínio. O conhecimento da matéria prima utilizada para a produção de latas é essencial para manter os níveis de produtividade impostos pelo mercado. O foco deste trabalho é a avaliação da textura de uma liga de alumínio 3104-H19 laminada nas várias etapas do processo de estampagem de latas para bebidas através da análise dos resultados obtidos na mesotextura, da compreensão dos mecanismos da formação da textura e sua influência na conformação das latas de alumínio. Uma análise da textura cristalográfica do laminado foi realizada por Figuras de Polo e mapas de textura. Na textura cristalográfica do laminado notou-se que a textura típica de deformação para ligas de alumínio, latão $\{110\}\langle 112\rangle$ e cobre $\{112\}\langle 111\rangle$, junto a textura Goss $\{110\}\langle 001\rangle$, estavam balanceadas pela textura cubo $\{001\}\langle 100\rangle$, típica de recristalização.

Palavras Chave: Alumínio 3104, Anisotropia, Textura Cristalográfica.

INTRODUÇÃO

A lata de alumínio para bebidas chegou ao Brasil em 1989, graças à produção interna da chapa nas especificações para o produto e a vinda de empresas detentoras da tecnologia de fabricação. A embalagem tornou-se um caso especial de aceitação irrestrita pelo mercado e pelo consumidor. Hoje, 95% das bebidas vendidas em lata no nosso país utilizam a embalagem de alumínio. Deste modo, a lata de alumínio abriu mercados, atraindo investimentos destinados a aumentar o volume de oferta da chapa e a capacidade de produção de latas que, em 2013, superou 21,5 bilhões de unidades⁽¹⁾.

O conhecimento detalhado da matéria prima utilizada para a produção de latas para bebidas é essencial para manter e melhorar os níveis de produtividade impostos pelo mercado.

As latas de alumínio são produzidas a partir de bobinas de laminados de diferentes ligas deste metal. No caso específico de latas para bebidas a liga utilizada é a 3104 tempera H19 (encruamento superior a 85%), comercializada em bobinas que, na parte final de seu processo produtivo, são laminadas a frio para chegarem à espessura necessária e adquirir as propriedades mecânicas solicitadas por diferentes linhas de produção dedicadas a produtos distintos. Este laminado, que foi encruado no processo de fabricação de latas, é cortado, repuxado, estirado (*drawn and wall ironing-DWI*) e conformado para chegar à geometria final do produto. No processo de transformação de uma chapa plana até um objeto cilíndrico, as características de conformabilidade do metal são muito importantes. Dentre as informações relacionadas à capacidade da liga em se deformar plasticamente antes da ocorrência de falha, podem ser mencionados os índices de anisotropia normal e planar, o efeito de orelhamento (*earing*) proveniente deste mesmo índice, o expoente de encruamento n , e também as curvas limite de conformação⁽²⁾.

A figura 1 mostra o estojo de ferramentas utilizado para a conformação da lata de alumínio com os respectivos estampados de cada etapa de conformação.



Fonte: www.gz-denuo.com

Figura 1-Estojo de ferramentas e conformado correspondente

Textura Cristalográfica.

Textura é a distribuição das orientações cristalográficas em materiais poli cristalinos. Um material em que esta orientação é completamente aleatória é considerado como não tendo textura. Se as orientações cristalográficas não são aleatórias, mas sim com orientação preferencial, diz-se que o material possui textura cristalográfica. Os métodos mais comuns para o estudo de textura são a difração de raios X e a difração de elétrons retro espalhados (EBSD) em um microscópio eletrônico de varredura (MEV)⁽³⁾.

A figura 2 mostra o desenho esquemático de duas chapas laminadas onde DL representa a direção de laminação, DN a direção normal à laminação e DT a direção transversal a laminação, onde vemos, esquematicamente a posição dos cristais nos cristalitos. Na figura 2(a) observamos que a posição dos cristais é aleatória não tendo uma posição preferencial, já na figura 2(b) temos os cristais com uma posição preferencial onde uma das faces está paralela ao plano de laminação, caracterizando a textura.

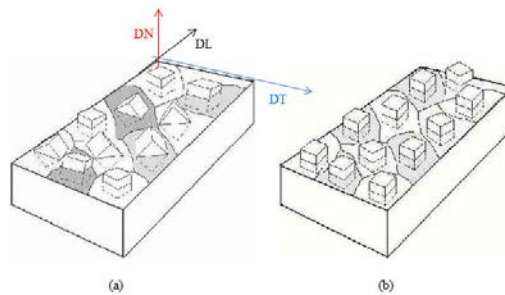
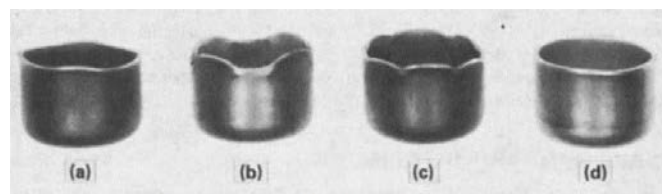


Figura 2- Desenho esquemático de chapa com e sem textura ⁽⁴⁾

A textura influencia no tipo e na intensidade do fenômeno de orelhamento que ocorre na estampagem das latas de alumínio e seu estudo pode fornecer informações para a melhoria de processos que influenciam esta característica⁽⁵⁾.

A Figura 3 mostra exemplos típicos do fenômeno de orelhamento na estampagem.



— Efeito de "orelhamento" (a) 0o e 90o; (b) 45o; (c) 0o, 45o e 90o; (d) isento.
Fonte: Hosford e Caddell (1993).

Figura 3- fenômeno de orelhamento.

No alumínio comumente utilizado na manufatura de latas para bebidas, vários fatores influenciam a textura do material, dentre eles:

- A estrutura do lingote formado no processo de refusão com resfriamento direto (*direct chill casting*),
- O tratamento térmico de homogeneização,
- A quantidade de passes e a redução na laminação a quente nos rolos reversíveis,
- A redução e a quantidade de rolos utilizados na laminação "tandem",
- A quantidade de passes e a redução na laminação a frio
- As curvas de tempo e temperatura de tratamento térmico do forno de recozimento quando este é utilizado, principalmente a de aquecimento⁽⁶⁾

O conhecimento detalhado da matéria prima utilizada para a produção de latas para bebidas é essencial para manter e melhorar os níveis de produtividade impostos pelo mercado.

A textura pode ser determinada por *eléctron backscattered diffraction (EBSD)* em *Microscópio eletrônico de varredura (MEV)*

MATERIAIS E MÉTODOS

Com o objetivo de se entender as mudanças na textura do material conforme a deformação plástica progride no processo de DWI (*drawn and wall ironing*), as amostras do laminado foram coletadas em diferentes etapas de conformação para geração de figuras de polo e estudo da textura como segue:

De cada um dos 5 estágios de conformação foram retiradas 3 amostras sendo:

Uma amostra na lateral do blank seguindo o sentido de laminação.

Uma amostra na lateral do blank a 45 graus do sentido de laminação

Uma amostra na lateral do blank a 90 graus do sentido de laminação conforme mostrado nas figuras 4 e 5.



Figura 4-Etapas progressivas de conformação utilizadas na obtenção de corpos de prova para análise de textura

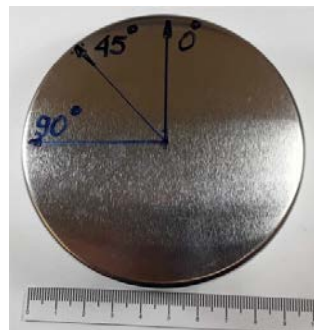


Figura 5-Estágio 1 com a indicação dos ângulos onde se retirou as amostras.

As amostras foram embutidas, cortadas e polidas usando técnicas padrão de metalografia. O polimento foi feito em politriz com feltro, utilizando-se pasta de

diamante de ,6,3,1 μm e com polimento posterior com sílica coloidal e ataque com ácido fluorídrico 5% por 35 s.

Microscopia Óptica.

Um microscópio Olympus modelo BX60M acoplado a um sistema de digitalização de imagens foi utilizado para gerar as imagens de microscopia óptica. Uma amostra do plano da chapa foi confeccionada. As imagens foram obtidas em ampliações de 200 vezes.

A conformidade do material quanto a composição química foi avaliada pelo método de absorção atômica, os resultados encontram se na tabela 1.

Tabela 1 – Composição química referência e obtida por espectrometria de absorção ótica

Laminado	Liga	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ti	Ga	V
NBR 6834	3105	0,6	0,8	0,05 - 0,25	0,8 - 1,4	0,8 - 1,3	0,25	0,1	0,05	0,05
Res. Análise.	3105	0,4	0,42	0,29	0,87	0,72	0,08	---	--	--

Microscopia Eletrônica de Varredura EDS/EBSD

As imagens para caracterização estrutural e textura foram coletadas através de um microscópio eletrônico de varredura marca ZEISS modelo Auriga com sonda marca Oxford Modelo Nordys acoplada. O software utilizado para a análise da textura foi o Channel 5 (Oxford instruments HKL). A voltagem de aceleração de 20Kv.

Análise de textura cristalográfica.

Os dados para a análise de textura cristalográfica foram obtidos por EBSD. A tabela 2 mostra os parâmetros da fase escolhida para a aquisição dos dados EBSD.

Tabela- 2 - Fase para aquisição

Phase	a	b	c	Alpha	Beta	Gamma	Space Group	Database
Aluminium	4.05 Å	4.05 Å	4.05 Å	90.00 °	90.00 °	90.00 °	225	HKL

O plano cristalográfico escolhido para a obtenção das figuras de polo foi o (111).

As alterações na textura foram avaliadas através da comparação das figuras de polo geradas na análise dos cinco diferentes estágios progressivos de conformação, nos

ângulos de 0, 45 e 90 graus em relação a direção de laminação, conforme mencionado anteriormente. Foram geradas figuras de polo para cada estágio de conformação, nos ângulos escolhidos em relação à direção de laminação.

Na caracterização microestrutural os laminados foram submetidos à análise em microscópio ótico e eletrônico (MEV).

No microscópio ótico identificou-se os compostos intermetálicos (precipitados) na matriz. No MEV foi possível, por meio da técnica de espectroscopia de dispersão de energia (EDS), identificar os elementos presentes nestes compostos.

RESULTADOS E DISCUSSÕES:

As figuras de polo retiradas do laminado e nas diferentes etapas de conformação a zero grau (direção de laminação) são similares, indicando texturas semelhantes, conforme podemos observar na figura 6, por outro lado observamos que nas amostras a 45 graus e a 90 graus há uma variação na textura a cada etapa de conformação, havendo uma “rotação” da figura de polo indicando uma rotação dos planos cristalinos, conforme podemos observar nas figuras 7 e 8.

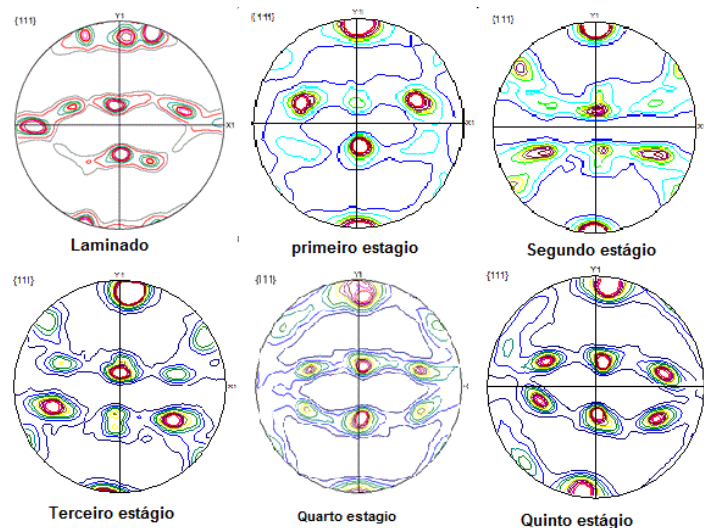


Figura 6- Figura de polo gerada por EBSD de amostras dos estágios de conformação a 0º no plano (111)

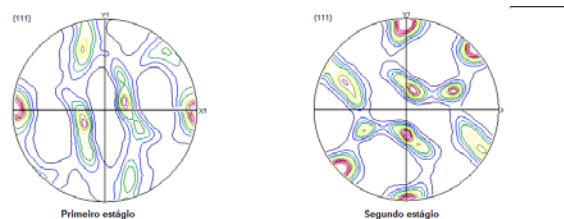


Figura 7 - Figura de polo gerada por EBSD de amostras dos estágios de conformação a 45º no plano (111)

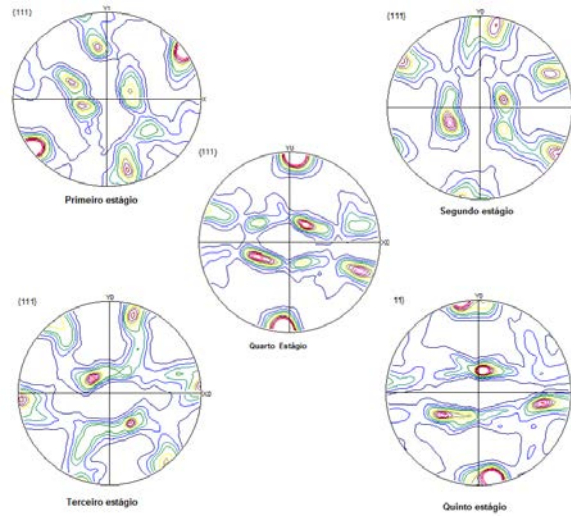


Figura 8- Figuras de polo geradas por EBSD de amostras dos estágios de conformação a 90° no plano (111).

As figuras 9,10 e 11 mostram o mapa de textura para os vários estágios e ângulos. Observou-se a semelhança da textura entre os mapas gerados na direção de laminação (zero graus) figura 9 e a variação da textura nas etapas de conformação mostrado nas figuras 10 e 11.

Marron – Textura Latão (chapa) $\{110\}\langle 112\rangle$ (deformação)

VERMELHO- Textura Cubo $\{001\}\langle 100\rangle$ (recristalização)

AZUL- Textura GOSS $\{110\}\langle 011\rangle$

VERDE- Textura COBRE $\{112\}\langle 111\rangle$ (deformação)

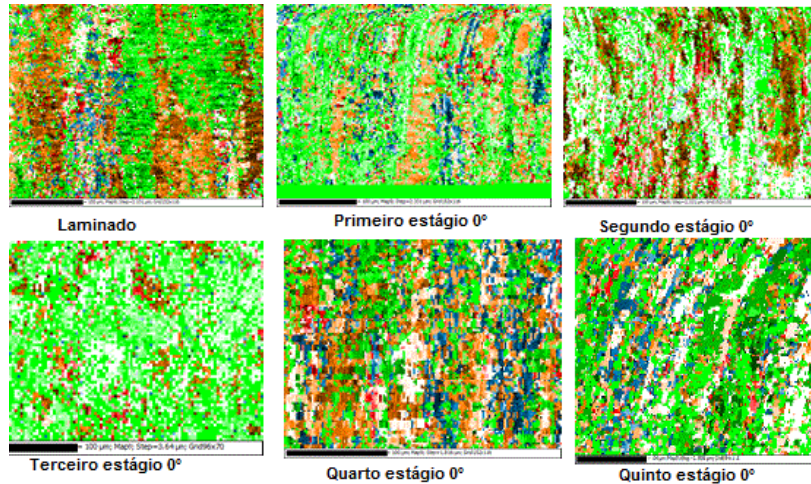


Figura 9- Mapa de textura para laminado e estágios a zero graus

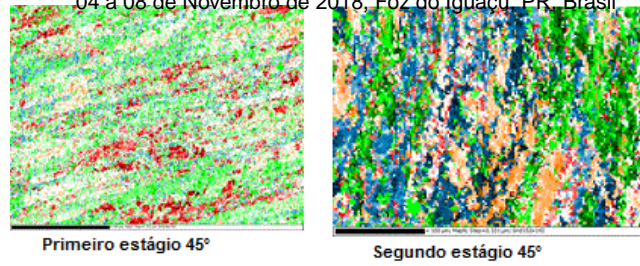


Figura 10- Mapa de textura gerados por EBSD de amostras dos estágios de conformação a 45° no plano (111).

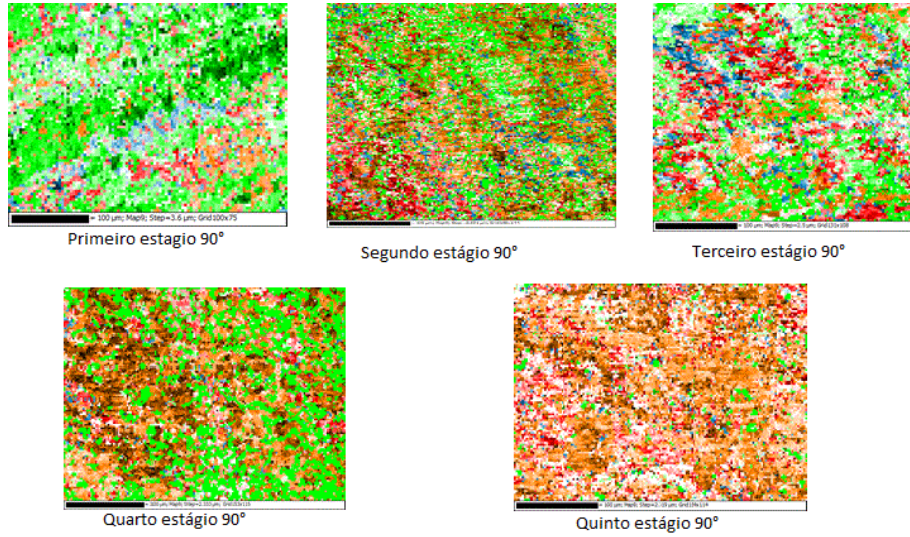


Figura 11—Mapas de textura gerados por EBSD de amostras dos estágios de conformação a 90° no plano (111).

As figuras 12, 13 e 14 mostram o mapa de posição dos cristais no plano de laminação para vários estágios e ângulos.

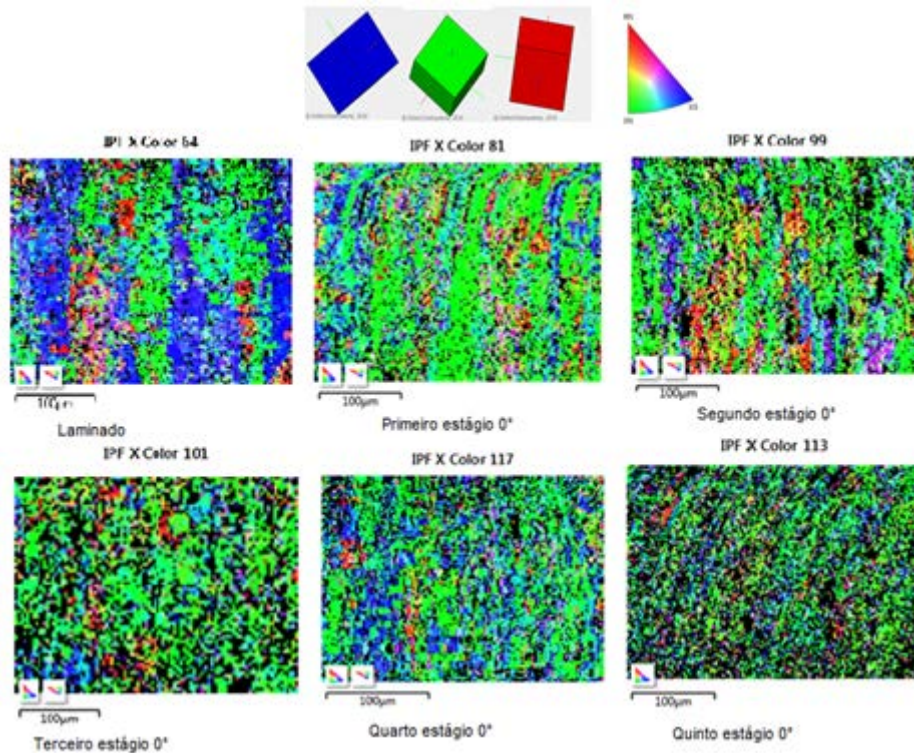


Figura 12-Plano de laminação com figura de polo invertida gerada por EBSD de amostras dos estágios de conformação a 0° no plano (111).

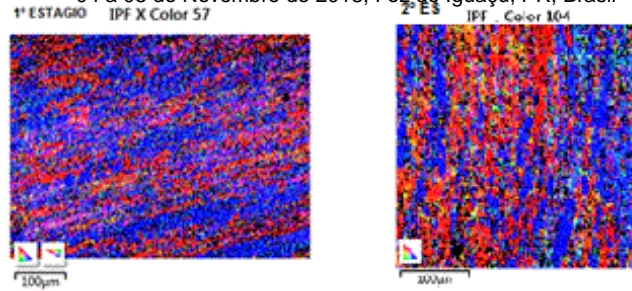


Figura 13-Plano de laminação com figura de polo invertida gerada por EBSD de amostras dos estágios de conformação a 45°

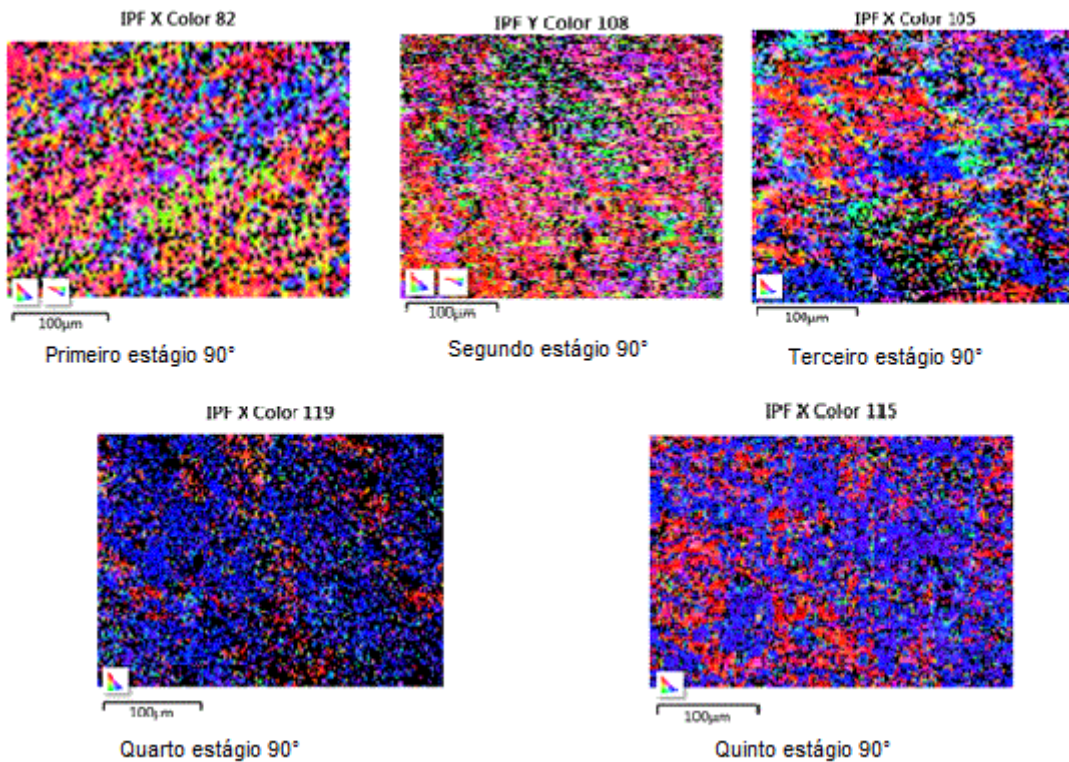


Figura 14-Plano de laminação gerado por EBSD de amostras dos estágios de conformação a 90° no plano (111).

Análise da Microestrutura.

Observou-se na figura 15, gerada por microscopia ótica, compostos intermetálicos (precipitados), com tamanhos e distribuição heterogênea, observou-se também dispersões finamente distribuídos por toda a matriz de alumínio. A Figura exibe a micrografia do laminado onde os compostos intermetálicos são evidenciados por tratamento de imagem. (VERDE) a tabela 4 mostra a porcentagem dos precipitados calculada por processamento de imagem.

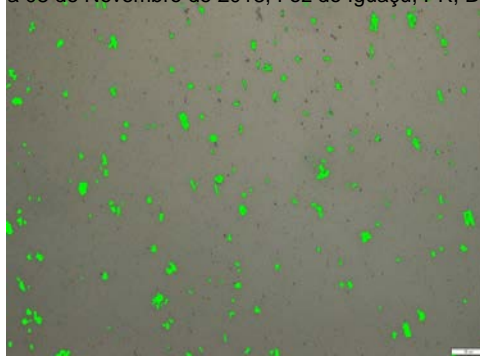


Figura 15-Microestrutura Laminado 2 com tratamento de imagem para evidenciar precipitados (verde)

Tabela 4- Determinação da porcentagem de precipitados na matriz.

Reference	Sample 01
Group	
Sample Comment	
Date	20/08/2018 16:07:36
2	2.08 %

Observou-se na figura 16, em amostra retirada a 45 graus do conformado do segundo estágio, a presença de dois precipitados diferentes: um de forma aproximadamente retangular e orientado e outro de formato irregular.

A composição química obtida por EDS evidencia a diferença entre os precipitados (gráfico 1).

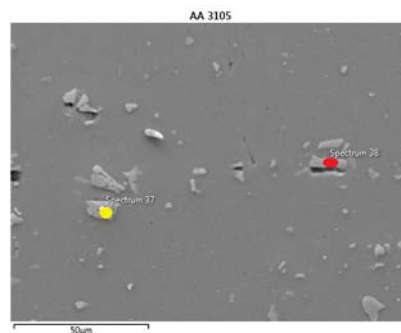
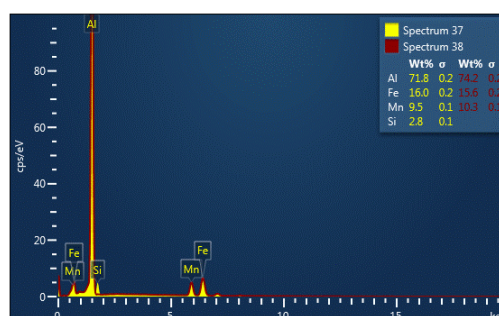


Figura 16-Imagem MEV Evidenciando região onde se fez análise química EDS

Gráfico 1- Gráfico EDS evidenciando comp. química spectrum 32 e spectrum 33.



Os compostos intermetálicos encontrados podem ser diferenciados por sua morfologia e a sua composição química. Os dois principais compostos possuem características distintas, um com tendência de alongamento na direção de laminação, o outro com formato facetado. Presume-se que esta tendência de alongamento na direção de laminação é influenciada pela menor dureza do composto $Al_6(Fe,Mn)$ em relação ao intermetálico $Al_{12}(Fe,Mn)_3Si$. Em todas as micrografias dos laminados foi possível observar compostos com estes dois tipos de morfologia.

CONCLUSÕES

- Observou-se que há semelhança da textura dos materiais retirados na direção de laminação em todos os estágios.
- Há mudança significativa na textura do material conforme a deformação progride para as amostras com ângulos de 45 e 90 graus em relação a direção de laminação.
- A alteração na textura destes ângulos se assemelha a uma “relaminação” do material que tende a assumir uma textura similar a existente a 0°.
- A textura cristalográfica do laminado possui componentes similares em intensidades parecidas.
- As principais componentes encontradas foram a latão $\{110\}\langle 112\rangle$, a cobre $\{112\}\langle 111\rangle$, a Goss $\{110\}\langle 011\rangle$, e a cubo $\{001\}\langle 100\rangle$.
- Neste processo nota-se a intensificação das componentes cobre e majoritariamente latão conforme aumenta o trabalho a frio em detrimento a componente cubica que perde intensidade.

Esta alteração da textura em função de um processo termomecânico é referenciada como se uma componente consumisse a outra⁽⁷⁾.

REFERÊNCIAS:

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FABRICANTES DE LATAS DE ALTA RECICLABILIDADE (ABRALATAS). Revista da Lata Relatório Anual. São Paulo: 2102.
2. OTOMAR, H. P. Estudo Comparativo da Estampabilidade da Liga de Alumínio AA1050 Partindo de Placas Obtidas por Vazamento Direto e Bobinas Obtidas por Vazamento Contínuo. Dissertação de Mestrado apresentada a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2010
3. CULLITY B. D; S.R. STOCK Elements of X-Ray Diffraction 3º Edition– Notre Dame University 2001-
4. FREITAS, F. Adequabilidade das Condições de Laminação de um Aço de Baixo Carbono a Estampagem Profunda. Dissertação de Mestrado apresentada a Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2003.

5. ENGLER, O. Control Texture and Earing in Aluminum Alloy AA 3105 Sheet for Packaging Applications. *Materials Science and Engineering A*, v. 538, p. 69-80, Janeiro 2012.
6. YU, T.M.; BROOKS, C. R.; GOODRICH, S. The Effect of Cold Working and Annealing Practice on Earing in 3104 Al Alloy Sheet. *Materials Characterization*, v 30, p251-259, Janeiro 1993.
7. ENGLER, O.; MERTERNS, N.; DAM, P. Texture Based Design of a Convuluted Cut-Edge for Earing Free Cans. *Journal of Materials Processing Technology*, v. 211, p. 1278-1284, 2011.

MACROTEXTURE ANALYSIS BY THE TECHNIQUES OF X-RAY DIFFRACTION AND- ELECTRON BACKSCATTER DIFFRACTION IN ALUMINUM ALLOYS AA3104 H19 USED FOR THE MANUFACTURE OF BEVERAGE CANS.

ABSTRACT

The beverage metal packaging industry figures as one of the most important worldwide aluminum consumer. Detailed knowledge of the raw material used in the beverage can body production is essential to maintain and improve the productivity levels imposed by the market. The present work focus is the study of the alteration of the texture of a rolled aluminum alloy AA3104-H19 in the various stages of the stamping process of the beverage cans by analyzing the results obtained in the mesotexture, the understanding of the mechanisms of texture formation and its influence on the conformation of aluminum cans. An analysis of the crystallographic texture of the rolled aluminum was carried out through the use of Pole Figures and texture maps. It was possible to notice that the typical strain hardening textures, Brass {110}<112> and Copper {112}<111>, together with Goss {110}<001>, were balanced by the Cube {001}<100> component, typical of recrystallization.

Key Words: Characterization, Anisotropy, Crystallographic Texture.