

LAMINAÇÃO DE CHAPAS GROSSAS DA CLASSE NV40 ¹

Antonio Augusto Gorni ²
Flávio Viana de Freitas ³
José Herbert Dolabela da Silveira ⁴
Maurício Martins Pereira ⁵
Rodney Pardo Alves ⁶

Resumo

O atendimento ao mercado naval através do fornecimento de aço sempre foi um grande desafio. A evolução tecnológica deste segmento de mercado vem exigindo aços cada vez mais leves e resistentes que minimizam os custos relacionados à exploração e o transporte de petróleo, gás natural, etc. A Cosipa apresenta ao longo de sua história, o perfil de fornecedora de aços para a construção naval, mas o desafio sempre mostrou presente. Recentemente, fez-se necessário a renovação da frota brasileira de transporte marítimo através da construção de navios e plataformas para exploração de petróleo. Este cenário gerou reflexos diretos na fabricação de chapas grossas na Cosipa. Este trabalho tem como objetivo apresentar o processo de fabricação e as características de chapas grossas destinadas às indústrias navais, enfocando o recente desenvolvimento de chapas do grau 40. Este desenvolvimento consistiu em capacitar a Cosipa a fornecer chapas grossas dos graus A40, D40 e E40 nas espessuras de 6,00 a 50,80 mm, fabricadas através do processo laminação controlada e do tratamento térmico de normalização. O desenvolvimento foi credenciado pela DNV e a Cosipa passou a fornecer este material que apresenta um ótimo desempenho durante o processo de fabricação e vem atendendo perfeitamente as expectativas na aplicação final.

Palavras-chave: Chapas grossas; Processo termomecânico; Plataformas marítimas.

¹ Trabalho a ser apresentado ao 42º Seminário de Laminação – Processos e Produtos Laminados e Revestidos da ABM, Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, Santos, SP, 25 a 28 de outubro de 2005.

² Membro da ABM. Engenheiro de Materiais, M. Eng., D. Eng., Analista de Processos da Gerência de Suporte Técnico da Laminação a Quente, Companhia Siderúrgica Paulista - COSIPA, Cubatão SP.

³ Membro da ABM. Engenheiro Metalurgista, MBA, Analista de Processos da Gerência de Suporte Técnico da Laminação a Quente, Companhia Siderúrgica Paulista - COSIPA, Cubatão SP.

⁴ Membro da ABM. Engenheiro Metalurgista, MBA, M. Eng., Gerente de Suporte Técnico da Laminação a Quente, Companhia Siderúrgica Paulista - COSIPA, Cubatão SP.

⁵ Membro da ABM. Engenheiro Metalurgista, Analista de Processos da Gerência de Suporte Técnico da Laminação a Quente, Companhia Siderúrgica Paulista - COSIPA, Cubatão SP.

⁶ Membro da ABM. Engenheiro Metalurgista, Analista de Processos da Gerência de Suporte Técnico da Laminação a Quente, Companhia Siderúrgica Paulista - COSIPA, Cubatão SP.

DESENVOLVIMENTO E PRODUÇÃO

Para o fornecimento de chapas grossas de grau 40 se fez necessário desenvolvê-lo na Cosipa, tendo em vista que até o momento, este grau de resistência não era produzido no Brasil. O mercado exigia rapidez no fornecimento e, portanto baseou-se nos resultados obtidos em chapas grossas de grau 36, para agilizar o desenvolvimento. Diante disso, definiram-se o TMCP (laminação controlada) e o tratamento térmico de normalização como os processos a serem utilizados. A Tabela 1 apresenta o credenciamento da Cosipa para o fornecimento de aços para a indústria naval.

Tabela 1. Quadro de graus navais fornecidos pela Cosipa. Sendo AR – as rolled,

Norma		Entidades Credenciadoras							Condições de fornecimento
LR (kgf/mm ²)	Grau	ABS	BV	GL	KR	LR	NK	NV	
32, 36	A, D	O	O	O	O	O	O	O	AR, TMCP, N
	E	O	O	O	O	O	O	O	TMCP ou N
40	A, D							O	TMCP
	E							O	TMCP+N

TMCP – thermo mechanical process e N – normalizing

No desenvolvimento do grau 40, foram utilizadas duas novas ligas de aço, uma para cada condição, TMCP e normalizado, processadas em forno panela e com tratamento de dessulfuração e controle de forma de inclusões. Foram produzidas duas corridas de cada liga e laminadas em chapas de 25,40 e 50,80mm. Realizaram-se os ensaios de tração, estrição Z, impacto, soldabilidade e análise metalográfica.

Após o desenvolvimento iniciou a produção em grande escala permitindo o atendimento do mercado. O grande desafio no início da produção foi aperfeiçoar o processo, viabilizando a produção de chapas de 6,00 a 50,80mm. Este mercado tem a característica de exigir chapas com uma grande variação dimensional além de um número exato de peças (chapas de mesmas características). Outro fator significativo, é que para algumas combinações de dimensão e grau de resistência o volume a produzir é muito pequeno, exigindo um elevado controle operacional.

No processo de reaquecimento de placas foram determinados temperaturas e tempo de permanência, superiores aos normalmente usados na produção de chapas grossas comuns, ou seja, específicos para esta qualidade. Isso se justifica por se tratar de ligas contendo nióbio, vanádio e titânio e de requisitos de resistência mecânica significativos. Na laminação foram definidas escalas de passes de redução para cada combinação de espessura e largura. Esta padronização consistiu na modificação do processo de laminação controlada anteriormente utilizado que se tornou inviável para a produção do NV40, devido à grande diversificação dimensional das chapas.

O processo de laminação controlada consiste de três estágios conforme esquematizado na Figura 1. O primeiro estágio é conhecido como esboçamento e consiste de altas taxas de redução, permitida pela elevada temperatura do material. O segundo estágio é denominado período de espera e consiste em deixar o esboço resfriando sobre as mesas de rolos por um tempo até que seja alcançada a temperatura ideal para reiniciar o processo de laminação. Neste segundo estágio não ocorre redução. O terceiro estágio consiste na laminação de acabamento do esboço que se encontra em temperatura mais baixa e com isso a taxa de redução por passe se torna reduzida.

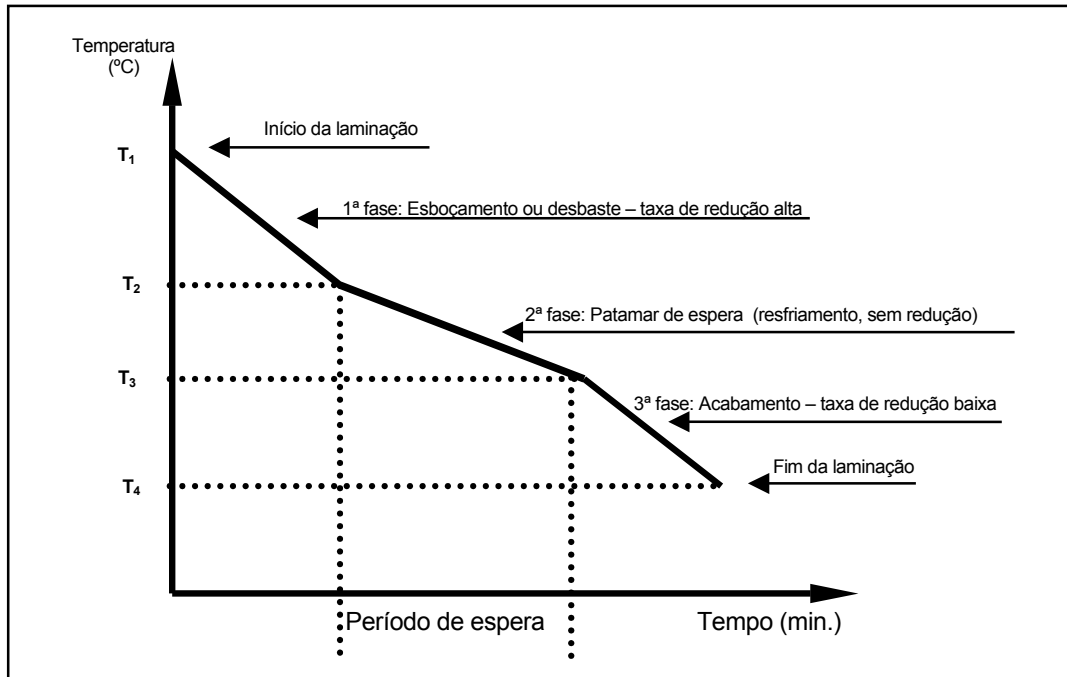


Figura 1. Processo esquemático de laminação controlada

Durante o período de espera de um determinado esboço, outras placas são esboçadas, este processo é conhecido como “tandem” e proporciona uma maior produtividade.

Anteriormente, a espessura do esboço após a primeira etapa de laminação era definida em função da espessura final da chapa com isso, na maioria das vezes haviam esboços de diversas espessuras aguardando a retomada da laminação. Esta situação dificultava o acerto de espessura e das temperaturas de laminação que poderiam comprometer a qualidade do produto. Foi proposta então a mudança da espessura do patamar, fixando-a para uma determinada faixa de espessura de produto. Com isso, obteve-se uma menor variação da espessura de patamar facilitando o controle operacional do processo de laminação. A Figura 2, mostra de forma esquemática a alteração feita na relação entre espessura de espera e espessura do produto.

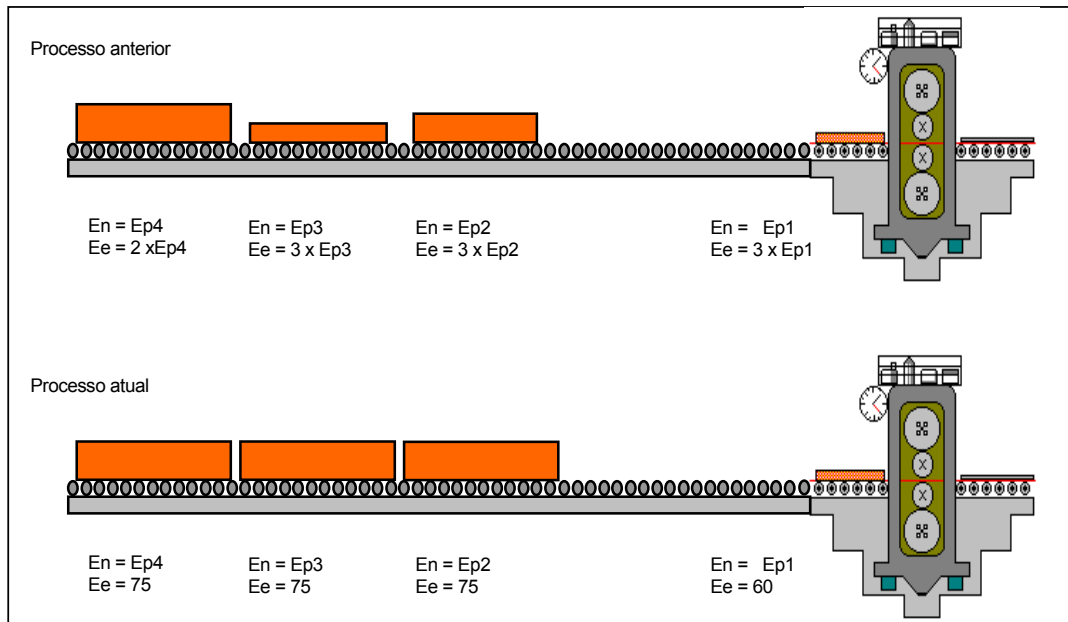


Figura 2. Processo esquemático de laminação em “tandem” com quatro placas.

Após definida a espessura de espera padrão para faixas de espessura de produto, foi possível padronizar toda a etapa de laminação de acabamento, definindo a quantidade de passes e as taxas de redução por passe. Esta padronização possibilitou um melhor controle da evolução da temperatura de laminação e das reduções por passe gerando produtos de melhor qualidade.

Os graus com exigência de resistência mecânica no eixo Z (estricção Z) e o grau E40, foram submetidos ao tratamento térmico de normalização, pois este processo mostrou ser uma maneira mais eficaz de se obter as propriedades mecânicas, particularmente em espessuras acima de 25,40 mm.

RESULTADOS

A Cosipa produziu aproximadamente 41 mil toneladas de chapas da qualidade NV40 desde a conclusão do desenvolvimento até o mês de maio de 2005. O gráfico da Figura 3, apresenta a produção mensal do NV40.

As dimensões das chapas foram:

Espessura: 6,00 a 50,80 mm

Largura: 1.200 a 3.250 mm

Comprimento: 5.000 a 14.000 mm.

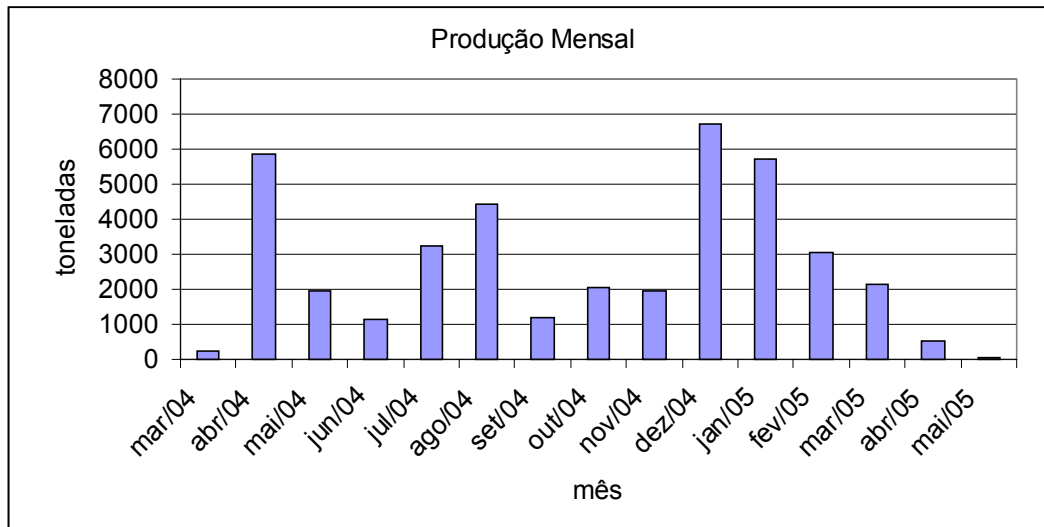


Figura 3. Produção mensal do NV40

A maior quantidade produzida foi nos graus A40 e D40, através do processo de laminação controlada (TMCP) que representou 84,60% do total. Os demais 15,4% estão distribuídos entre o grau E40 e os com requisitos de estrição Z que foram produzidos através do tratamento térmico de normalização.

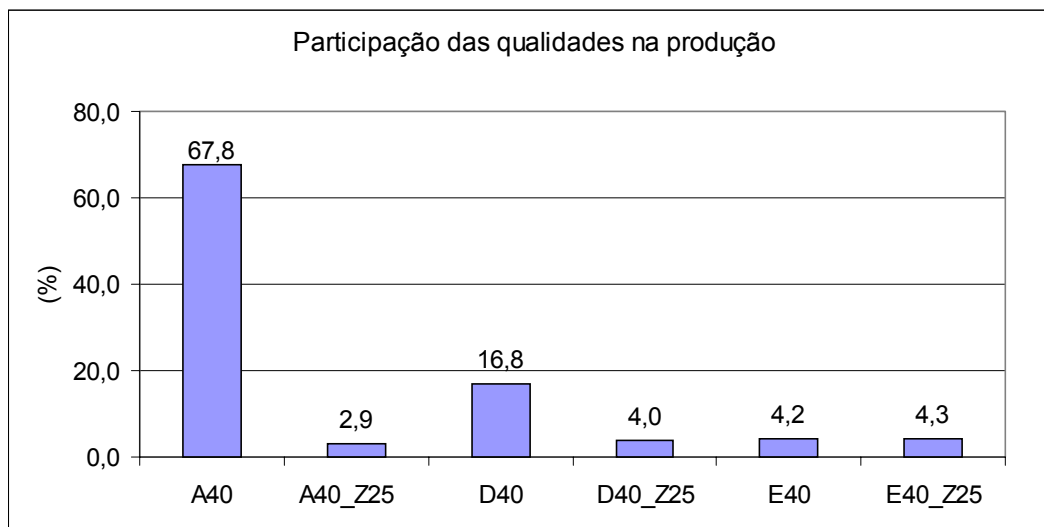


Figura 4. Percentual de participação dos graus de resistência na produção global do NV40.

Outro fator importante é a relação entre o peso teórico, que é calculado em função das dimensões da chapa, densidade do aço e o peso obtido na balança após a produção da chapa. Esta relação deve ser controlada e reflete a variação dimensional da chapa dentro das tolerâncias permitidas. No caso das chapas produzidas de NV40, esta relação variou em torno de 2% e a média foi de 1,88%. O gráfico da Figura 5 apresenta a relação entre os pesos obtidos ao decorrer da produção, e o gráfico da Figura 6, a variação da espessura obtida em relação à espessura nominal da chapa.

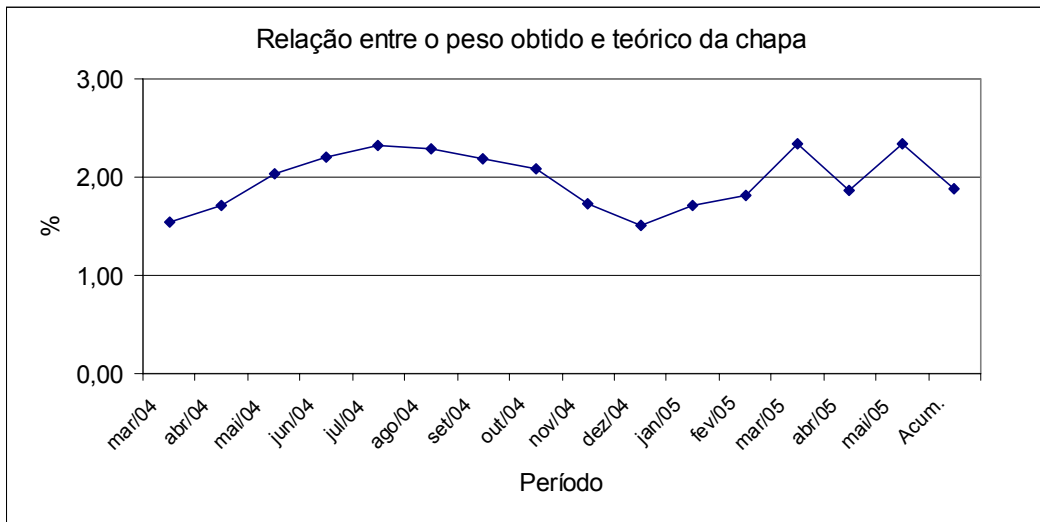


Figura 5. Relação entre o peso obtido e o peso teórico das chapas de NV40.

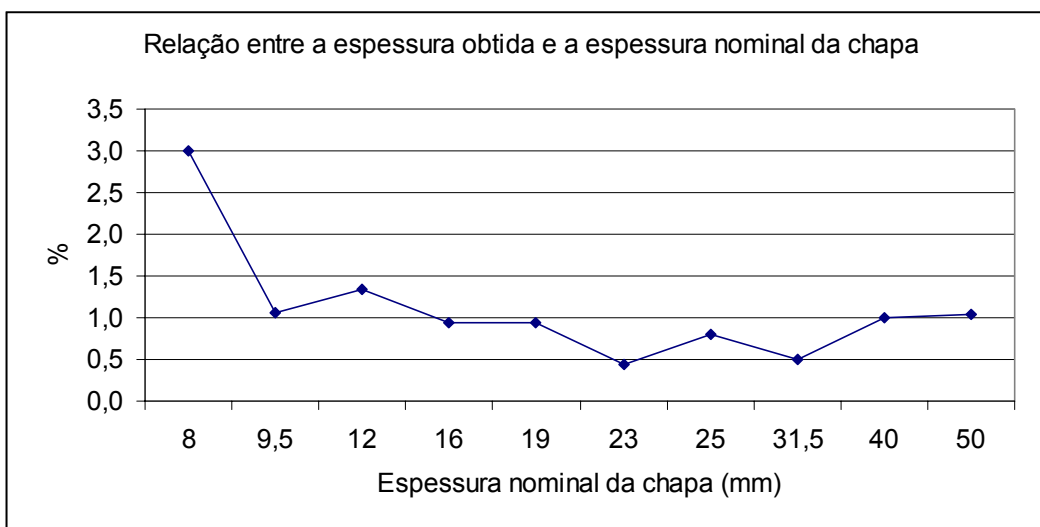


Figura 6. Variação percentual da espessura em relação à espessura nominal.

Os resultados dos testes mecânicos atenderam a especificação. A média do limite de escoamento variou entre 435 e 538 MPa, satisfatório quando comparado ao valor mínimo esperado de 390 MPa e a média do limite de resistência ficou entre 529 e 562 MPa também satisfatório se comparado com a faixa de 510 e 650 MPa da especificação. A resistência mecânica do material produzido através da laminação controlada variou inversamente com a espessura do produto. Este resultado era esperado em virtude da laminação de produtos mais finos ocorrerem em temperaturas mais baixas.

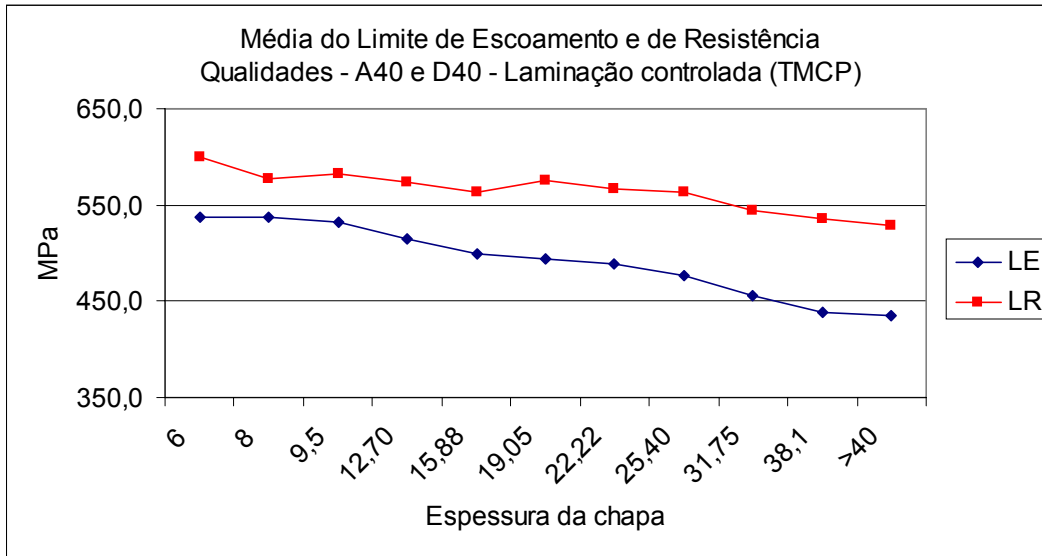


Figura 7. Variação da média dos limites de escoamento e resistência com a espessura das chapas dos graus A40 e D40.

Os resultados do ensaio de tração para o grau E, e os com requisitos de estricção Z, foram mais constantes em virtude dos mesmos serem produzidos através do tratamento térmico de normalização.

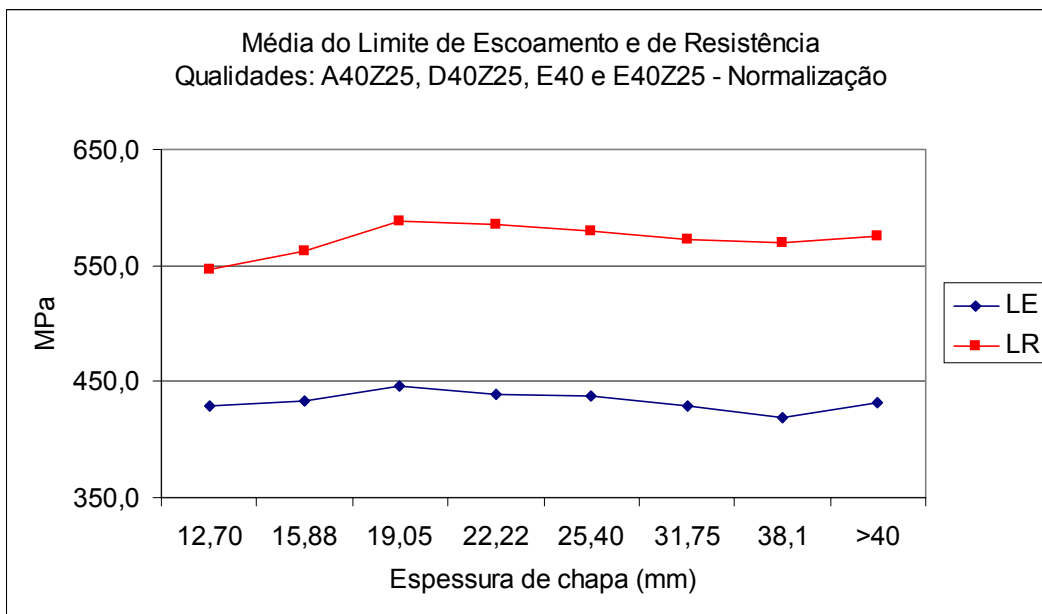


Figura 8. Variação da média dos limites de escoamento e resistência com a espessura das chapas dos graus A40Z25, D40Z25, E40 e E40Z25.

No teste de impacto, todos os resultados médios obtidos foram superiores a 100 joules, muito superiores aos 41 joules da especificação. Destacando os resultados para as espessuras de 12,70 e 40,00 mm realizados a -20°C que foram superiores a 240 joules.

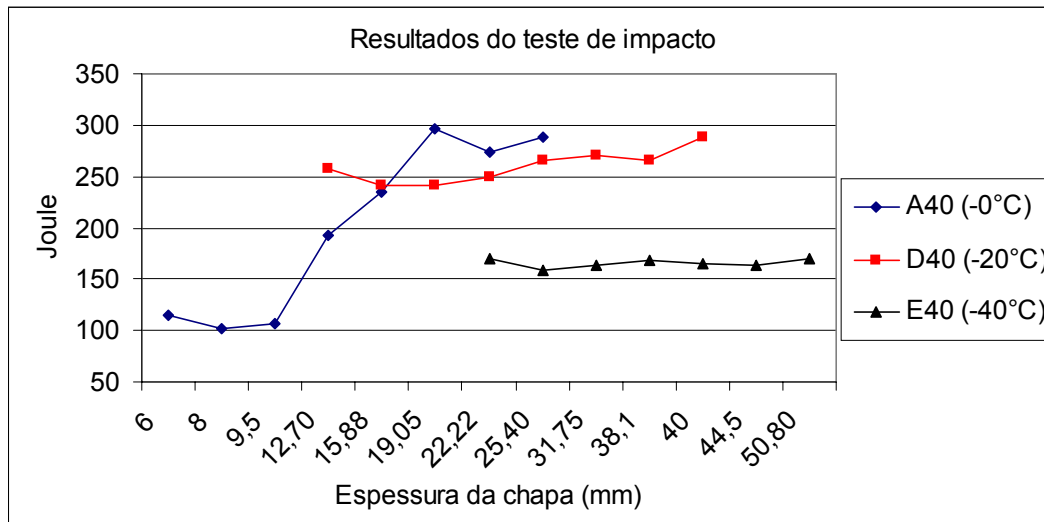


Figura 9. Variação dos resultados médios do teste de impacto com a espessura da chapa.

CONCLUSÕES

As modificações do processo da laminação controlada proporcionaram ganhos significativos no acerto dimensional e com isso uma relação satisfatória entre o peso calculado e peso real da chapa.

A criação dos esquemas de passes de referência para o operador permitiu um melhor controle operacional e uma padronização do processo, gerando como resultado chapas com propriedades mecânicas mais homogêneas.

Esta padronização do processo servirá de base para uma futura automação do processo de laminação.

O desenvolvimento da produção do NV40 e os resultados relacionados à qualidade das chapas, consolidam a posição da Cosipa como fornecedor de chapas para a indústria naval.

HOT ROLLING PROCESS OF NV40 STEEL PLATES ¹

Antonio Augusto Gorni ²
Flávio Viana de Freitas ³
José Herbert Dolabela da Silveira ⁴
Maurício Martins Pereira ⁵
Rodney Pardo Alves ⁶

Abstract

The market of shipbuilding plates always was a very challenging one. The strong technological evolution of this market segment is requiring plates more and more lighter and stronger in order to minimize the costs associated with oil and natural gas exploration and transportation. Cosipa steelworks always was a traditional supplier of flat products for the shipbuilding market, but as well has to keep overcoming challenges to maintain this position. Recently the renovation of the merchant ship fleet and construction of new offshore platforms was launched, imposing new performance requirements on plate steel. This work shows the new rolling processes and the mechanical and dimensional features of Cosipa plates for shipbuilding, with emphasis on the recent development of the NV40 grade. This product development enabled Cosipa to supply A40, D40 and E40 grades produced through thermo mechanical and normalizing treatment, with thickness from 6.0 to 50.80 mm. This product, which is routinely processed without problems at the plate mill, was qualified by D.N.V., enabling Cosipa to supply it.

Key words: Heavy plates; Thermo mechanical process; Normalizing treatment.

¹ Paper to be presented in the 42nd Rolling Seminar – Processes, Rolled and Coated Products, ABM Seminar, Brazilian Metallurgy and Materials Association, Santos, Brazil, October 25 to 28, 2005.

² ABM Member. Materials Engineer, M. Eng., D. Eng., Process Analyst, Hot Rolling Technical Support Section, Companhia Siderúrgica Paulista - COSIPA, Cubatão SP.

³ ABM Member. Metallurgical Engineer, MBA, Process Analyst, Hot Rolling Technical Support Section, Companhia Siderúrgica Paulista - COSIPA, Cubatão SP.

⁴ ABM Member, Metallurgical Engineer, MBA, M. Eng., Manager of the Hot Rolling Technical Support, Companhia Siderúrgica Paulista - COSIPA, Cubatão SP.

⁵ ABM Member. Metallurgical Engineer, Process Analyst, Hot Rolling Technical Support Section, Companhia Siderúrgica Paulista - COSIPA, Cubatão SP.

⁶ ABM Member. Metallurgical Engineer, Process Analyst, Hot Rolling Technical Support Section, Companhia Siderúrgica Paulista - COSIPA, Cubatão SP.