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 (Fundação Araucária), Ricardo Sanson Namur (Coautor), 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.

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).

Em sua maioria o processo de fabricação do aço inoxidável é feito por fundição. Uma técnica alternativa para produção de aços e ligas é o processo por moagem de alta energia (MAE), que permite a produção de materiais homogêneos a partir de pós elementares com microestrutura controlada (2). As ligas são formadas pela repetição de processos de soldagem e fratura da mistura de partículas de pó, por meio do impacto de corpos moedores com alta energia cinética.

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, onde não ocorre a quebra dos óxidos, ou seja, não há uma ligação substancial e há a formação de poros residuais. 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).
Na extrusão em canal angular o cisalhamento ocorre quando as partículas entram na zona de deformação e a consolidação total é obtida após terem passado da região de cisalhamento. Sabe-se também que a deformação plástica severa é eficiente para o refino de grão, em particular no processo de extrusão em canal angular (3).

Materiais e Métodos

Dando continuação aos trabalhos realizados no ano de 2016-2017, onde realizou-se a consolidação de uma mistura de pós elementares de ferro, manganês e alumínio (60% Fe, 25% Mn, 15% Al, em massa) por passagem em canal angular, com ângulo de 120°. Obtiveram-se duas amostras utilizando a rota de passe A, sendo uma com somente um passe e a outra com dois. Para a análise das amostras obtidas, ambas as amostras foram cortadas no sentido da extrusão e então foi realizada uma preparação metalográfica padrão.
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.
Dando sequência, 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 associados com mapeamento dos elementos presentes em cada grão por meio de EDS.

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. A Figura 1 ilustra a superfície da amostra obtida por microscopia óptica da amostra de um e dois passes sem tratamento térmico:

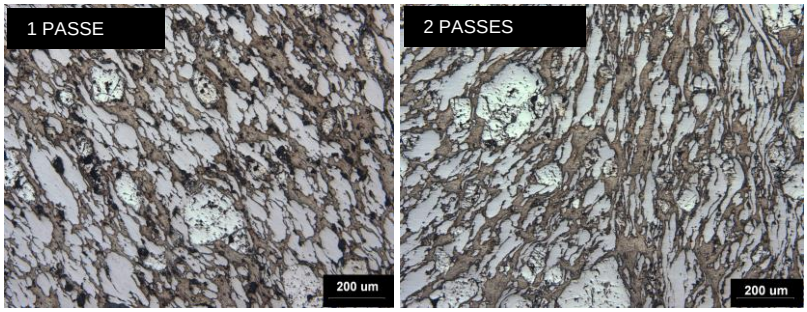


Figura 1 – Amostras de um e dois passes sem tratamento térmico.

Dando continuidade realizou-se um tratamento térmico e notou-se que durante a preparação metalográfica as amostras estavam parcialmente oxidadas, dificultando assim seu preparo e posterior análise. Tal oxidação ocorreu devido a oscilação da temperatura durante o tratamento térmico, ultrapassando a temperatura de fusão do alumínio, cerca de 660°C.

Notou-se que as partículas vistas anteriormente na amostra de um passe sem tratamento térmico não são mais nitidamente visualizadas após o tratamento, indicando que ocorreu união das partículas de pó.

Já na amostra com dois passes observou-se que haviam mais rachaduras superficiais quando comparadas com a amostra de um passes com tratamento térmico, porém a amostra com dois passes teve menor quantidade de material oxidado, que pode ter ocorrido em função da maior deformação em que a amostra foi submetida.

As superfícies foram analisadas por meio de microscopia eletrônica de varredura associados com mapeamento dos elementos presentes em cada grão por meio de EDS.

A Figura 2 ilustra as imagens obtidas por EDS da amostra de um passe (a) e dois passes (b) sem tratamento térmico

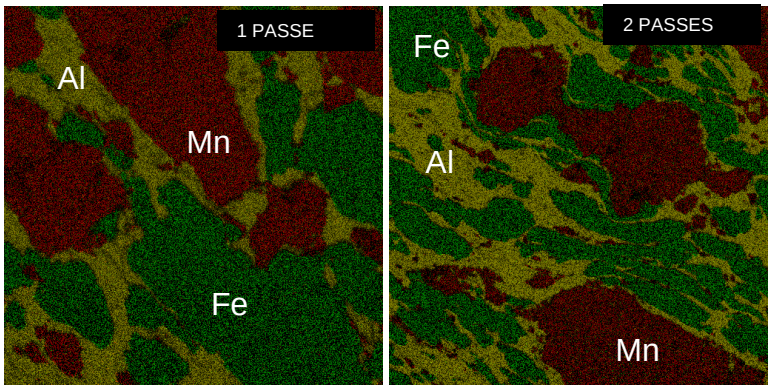


Figura 2a – EDS da amostra de um passe e dois passes sem tratamento térmico

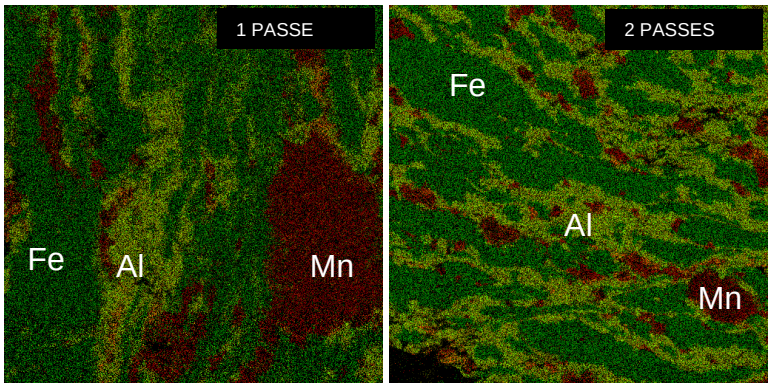


Figura 2b – EDS da amostra de um e dois passes com tratamento térmico

Observou-se que ocorreu difusão no material quando comparado com as amostras sem tratamento térmico, onde as partículas tinham forma bem definida. Comparando a Figura 2a e 2b é possível notar que com o aumento do número de passes há uma maior difusão, isso acontece 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.
Quanto a difusividade entre elementos, o ferro teve difusão significativa no alumínio ao contrário do comportamento no manganês que teve pouquíssima difusão, pois nota-se que tanto na Figura 5a quanto na 5b do elemento ferro (verde) as partículas de manganês estão bem delimitadas, diferentemente das de alumínio. A difusão do alumínio foi maior no manganês do que no ferro. O alumínio apresentou um comportamento inesperado, pois como o tratamento térmico foi próximo a sua temperatura de fusão, esperou-se que tivesse maior difusão nos elementos. E por fim o manganês, que não apresentou uma difusão preferencial como o ferro e o alumínio.

Conclusões

Com o tratamento térmico ocorreu uma mudança na superfície das amostras, as partículas que anteriormente eram visíveis por microscopia óptica sofreram difusão. A amostra com dois passes apresentou microestrutura mais finamente dispersa quando comparada com a amostra de um passe.
O EDS revelou que as partículas sem tratamento térmico possuíam formas bem definidas e delimitadas, ou seja, não houve difusão entre elas. O aumento do número de passes não implicou em maior difusão nas amostras analisadas sem tratamento térmico.
Já as amostras com tratamento térmico não apresentavam formas de partículas tão definidas, pois ocorreu difusão entre as partículas. Além disso, visualizou-se que os elementos tinham uma difusão preferencial, com exceção do manganês, onde o ferro se difundiu mais no alumínio e o alumínio no manganês. Também notou-se que com o aumento do número de passes ocorre maior difusão, isso acontece devido a maior quantidade de defeitos e energia interna presentes na amostra acarretando em uma difusão maior, o que torna promissor a realização de mais passes.

Agradecimentos

Primeiramente agradeço a Deus que me guiou até aqui. À Fundação Araucária pelo auxílio financeiro. À Universidade Estadual de Ponta Grossa.

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. Consolidation of particles by severe plastic deformation: mechanism and applications in processing bulk ultrafine and nanostructured alloys and composites. **Advanced Engineering Materials**. Special Issue: Bulk Nanostructured Materials, 8ed. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 2010. p.724-729.