

“DESENVOLVIMENTO DE AÇOS CST PARA CHASSIS” (1)

Charles de Abreu Martins⁽²⁾
Marco Antônio Barbosa Sena⁽²⁾
Ricardo Porto⁽²⁾
Vanessa Gomes Santana⁽²⁾
Airim Maria de Souza Duque Martins⁽³⁾
Aislan Francisco Leite Costa⁽⁴⁾
Renato Diniz Carvalho⁽⁵⁾

RESUMO

A Companhia Siderúrgica de Tubarão (CST) iniciou o funcionamento de seu Laminador de Tiras a Quente em setembro de 2002. A partir daí, a empresa estabeleceu um plano de desenvolvimento de especificações para segmentos definidos como estratégicos, dentre eles o de autopeças. Neste segmento, a CST iniciou em 2003 o desenvolvimento de aços para chassis, principalmente longarinas e travessas. Inicialmente, a CST desenvolveu os aços ao carbono, garantindo em relação à dimensão e forma, o estabelecido nas normas brasileiras. Como os objetivos foram atingidos com sucesso, partiu-se para o desenvolvimento de aços microligados de alta resistência baixa liga (limite de resistência acima de 450 MPa), de boa conformabilidade, com excelentes resultados nos clientes. Assim, através da utilização de composições químicas modernas e técnicas de tratamento termomecânico, este programa de desenvolvimento permitiu à CST oferecer ao mercado oito diferentes especificações em um período de dezoito meses, com excelentes resultados nos clientes. O desenvolvimento incluiu especificações das normas brasileiras NBR 6655 e NBR 6656, assim como aquelas específicas, definidas pelo cliente.

Palavras-chave: chassis, laminados a quente, aços microligados.

(1) *Contribuição Técnica ao 41º Seminário de Laminação – Processos e Produtos Laminados e Revestidos, 26 a 28 de outubro de 2004, Joinville-SC.*

(2) *Especialistas do Departamento de Metalurgia e Planejamento da Produção da Companhia Siderúrgica de Tubarão.*

(3) *Consultora da Companhia Siderúrgica de Tubarão.*

(4) *Especialista do Departamento de Laminação da Companhia Siderúrgica de Tubarão.*

(5) *Especialista do Departamento de Vendas da Companhia Siderúrgica de Tubarão.*

1. INTRODUÇÃO

O Chassi constitui o suporte de todos os órgãos principais dos veículos automotores. Basicamente, o chassi clássico consta de duas barras dispostas no sentido longitudinal, que são chamadas de longarinas, ligadas a um certo número de travessas, que são encaixadas ou soldadas [1].

Os aspectos mais importantes na seleção de aços para chassis são a boa relação entre resistência mecânica e ductilidade e a boa soldabilidade.

O desenvolvimento de aços para chassis torna-se atrativo devido ao fato de ter alto consumo anual, além desses aços possuírem alto valor agregado.

Especificamente no caso dos aços de alta resistência, seu grande atrativo é a possibilidade de redução de peso, o que leva a veículos de maior durabilidade, segurança, resistência ao impacto, além de reduzir a emissão de poluentes. Isso tem alavancado seu intenso desenvolvimento nos últimos vinte anos, com procedimentos e projetos de liga economicamente viáveis [1].

A partir disso, a CST decidiu iniciar o desenvolvimento de aços para chassis, principalmente longarinas e travessas.

O plano de desenvolvimento foi elaborado considerando duas premissas básicas: 1) Estabelecer ordem de desenvolvimento considerando as necessidades dos clientes; 2) Esta ordem seria em escala crescente de complexidade, elevando o grau de dificuldade somente após resultados bem sucedidos de processamento no cliente [2].

Assim, o desenvolvimento de aços para chassis ocorreu em duas etapas: em uma primeira etapa, desenvolveu-se aços de baixa e média resistência mecânica (limite de resistência menor que 450 MPa), todos sem elementos microligantes.

Em uma segunda etapa, iniciou-se o desenvolvimento dos aços de alta resistência mecânica, microligados ao nióbio e ao nióbio-titânio.

Assim, este trabalho apresenta o desenvolvimento de aços para a aplicação em chassis ocorrido na CST a partir da entrada em funcionamento do LTQ, através da utilização de composições químicas modernas e técnicas de tratamento termomecânico.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia estabelecida foi de desenvolver os aços em escala crescente de complexidade, considerando as demandas do mercado; elevando o grau de dificuldade somente após resultados bem sucedidos de processamento no cliente da especificação anterior.

A partir disso, o desenvolvimento em escala industrial no laminador de tiras a quente da CST de aços para chassis pode ser dividido em duas etapas.

Na primeira etapa, onde foram desenvolvidos aços ao carbono de baixa e média resistência mecânica, obteve-se os aços cujas composições químicas estão apresentadas na tabela 1.

Na segunda etapa, desenvolveu-se os aços microligados de alta resistência mecânica. Nesta etapa, foi possível ofertar ao mercado os aços cujas composições químicas estão na tabela 1.

O desenvolvimento de cada uma das especificações citadas na tabela 1 iniciou-se com a produção de 150 t, seguida de processamento no cliente e análise dos resultados obtidos.

A caracterização das bobinas produzidas foi realizada através de três ensaios de tração, longitudinal à direção de laminação, determinando-se os valores de limite de escoamento (LE), limite de resistência (LR) e alongamento (AL). Além disso, realizou-se três testes de dobramento a 180°, transversal à direção de laminação.

Tabela 1 – Composições químicas estabelecidas para os aços desenvolvidos para chassis (% em peso).

ETAPA	AÇO	%C	%Si	%Mn	%P	%S	%Al	% Nb	% Ti
1	CST EP MOD	0,03 a 0,08	0,10 máx.	0,15 a 0,45	0,025 máx.	0,015 máx.	0,020 a 0,060	-	-
	NBR 6656 LNE 23	0,08 a 0,12	0,10 máx.	0,30 a 0,60	0,025 máx.	0,015 máx.	0,020 a 0,060	-	-
	NBR 6655 LN 24	0,11a 0,15	0,10 máx.	0,65 a 0,95	0,025 máx.	0,015 máx.	0,020 a 0,060	-	-
	NBR 6656 LNE 26	0,11a 0,15	0,10 máx.	0,65 a 0,95	0,025 máx.	0,015 máx.	0,020 a 0,060	-	-
	NBR 6655 LN 28	0,14 a 0,19	0,10 máx.	0,80 a 1,10	0,025 máx.	0,015 máx.	0,020 a 0,060	-	-
2	NBR 6656 LNE 38	0,06 a 0,11	0,10 máx.	0,80 a 1,10	0,025 máx.	0,015 máx.	0,020 a 0,060	0,015 a 0,045	-
	CST LNE 400	0,10 a 0,15	0,10 máx.	0,90 a 1,20	0,025 máx.	0,015 máx.	0,020 a 0,60	0,035 a 0,065	-
	NBR 6656 LNE 50	0,07 a 0,012	0,10 máx.	1,10 a 1,50	0,025 máx.	0,015 máx.	0,020 a 0,60	0,035 a 0,065	0,025 a 0,055

Os projetos de liga estabelecidos na tabela 1 visaram o atendimento dos valores definidos para estas especificações, que se encontram na tabela 2.

Tabela 2 – Propriedades mecânicas exigidas para aços desenvolvidos para chassis.

ETA-PA	AÇO	LE (MPa)	LR (MPa)	ALONGAMENTO (%)	DOBRAMENTO (180 °)
1	CST EP MOD	230 mín.	470 máx.	29 (esp. ≤ 3 mm) 32 (esp. > 3 mm) mín.	-
	NBR 6656 LNE 23	230 mín.	330 a 470	30 mín.	chato
	NBR 6655 LN 24	240 mín.	360 a 510	2 < E * ≤ 3: 24 mín. (lo 50 mm)	0,5 x esp. (esp. ≤ 10 mm) 1,5 x esp. (esp. > 10 mm)
				3 < E ≤ 4: 27 mín. (lo 50 mm)	
				4 < E ≤ 5: 28 mín. (lo 50 mm)	
				5 < E ≤ 7: 22 mín. (lo 200 mm)	
				7 < E ≤ 9: 23 mín. (lo 200 mm)	
				9 < E ≤ 11: 24 mín. (lo 200 mm)	
				11 < E ≤ 13: 25 mín. (lo 200 mm)	
	13 < E ≤ 15: 26 mín. (lo 200 mm)				
NBR 6656 LNE 26	260 mín.	390 a 530	30 mín.	chato	
NBR 6655 LN 28	280 mín.	410 a 560	2 < E * ≤ 3: 23 mín. (lo 50 mm)	1 x esp. (esp. ≤ 10 mm) 2 x esp. (esp. > 10 mm)	
			3 < E ≤ 4: 25 mín. (lo 50 mm)		
			4 < E ≤ 5: 26 mín. (lo 50 mm)		
			5 < E ≤ 7: 20 mín. (lo 200 mm)		
			7 < E ≤ 9: 21 mín. (lo 200 mm)		
			9 < E ≤ 11: 22 mín. (lo 200 mm)		
			11 < E ≤ 13: 23 mín. (lo 200 mm)		
13 < E ≤ 15: 24 mín. (lo 200 mm)					

ETA-PA	AÇO	LE (MPa)	LR (MPa)	ALONGAMENTO (%)	DOBRAMENTO (180 °)
2	NBR 6656 LNE 38	380 a 530	460 a 600	23 mín.	chato
	CST LNE 400	400 a 620	520 a 640	23 mín.	chato
	NBR 6656 LNE 50	500 a 620	560 a 700	18 mín.	0,5 x esp.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo apresenta e discute os resultados obtidos nos ensaios de tração e dobramento, considerando os projetos de qualidade propostos para cada especificação.

Em relação ao ensaio de tração, as figuras 1 a 3 apresentam os resultados obtidos nos aços considerados neste trabalho, assim como os valores máximos e mínimos permitidos.

Para o alongamento do LN 24 e LN 28, devido à grande variação de valores definidos na norma em função da espessura, ver tabela 2, apresentou-se apenas uma faixa de espessura abaixo de 5,00 mm e uma acima, para cada uma dessas especificações.

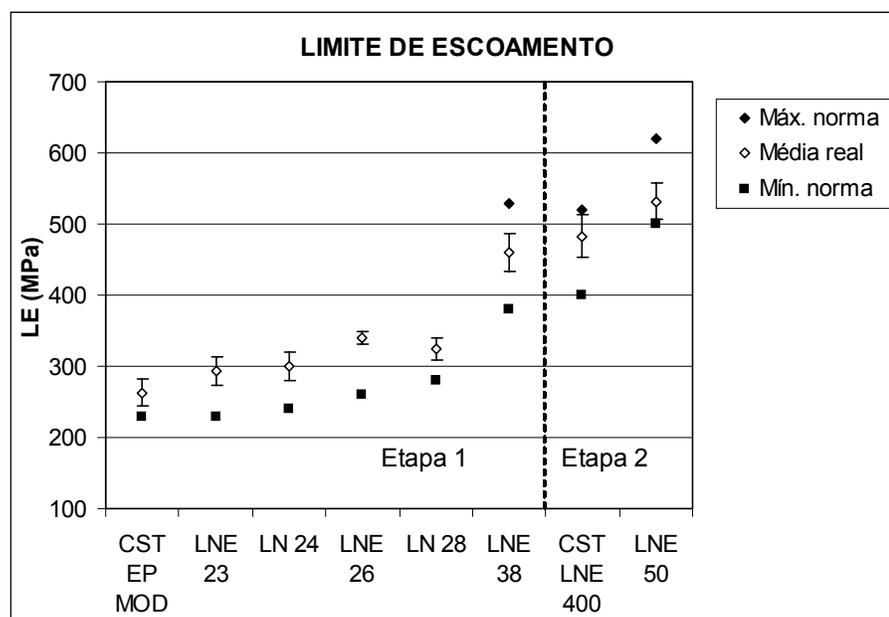


Figura 1 - Resultados de limite de escoamento (MPa) para os aços desenvolvidos.

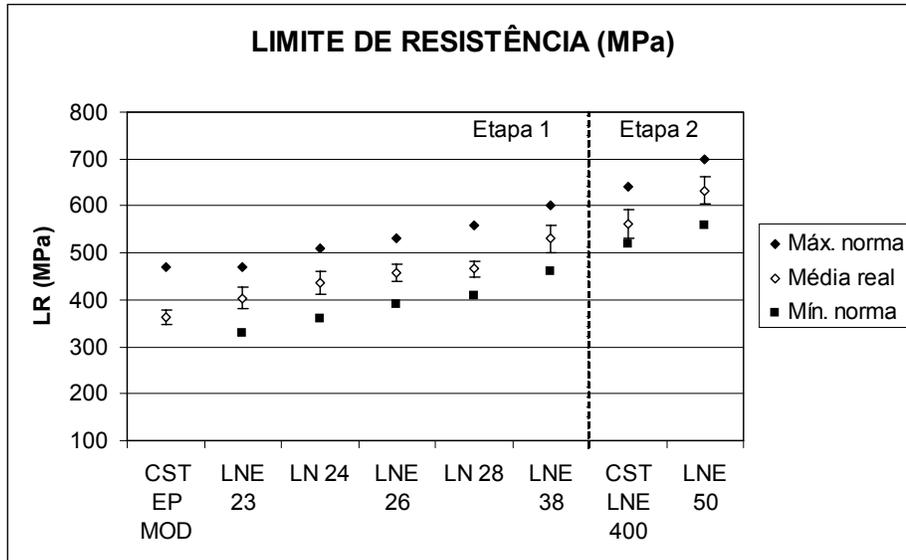


Figura 2 - Resultados de limite de resistência (MPa) para os aços desenvolvidos.

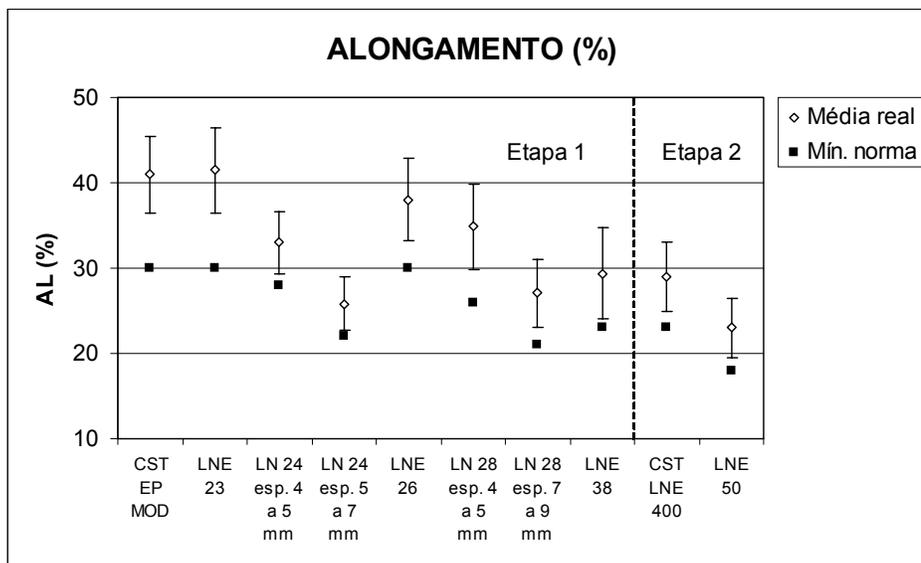


Figura 3 - Resultados de alongamento (%) para os aços desenvolvidos.

Observa-se nas figuras 1 a 3 que nos aços desenvolvidos, os resultados obtidos nos ensaios de tração encontram-se dentro das faixas definidas para essas especificações, com baixa variabilidade.

Quando se analisa os resultados partindo-se do CST EP MOD até o LNE 50, pode-se observar elevação dos valores médios de LE e LR, com redução de alongamento.

Isso já era esperado, considerando-se que nos aços da etapa 1, registra-se elevação da presença de carbono e manganês, que são elementos que causam endurecimento, principalmente, por solução sólida e por segunda fase [3-6].

Já em relação aos aços da etapa 2, observa-se, além da elevação do manganês, a presença de elementos microligantes, nióbio e titânio, que causam endurecimento, principalmente, por refino de grão ferrítico e precipitação [3-6].

Para o caso do ensaio de dobramento, todas as amostras foram aprovadas, o que mostra que os procedimentos empregados na aciaria viabilizaram boa sanidade interna, além de dar uma primeira indicação favorável quanto à conformabilidade dos aços.

O processamento nos clientes dos aços desenvolvidos apresentou altos níveis de aprovação considerando todos os parâmetros de qualidade críticos: superfície, forma, propriedades mecânicas, dimensão e soldabilidade.

4. CONCLUSÕES

A partir dos resultados experimentais obtidos, as seguintes conclusões podem ser apresentadas:

- Os projetos de qualidade propostos atenderam ao objetivo, visto que todos os requisitos definidos para cada especificação foram atendidos, assim como os resultados nos clientes foram satisfatórios, fornecendo ao mercado, em dezoito meses, oito diferentes especificações para chassis;

- A elevação dos valores de limite de escoamento e de limite de resistência, quando se compara os aços da etapa 1, do CST EP MOD ao LN 28, pode ser explicada pela adição de carbono e manganês, que são elementos tipicamente utilizados para elevação de resistência mecânica, por causarem endurecimento, principalmente, por solução sólida e por segunda fase;

- A elevação dos valores de limite de escoamento e de limite de resistência, quando se compara os aços da etapa 1 com os da etapa 2, pode ser explicada pela adição de manganês e de microligantes, nióbio e titânio. O manganês, principalmente, por causar endurecimento por solução sólida; já o nióbio e o titânio, por serem microligantes, causam endurecimento, principalmente, por refino de grão e precipitação.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1- TAKAHASHI, M. *Criteria of High Strength Steels for Applying to Automobile Frame Components*. In: MICHAEL KORCHYNSKY. *HSLA Steels: Technology and Applications*. *Proceedings of International Conference on HSLA Steels`83, 3-6 oct. 1983, Beijing, China, ASM International, 1984. p. 493-501.*

- 2- LAZZARI V.L., MARTINS C.A., et all, *CST Methodology for product development during HSM rating up*, Association *Technique de la Sidérurgie Française – ATS* (dez/2003 , Paris – França) e publicado no *Journées Sidérurgiques Intenationales – ATS 2003*.
- 3- DEARDO, A. J. et all. *Thermomechanical Processing of Microalloyed Steels: From The Hot Mill Through the Cold Mill*. Jamshedpur, India, *Asia International Conference – 2003*.
- 4- SILVA, C. R. R. MARTINS, C. A. et all. Desenvolvimento de Aço com Limite de Escoamento Superior a 600 MPa Destinado à Longarina. São Paulo, 2º Congresso Internacional de Tecnologia Metalúrgica e de Materiais, 1997.
- 5- MARTINS, C. A. et all. Estudo do Efeito de Elementos Microligantes nas Propriedades Mecânicas de Aços para Roda Automotiva. São Paulo, Congresso Internacional de Tecnologia Metalúrgica e de Materiais, 1994.
- 6- TAMURA, I., et all. *Thermomechanical Processing of High Strength Low Alloy Steels*. London, *Butterworths*, 1988.

“DEVELOPMENT OF STEELS FOR CHASSIS BY COMPANHIA SIDERÚRGICA DE TUBARÃO”⁽¹⁾

Charles de Abreu Martins⁽²⁾
Marco Antônio Barbosa Sena⁽²⁾
Ricardo Porto⁽²⁾
Vanessa Gomes Santana⁽²⁾
Airim Maria de Souza Duque Martins⁽³⁾
Aislan Francisco Leite Costa⁽⁴⁾
Renato Diniz Carvalho⁽⁵⁾

ABSTRACT

Companhia Siderúrgica de Tubarão (CST) started up its Hot Strip Mill on September 2002. From that on, CST defined a development plan for strategic segments, such as auto parts. So, on January 2003, CST started to develop chassis component steels. In a first step, CST developed C-Mn steels. As good results were reached, CST started to develop high strength low alloy steels with tensile strength higher than 450 MPa and good formability. So, using modern chemical compositions and thermomechanical processing, CST's development program allowed it to supply eight specifications developed in eighteen months. This development concerned about specifications of Brazilian standards and from customers.

Key words: chassis components, hot rolled steels, microalloyed steels.

(1) Technical report to 41^o Rolling Seminar – Processes, Rolled and Coated Products, 26 - 28 of October, 2004, Joinville-SC.

(2) Specialist, Metallurgy Department of Companhia Siderúrgica de Tubarão.

(3) Consulter, Companhia Siderúrgica de Tubarão.

(4) Specialist, Rolling Department of Companhia Siderúrgica de Tubarão.

(5) Specialist, Sells Department of Companhia Siderúrgica de Tubarão.