

2 Aço alta resistência e baixa liga (ARBL)

A literatura oferece várias definições do que vem a ser um aço ARBL, no entanto nenhuma delas define de forma conclusiva o que vem a ser este aço.

De um modo geral, são classificados como aços ARBL os aços resultantes de um processo de manufatura que incorpora na rota de produção destes aços a aplicação de conceitos como endurecimento por precipitação, refino de grão, adição de elementos microligantes associados a diferentes escalas de passes de temperaturas de laminação. Os aços ARBL foram desenvolvidos pela indústria do aço e atualmente atendem diversos setores industriais como o automobilístico e o de estruturas, devido ao seu elevado limite de resistência, boa tenacidade a baixas temperaturas, boa conformabilidade e boa soldabilidade, devido ao baixo carbono equivalente. ⁽¹⁾

2.1 Histórico

Com o crescimento da demanda mundial por energia, tornou-se necessária a construção de dutos mais resistentes, com pressões de operação mais elevadas, que trabalhassem com a melhor eficiência possível e que ainda permitissem uma redução nos custos de transporte e de construção dos dutos. As soluções foram aumentar o diâmetro dos dutos ou aumentar a pressão de operação dos mesmos. Para isso foi necessário o desenvolvimento de aços de alta resistência que possibilitassem a maior eficiência desejada e ao mesmo tempo não exigissem que as paredes dos tubos fossem cada vez mais grossas. ^(2, 3)

Os aços ARBL possibilitaram a redução nos custos de construção, devido a uma redução significativa na espessura da parede dos tubos, havendo um impacto considerável na quantidade de material utilizado, nos custos de transporte e de

soldagem. Além disso, estes aços viabilizaram a operação de dutos com pressões maiores do que aquelas utilizadas anteriormente, resultando em um maior volume de gás ou petróleo transportado. ⁽³⁾

No início dos anos 70, o aço API 5L grau X-70 foi introduzido pela primeira vez na Alemanha para a construção de dutos de transporte de gás. Isso foi possível com o desenvolvimento da prática de laminação controlada. Desde então, o grau X-70 provou ser um material confiável para a implementação de vários projetos de dutos. O material foi melhorado conforme a técnica de laminação controlada foi sendo aprimorada, e pode ser soldado, sem problemas, com eletrodos celulósicos, com cuidado para evitar a formação de trincas induzidas por hidrogênio. ⁽²⁾

Seguindo esta experiência bem sucedida do aço X-70 e com o desenvolvimento do processo de laminação controlada com resfriamento acelerado, o aço API 5L grau X-80 entrou em uso pela primeira vez em 1985, com a construção de uma seção de 3,2 Km de dutos feitos com este material. O processo de laminação controlada com resfriamento acelerado permitiu a produção de materiais com grau X-80 microligado com nióbio e vanádio, com quantidade de carbono mais baixa e boa soldabilidade. ^(3, 4)

Finalmente, em 1992, houve a primeira construção de duto feita inteiramente de aço X-80. A distância da construção foi de 250 km, realizada na Alemanha, onde foram utilizadas 145.000 toneladas para este projeto. O fator que incentivou esta grande obra foi a redução da espessura dos tubos necessária para a operação com uma pressão de 100 bar. ^(2, 4)

Mais recentemente, adições de elementos de liga como o molibdênio, o cobre e o níquel, além de processos modificados de resfriamento controlado, possibilitaram o desenvolvimento de aços de grau X-100 e X-120. ^(3, 5)

Apesar de no mundo já existirem estudos avançados com dutos de grau X-100 e até X-120, no Brasil, os dutos de maior resistência existentes atualmente são fabricados com aço API 5L X-70, cuja tecnologia já está bem desenvolvida e consolidada. Entretanto, para o aço API 5L X-80, produzido por laminação controlada, ainda são necessários estudos a fim de consolidar a utilização desse

material, principalmente no que se refere às questões de construção e montagem, como por exemplo, a soldagem. ⁽⁶⁾

É importante lembrar que o grau do aço, segundo a norma API 5L, reflete a tensão mínima de escoamento do material expressa em [ksi], assim, o grau X-80 tem tensão mínima de escoamento de 80 ksi. ⁽⁵⁾

A tabela 1 mostra os graus dos aços API e suas respectivas tensões mínimas de escoamento, em Ksi e MPa.

Tabela 1: Graus dos aços API.

GRAU	SMYS	
	Ksi	MPa
A25	25	172
A	30	207
B	35	241
X42	42	289
X46	46	317
X52	52	358
X56	56	386
X60	60	413
X65	65	448
X70	70	482
X80	80	551

A composição química dos aços para tubos API pode ser variada para fornecer propriedades específicas. Teores máximos e mínimos para os elementos microligantes Mn, Co, V, Ti são descritos na especificação API 5L para os vários graus. Nem todos esses elementos estão presentes em todos os graus. Alguns deles são adicionados a certos graus de aços para dutos para proporcionar características específicas. Pode-se dizer que a quantidade de Mn requerida em tubos para dutos aumenta quanto maior for o grau do aço.

2.2 Soldagem dos tubos API 5L X-80

Devido à alta resistência e as melhores propriedades mecânicas dos aços X-80, foi necessário o desenvolvimento e introdução de novos métodos de soldagem para a construção dos dutos.

Para a soldagem longitudinal dos tubos com costura, os métodos mais utilizados, são os processos de soldagem por arco submerso (SAW) e soldagem por resistência elétrica (ERW).⁽¹⁾

Já para a soldagem circunferencial em campo, segundo Hillenbrand et al.⁽⁴⁾, é comum o uso do método de soldagem manual por eletrodos revestidos (SMAW). Neste método, os passes de solda da raiz e a quente são depositados com eletrodos revestidos celulósicos adequados, enquanto os passes de enchimento são realizados com eletrodos revestidos básicos. As soldagens por arco submerso (SAW), a arco com proteção por gás e eletrodo consumível (GMAW) e por arame tubular (FCAW) também podem ser utilizadas.^(1, 4, 7)

Neste trabalho foi avaliada a soldabilidade do aço X-80 para a soldagem circunferencial pelo processo com eletrodos revestidos e com arame tubular com proteção gasosa com relação à formação de trincas induzidas por hidrogênio. Os testes de soldabilidade Tekken e Implante são bastante adequados para isto e foram utilizados.