

Aços de alta resistência e baixa liga em oleodutos e gasodutos

Clovis Misseno da Cruz¹ e José Carlos Morilla²

¹Aluno do Curso de Mestrado na Universidade Santa Cecília, Santos, BR,

²Professor do Curso de Mestrado na Universidade Santa Cecília, Santos, BR.

Este trabalho tem o objetivo de estudar a evolução do uso de aços de baixa liga e alta resistência (ARBL) em tubulações, tendo como base a quadragésima quarta edição da especificação API 5L de 2007 da *American Petroleum Institute* (API), com foco na evolução a partir do grau X52.

Palavras Chave

Aço, ARBL, tubulação, API 5L.

High-strength low-alloy steel in oil and gas line pipe

This paper aims to study the evolution of the use of high-strength low-alloy steel (HSLA) in line pipe, based on the forty-fourth edition of the specification API 5L, 2007 American Petroleum Institute (API), focusing on developments starting the grade X52.

Key word

Steel, HSLA, line pipe, API 5L.

INTRODUÇÃO

O aço é a liga ferro-carbono contendo geralmente 0,008% até aproximadamente 2,11% de carbono, além de certos elementos residuais, resultantes do processo de fabricação, que devem estar inferiores a certos limites, também podem ser adicionados outros elementos com o objetivo de dar características especiais ao aço. Chiaverini (1996).

Os aços classificados como de alta resistência e baixa liga (ARBL), são aços que possuem baixo teor de carbono inferior a 0,30% e baixo teor de liga. Estes aços possuem aspectos físicos, químicos e econômicos que levaram seu emprego em tubulações de longos trechos. Dentro das características físicas destacam-se a resistência mecânica, boa soldabilidade e tenacidade.

A *American Petroleum Institute* (API) é uma associação das indústrias de petróleo e gás natural, responsável em criar normas e procedimentos para as indústrias de petróleo.

A *API 5L Specification for Line Pipe* editada pela quadragésima quarta vez em 2007, especifica tubulações na indústria de petróleo e adota aços de alta resistência e baixa liga na fabricação das tubulações.

Na especificação API 5L, existem vários requisitos que devem ser atendidos, sendo os principais o limite de escoamento (LE), limite de resistência (LE), composição química,

principalmente quanto ao teor de carbono, tecnologia de fabricação do aço, tecnologia da fabricação dos tubos, etc.

MATERIAL E MÉTODOS

Com base em pesquisas já realizadas e na Tabela 1, construída neste trabalho, pretendo determinar a influência da composição química e processo de fabricação na evolução da API 5L.

Tabela 1 – Característica dos Tubos da API 5L a partir do Grau X52

Grau	PSL	Costura	Fabricação	Carbono Equivalente											LE	LR
				C	Mn	P	S	Si	V	Nb	Ti	Other	CEIIW	CEPcm		
				% máx	% máx	% máx	% máx	% máx	% máx	% máx	% máx	% máx	% máx	% máx	min (MPa)	min (MPa)
X52	1	sem	-	0,28	1,40	0,030	0,030	-	a	a	a	-	-	-	360	460
		com	-	0,26	1,40	0,030	0,030	-	a	a	a	-	-	-		
	2	-	N	0,24	1,40	0,025	0,015	0,45	0,10	0,05	0,04	a,b	0,43	0,25		
		-	Q	0,18	1,50	0,025	0,015	0,45	0,05	0,05	0,04	b	0,43	0,25		
		com	M	0,22	1,40	0,025	0,015	0,45	a	a	a	b	0,43	0,25		
X56	1	sem	-	0,28	1,40	0,030	0,030	-	a	a	a	-	-	-	390	490
		com	-	0,26	1,40	0,030	0,030	-	a	a	a	-	-	-		
	2	-	N	0,24	1,40	0,025	0,015	0,45	0,10	0,05	0,04	a,b	0,43	0,25		
		-	Q	0,18	1,50	0,025	0,015	0,45	0,07	0,05	0,04	a,b	0,43	0,25		
		com	M	0,22	1,40	0,025	0,015	0,45	a	a	a	b	0,43	0,25		
X60	1	sem	-	0,28	1,40	0,030	0,030	-	a	a	a	-	-	-	415	520
		com	-	0,26	1,40	0,030	0,030	-	a	a	a	-	-	-		
	2	-	N	0,24	1,40	0,025	0,015	0,45	0,10	0,05	0,04	a,c	0,43	0,25		
		-	Q	0,18	1,70	0,025	0,015	0,45	a	a	a	a,b	0,43	0,25		
		com	M	0,12	1,60	0,025	0,015	0,45	a	a	a	c	0,43	0,25		
X65	1	sem	-	0,28	1,40	0,030	0,030	-	a	a	a	-	-	-	450	535
		com	-	0,26	1,45	0,030	0,030	-	a	a	a	-	-	-		
	2	-	Q	0,18	1,70	0,025	0,015	0,45	a	a	a	c	0,43	0,25		
		com	M	0,12	1,60	0,025	0,015	0,45	a	a	a	c	0,43	0,25		
X70	1	sem	-	0,28	1,40	0,030	0,030	-	a	a	a	-	-	-	485	570
		com	-	0,26	1,65	0,030	0,030	-	a	a	a	-	-	-		
	2	-	Q	0,18	1,80	0,025	0,015	0,45	a	a	a	c	0,43	0,25		
		com	M	0,12	1,60	0,025	0,015	0,45	a	a	a	c	0,43	0,25		
		-	Q	0,18	1,90	0,025	0,015	0,45	a	a	a	d,e	0,43	0,25		
X80	2	com	M	0,12	1,60	0,025	0,015	0,45	a	a	a	d	0,43	0,25	555	625
X90	2	com	M	0,10	2,10	0,020	0,010	0,55	a	a	a	d	-	0,25	625	695
X100	2	com	M	0,10	2,10	0,020	0,010	0,55	a	a	a	d,e	-	0,25	690	760
X120	2	com	M	0,10	2,10	0,020	0,010	0,55	a	a	a	d,e	-	0,25	830	915

Legenda:

- a - Soma das concentrações de vanádio, nióbio e titânio devem ser $\leq 0,15\%$.
- b - Máximo de 0,50% para o cobre, 0,30% para o níquel, 0,30% para o cromo e 0,15% para o molibdênio.
- c - Máximo de 0,50% para o cobre, 0,50% para o níquel, 0,50% para o cromo e 0,5% para o molibdênio.
- d - Máximo de 0,50% para o cobre, 1,0% para o níquel, 0,50% para o cromo e 0,5% para o molibdênio.
- e - Máximo 0,004% de boro.
- com – com costura.
- sem – sem costura.
- N – *Normalizing rolling* (Normalização)
- Q – *Quenched and tempered* (Têmpera)
- M – *Thermo mechanical rolling* (Laminação convencional controlada)
- PSL1- Nível padrão.
- PSL2 – Requisitos obrigatórios para a composição química, ductilidade e propriedades de resistência.

Fonte: API (2007)

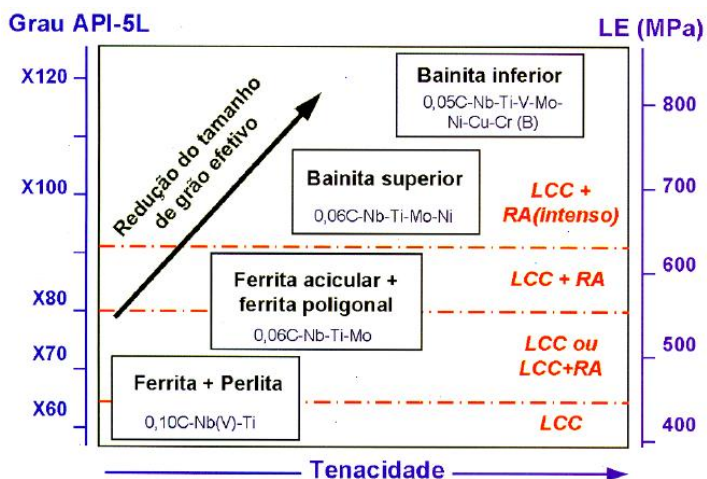


Figura 1 – Constituintes microestruturais predominantes em aços API
 Fonte: Araujo, Sampaio (2008, p.214)

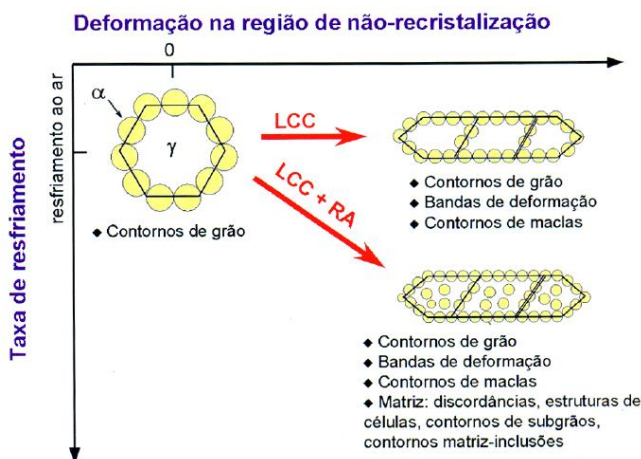


Figura 2 – Efeito da laminação e do resfriamento sobre sítios de nucleação na transformação da austenita.
 Fonte: Araujo, Sampaio (2008, p.213)

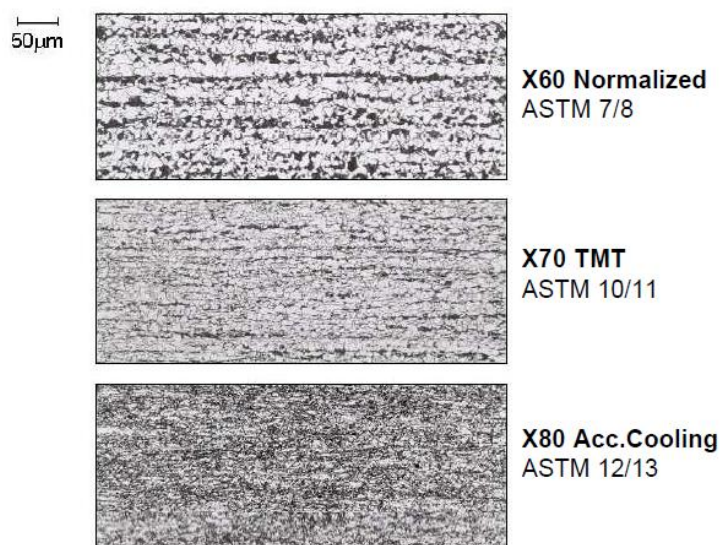


Figura 3 – Microestrutura de normalização, laminação controlada convencional e resfriamento rápido.

Fonte: Hillenbrand, Gras, KALMA (2001)

RESULTADOS

Analizando da Tabela 1, vemos como a composição química influenciou o aumento de limite de escoamento e resistência. A redução do teor de carbono aumenta a tenacidade e melhora soldabilidade, isso foi conseguido principalmente pelo aumento do manganês, sua adição também aumenta a resistência mecânica pelo fortalecimento da ferrita. O silício tem a função de acalma o aço e também aumenta a resistência mecânica.

Os elementos microligantes que ajudam diretamente nas propriedades do aço, ver Tabela 1 e Figura 1. O vanádio que aumenta a resistência do aço, porque fortalece a ferrita e refina os grãos. Uma pequena adição de nióbio aumenta o limite de escoamento. O titânio é usado como estabilizado. O molibdênio aumenta a resistência mecânica, quando adicionado tem a intenção de reduzir a “fragilidade de revenido”. O níquel melhora a resistência à corrosão e melhora as propriedades do aço, pois ajuda no refino dos grãos. O Cobre também melhora a resistência à corrosão, além de melhorar o limite de escoamento e resistência à tração. Pequenas adições de cromo aumenta a resistência, limite elástico, tenacidade e resistência a choques. O boro ajuda a diminuir o teor de carbono. Chiaverini (1996).

A evolução dos processos de fabricação influenciou diretamente a melhora da tenacidade, limite de escoamento e resistência, ver Tabela 1, Figura 1 e 2. Foi necessário além da técnica de laminação controlada convencional (LCC) adicionar o resfriamento rápido (RA), isso levou a redução do tamanho dos grãos e conseqüentemente a melhora das propriedades mecânicas do aço. A técnica LCC mais RA é conhecida como TMCP *Thermo-Mechanical Controlled Processing* (TMCP). O TMCP deve cumprir os seguintes objetivos: LCC deve maximizar a formação de sítios para a transformação da austenita e RA deve maximizar a taxa de nucleação durante a transformação. Araujo, Sampaio (2008, p.212)

A Figura 3 mostra o efeito do processo de fabricação na diminuição dos grãos, logo, melhora nas propriedades mecânicas.

DISCUSSÃO

Existem duas grandes preocupações na utilização dos dutos API 5L, principalmente nas séries mais altas, a soldagem e as curvas, pois em ambos os processos existem o risco de perda de propriedades mecânicas que podem levar a acidentes, por esse motivo, existem vários trabalhos acadêmicos que testam esses limitantes.

CONCLUSÃO

O processo de fabricação TMCP em conjunto com o aumento da taxa de manganês e silício, e adição de microligantes tiveram influência direta no desenvolvimento dos aços aplicados ao API 5L.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, “Specification for line pipe, ANSI/API Spec 5L”, 44ª Edição, 2008.

ARAUJO, C., SAMPAIO, M. Engenharia de microestrutura de aços para tubos de grande diâmetro. **Revista ABM**, São Paulo, v.64, n. 588, p.212-214, maio 2008.

CHIAVERINI, V. , “Aços e Ferros Fundidos”, 7ª Edição, Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais – ABM, 1996.

HILLENBRAND, H. G.; GRAS, M.; KALMA, M. “Development and production of high strength pipe steels”, International Symposium Niobium 2001. Orlando, Florida, USA, 2001.