

CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES e SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O objetivo central desse trabalho foi avaliar a evolução microestrutural e comportamento mecânico de um grupo de aços quando submetidos ao processo de têmpera e partição. Foram desenvolvidos e investigados quatro aços, contendo diferentes percentuais de C e Ni e com a presença de Si, Mn, Mo e Cr. A adição do Si teve por finalidade suprimir a formação de carbeto. Os demais elementos foram utilizados para desacoplar a transformação bainítica do processo de partição, através da diminuição da temperatura Bs. A caracterização microestrutural do processo foi realizada utilizando microscopia ótica, eletrônica de varredura e de transmissão, e ainda difração de raios-X. O processo de partição do carbono da martensita para a austenita foi modelado utilizando o programa DICTRA™ para diferentes temperaturas e escalas das fases presentes. Aspectos relacionados com a cinética e termodinâmica do processo, propriedades mecânicas e evolução microestrutural foram analisados e discutidos. Os resultados obtidos permitem apresentar as seguintes conclusões:

- Através da aplicação do processo de têmpera e partição foi possível produzir, para os quatro aços estudados, microestruturas contendo diferentes frações de austenita retida, enriquecida em carbono, conforme detectado por difração de raios-X.
- Os valores de carbono presentes na austenita após o tratamento de partição atingiram níveis de enriquecimento superiores aos que seriam esperados para uma transformação bainítica. Os resultados experimentais indicaram ainda que os maiores enriquecimentos e frações de austenita foram obtidos para as amostras que sofreram partição à temperatura mais elevada (450 °C), para todas as ligas estudadas.
- A caracterização microestrutural das ligas Q1 e Q4 indicou a presença de regiões contendo martensita, ferrita e austenita na forma de filmes. Foram também observados carbeto de transição, caracterizados por carbeto epsilon, em pequenas quantidades nas amostras da liga Q1, e a quase ausência dessa fase na liga Q4.
- Elevados valores de tensão de escoamento e tensão na fratura foram obtidos para as ligas Q1 e Q4 quando submetidas ao tratamento de têmpera e partição.

Os valores obtidos foram superiores aos geralmente observados em aços TRIP e mesmo em aços martensíticos. Por sua vez os valores de alongamento se mostraram inferiores aos geralmente encontrados para os aços TRIP, e ligeiramente superiores aos observados nos aços martensíticos.

- Os resultados de tração para a liga Q3 indicaram reduzidos valores de tensão de escoamento e tensão na fratura. Através da análise microestrutural foi possível observar na microestrutura a presença de martensita na forma de placas e uma austenita relativamente grosseira.

- A modelagem cinética do processo de partição, permitiu acompanhar a evolução do Equilíbrio Constrito de Carbono ao longo do processo, descrevendo como a distribuição de carbono nas duas fases varia em função do tempo. Deste modo, foi possível estimar as faixas de tempos necessários para completar o processo de partição em função da escala da microestrutura. Os tempos críticos para a ocorrência de precipitação foram também discutidos.

- A modelagem cinética indicou ainda um enriquecimento considerável de carbono na interface da austenita para os momentos iniciais do processo de partição. Apesar disto, a força motriz para a precipitação de carbeto parece ser maior na ferrita supersaturada.

- O processo difusivo na ferrita, para as escalas de microestrutura consideradas, se encerra num tempo bem inferior, quando a concentração de carbono na austenita ainda se encontra bastante heterogênea, sugerindo que para tempos pequenos, a parte central da austenita apresenta pouco enriquecimento de carbono.

- Nos momentos iniciais do processo de partição, o mecanismo controlador é o transporte de carbono da ferrita para a austenita. Numa segunda etapa, a concentração da interface é controlada pela difusão do carbono na austenita. As concentrações de carbono atingidas nas interfaces da ferrita e da austenita, dependem do tamanho das fases envolvidas. Quanto maior o tamanho da ferrita, por mais tempo a interface da austenita permanece com o valor máximo de concentração alcançado.

SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Os resultados mecânicos obtidos através do ensaio de tração foram bastante promissores. No entanto, a realização de uma detalhada caracterização do comportamento da curva de escoamento, na região de deformação plástica uniforme, visando o levantamento do valor do expoente de encruamento instantâneo, em muito irá acrescentar ao entendimento do processo de enriquecimento e homogeneização da austenita.

Levando em conta o sucesso alcançado na obtenção de elevados níveis de resistência mecânica com o processamento T&P, torna-se aconselhável um esforço para elevar os valores de tenacidade. Neste sentido, recomenda-se a utilização de tratamentos de austenitização intercrítica para produzir uma microestrutura inicial contendo ferrita. Acredita-se que a presença desta fase possa contribuir para um aumento da tenacidade desses aços.

Finalmente, para completar a caracterização da microestrutura formada, seria interessante o emprego de microscopia de força atômica nessas amostras, para avaliar a possibilidade de medir as propriedades mecânicas das fases presentes utilizando medidas de nanodureza.