OBTENÇÃO DE AÇOS INOXIDÁVEIS A BASE FE-MN-AL POR MEIO DE EXTRUSÃO EM CANAL ANGULAR A PARTIR DE PÓS ELEMENTARES

Ana Carolina Krapp Ferreira (FA),
Osvaldo Mitsuyuki Cintho (Orientador), e-mail: omcintho@uepg.br
Universidade Estadual de Ponta Grossa/ DEMA

Grande Área: 3.00.00.00-9 Engenharias
Área do Conhecimento: 3.03.00.00-2 Engenharia de Materiais e Metalúrgica
Subárea: 3.03.04.00-8 Metalurgia Física

Palavras-chave: Extrusão em Canal Angular, Aço inoxidável FeMnAl, Deformação Plástica Severa.

Resumo

Este trabalho tem como objetivo a obtenção de uma liga mecânica (mechanical alloying) do aço inoxidável de sistema FeMnAl a partir da extrusão por canal angular (ECA). Obteve-se a mistura utilizando-se pós elementares com elevado grau de pureza, de proporção: 60% Fe, 25% Mn, 15% Al. Duas amostras foram preparadas, sendo com um e dois passes pelo canal de 120°, utilizando a rota de passe A. O corte foi realizado no sentido da extrusão para observar o comportamento das partículas no plano de deslizamento. Realizou-se um tratamento térmico em 650°C e resfriamento em água. As faces expostas foram lixadas e posteriormente polidas. Nas amostras sem tratamento térmico, com base na micrografia notou-se que a porosidade é inversamente proporcional a quantidade de passes e independentemente do número de passes o manganês não apresentou deformações significativas. Já nas amostras com tratamento térmico, a partir do EDS observou-se que houve difusão das partículas e com o aumento de passes há uma maior difusão pelo aumento da energia interna devido a maior deformação. Os difratogramas de 1 passe e 2 passes sem tratamento térmico indicaram que não houve um aumento na difusão de acordo com o aumento de passes. Não foi possível preparar a amostra de 1 passe com tratamento térmico para a difração de raios-X, já a amostra de dois passes apresentou presença de vários óxidos, visto que houve oxidação e também de alguns intermetálicos como Al_5Fe_2, $Fe_{19}Mn$, Al_8Mn_5, indicando que houve difusão.

Introdução

Novas pesquisas vêm sendo realizadas visando a diminuição de custos do aço inoxidável convencional FeNiCr. A partir da década de 60 iniciaram-se estudos dos aços inoxidáveis de sistema FeMnAl, notou-se que as propriedades são semelhantes ao do sistema convencional, e, além disso, há uma diminuição de custos devido à maior quantidade e fácil extração do manganês e do alumínio. Neste sistema o níquel é substituído pelo manganês e o cromo pelo alumínio (1).

As nanoestruturas têm ganhado grande atenção, pois oferecem melhoramento nas propriedades do material. As partículas do metal são cobertas por uma camada de óxido o que dificulta a ligação entre elas, porém com a deformação imposta durante a passagem pelo canal ocorre a fratura da camada de óxido, deixando a superfície das partículas exposta, permitindo a formação de uma interface metal-metal que incorpora os pequenos fragmentos de óxido a matriz. Durante a passagem do material pelo canal, a deformação plástica das partículas preenche os espaços entre

as partículas, resultando em um material com alta densificação. Isso revela que não é necessária a difusão para que haja ligação entre as partículas, por isso o processamento pode ocorrer em baixas temperaturas, pois a ligação ocorre a medida que as partículas vão sofrendo deformação, entre tanto, para futuras aplicações são necessários tratamentos térmicos após a consolidação (3).
Os métodos convencionais de consolidação geralmente utilizam altas temperaturas o que acaba destruindo a microestrutura e causando porosidade, sendo este último um defeito difícil de eliminar (3).
Quando um compacto de partículas está sujeito a cisalhamento, as partículas podem mudar de forma plasticamente, levando a ligação das partículas eliminando as porosidades entre elas ou deslizarem uma sobre as outras. A deformação ou deslizamento ocorrerá de acordo com as propriedades da partícula, se a partícula for macia e com alta resistência ao deslizamento, sofrerá deformação, porém se a partícula for dura e com baixa resistência ao deslizamento, sofrerá pouca ou nenhuma deformação. Partículas de tamanho e formas irregulares dificultam o deslizamento entre as partículas (3).

Material e Métodos

No ano de 2016-2017, realizou-se a consolidação de uma mistura de pós elementares de Ferro, Manganês e Alumínio (60% Fe, 25% Mn, 15% Al, em massa) por extrusão em canal angular, com ângulo entre canais de 120°. Obtiveram-se duas amostras utilizando a rota de passe A, sendo uma com somente um passe e a outra com dois passes. Para a análise das amostras obtidas, ambas as amostras foram cortadas no sentido da extrusão e então foi realizada uma preparação metalográfica padrão.
No ano de 2017-2018 realizou-se o tratamento térmico das amostras em temperatura de 650°C por 30 minutos e resfriamento em água. Essa temperatura foi escolhida devido a temperatura de fusão do alumínio, cerca de 660°C. Foi realizada a preparação metalográfica das amostras com lixas 400, 600, 1200 e 1500, e polimento com pasta de diamante 1 µm e 0,3 µm. As superfícies foram analisadas por meio de microscopia eletrônica de varredura (MEV) associados à espectroscopia por energia dispersiva (EDS) para a identificação qualitativa dos gradientes de composição química do material.
Dando sequência ao trabalho, analisou-se as amostras por meio de difração de raios-Xe identificou-se os picos com o auxílio do software “Crystallographica Search-Match”.

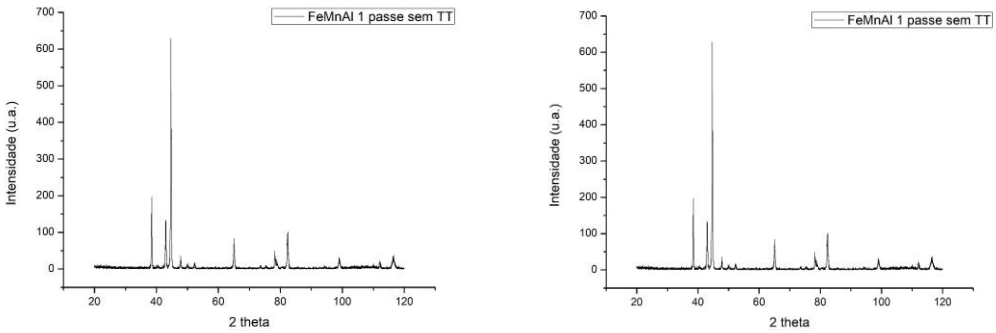
Resultados e Discussão

No período de 2016-2017, realizou-se a consolidação dos pós por extrusão em canal angular, onde obteve-se uma amostra sólida não homogênea quimicamente, com partículas refinadas e orientadas. Também notou-se que a partícula de manganês não sofreu deformação significativa em ambos os passes. Além disso, com o aumento do número de passes ocorreu um aumento na consolidação e por consequência diminuição da porosidade.
No período de 2017-2018, as amostras foram submetidas a tratamento térmico e notou-se que ambas as amostras estavam parcialmente oxidadas. As superfícies foram analisadas por meio de microscopia eletrônica de varredura associados com mapeamento dos elementos presentes em cada grão por meio de EDS.
Notou-se que não houve difusão significativa em ambas as amostras pois as partículas apresentaram forma bem definida. Observou-se que ocorreu difusão no

material quando comparado com as amostras sem tratamento térmico, onde as partículas tinham forma bem definida. Comparando as amostras com tratamento térmico de 1 e 2 passes, é possível notar que com o aumento do número de passes há uma maior difusão, isso possivelmente pode ter ocorrido devido a maior deformação em que a amostra de dois passes foi submetida, pois o aumento de deformação gera uma maior quantidade de defeitos e maior energia interna, aumentando assim a difusividade.

Dando sequência ao trabalho, foi realizado difração de raios-X. A Figura 1 ilustra o difratograma das amostras de 1 e 2 passes sem tratamento térmico:

Figura 1 – Difratograma das amostras de 1 e 2 passes sem tratamento térmico.

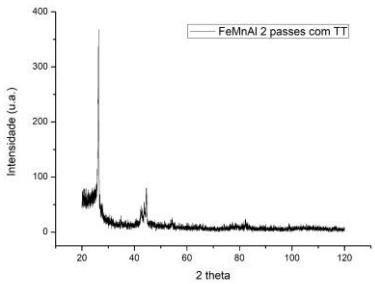


Fonte: O autor

Os difratogramas apresentam grande semelhança, indicando que podem não ter ocorrido a formação de novas fases do primeiro para o segundo passe, onde as partículas possuem formas bem definidas, variando somente o tamanho e forma entre os passes. As fases identificadas na amostras sem tratamento térmico foram ferro, alumínio e manganês alpha.

Grande parte da amostra de um passe com tratamento térmico apresentou oxidação, o que impossibilitou a preparação da amostra para a difração de raios-X. Por tanto somente a amostra de dois passes foi analisada. A Figura 2 ilustra o difratograma obtido:

Figura 2 – Difratograma da amostra de 2 passes com tratamento térmico.

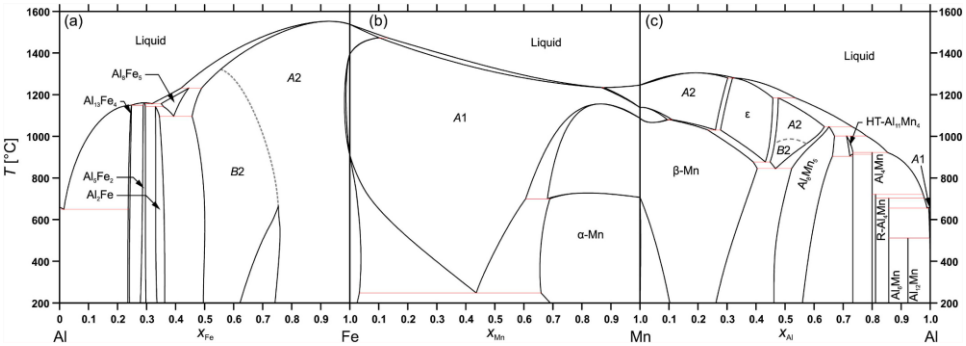


Fonte: O autor

Quando comparada com a Figura 1 é possível visualizar que houve uma mudança significativa da amostra sem tratamento térmico e após tal tratamento. Analisando o difratograma, verificou-se que provavelmente ocorreu a formação de intermetálicos, logo, houve difusão entre os elementos, pois foram formadas novas fases. Devido a oxidação da amostra durante o tratamento térmico, observou-se a presença de Al_2O_3, Fe_2O_3 e Mn_3O_4. Além disso, podem ter sido formados intermetálicos estáveis como Al_5Fe_2, $Fe_{19}Mn$, Al_8Mn_5. Ainda, pode ser que as partículas de manganês tiveram a menor difusividade entre os outros elementos visto que alguns picos encontrados após o tratamento térmico foram de manganês. A Figura 3 representa o

diagrama de fases do alumínio-ferro (a), ferro-manganês (b) e manganês-alumínio respectivamente:

Figura 3 – Diagrama de fases do alumínio-ferro (a), ferro-manganês (b) e manganês-alumínio



Fonte: (4)

Notou-se que os intermetálicos Al_5Fe_2 e Al_8Mn_5 estão presentes no diagrama Al-Fe e Mn-Al respectivamente. O intermetálico Al_5Fe_2 possui aproximadamente de 28% a 30% de alumínio a 200°C. Já o Al_8Mn_5 possui aproximadamente de 48% a 56% de manganês a 200°C.

Conclusões

Com a difração de raios-X notou-se que 2 passes da amostra pelo canal não acarretaram na formação de novas fases, ou seja, não houve difusão. As análises das amostras sem tratamento térmico apresentaram picos referentes aos elementos de composição, ou seja, ferro, manganês e alumínio.

Após o tratamento térmico podem ter sido formados intermetálicos Al_5Fe_2, $Fe_{19}Mn$, Al_8Mn_5. Além disso, podem ter sido formados óxidos Al_2O_3, Fe_2O_3 e Mn_3O_4, visto que a amostra oxidou durante o tratamento térmico. A princípio, não ficaram evidentes a presença de ferro e alumínio puros, o que indica que podem ter formado fases ou/e óxidos, porém picos da amostra de dois passes com tratamento térmico coincidiram com manganês puro.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus que me guiou até aqui. Ao Prof. Dr. Osvaldo Mitsuyuki Cintho. Ao Ricardo Sanson Namur. À Universidade Estadual de Ponta Grossa e a Fundação Araucária.

REFERÊNCIAS

1 Cintho, O.M; Sordi V. L; Bueno, L.O. **Processamento e caracterização de uma chapa fina de aço FEMNAL para estampagem**, Anais do 8° CBECIMAT, UNICAMP, SP, Dezembro de 1988;

2 Moinhos C., **Obtenção do Aço Inoxidável Dúplex Fe-19, 5Cr-5Ni Utilizando Moagem de Alta Energia**, 2005. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais – UEPG);

3 Xia, K.; Wu, X. Back pressure equal channel angular consolidation of pure Al particles. **Scripta Materialia**, v. 53, n. 11, p. 1225–1229, 2005.

4 WALNSCH, Alexander et al. Thermodynamic assessment and experimental investigation of the systems Al–Fe–Mn and Al–Fe–Mn–Ni. **Calphad,** [s.l.], v. 66, p.1-14, set.