

## Materiais

# Um panorama do desenvolvimento recente de chapas grossas e suas aplicações

As propriedades mecânicas peculiares do aço explicam sua ascensão ao posto de principal material de engenharia usado nas grandes estruturas do mundo moderno. Contudo, a vertiginosa evolução tecnológica que ele mesmo tornou viável levou ao desenvolvimento de novos materiais e processos que logo se revelaram formidáveis candidatos ao seu posto. O aumento da competitividade das chapas grossas de aço passa não somente pelo desenvolvimento de produtos propriamente ditos, como também por melhorias em todo o seu ciclo de vida. Ou seja: redução dos custos de fabricação, desenvolvimento de processos de manufatura e projetos de aplicações que tirem pleno proveito de características específicas do material, dentre as quais está a total reciclabilidade, fator que tende a assumir importância crescente no futuro.

A .A. Gorni, J. H. D. Silveira e J. S. S. Reis

Os enormes desenvolvimentos na área de ciência e engenharia de materiais ao longo das últimas décadas colocaram em xeque o virtual monopólio que o aço tinha como material de engenharia em inúmeras aplicações. Portanto, é fundamental para a sobrevivência das siderúrgicas que elas se coloquem no lugar de seus clientes, identificando e entendendo seus problemas de forma a garantir sua competitividade.

Os custos do processamento no cliente têm de ser reduzidos ao máximo. Um aspecto de capital importância para as indústrias de base é a soldabilidade das chapas, processo que pode responder por

60% dos custos de fabricação de uma estrutura. Logo, sua resistência mecânica tem de depender cada vez menos de seu teor de carbono equivalente <sup>(1)</sup>.

A diminuição das variações de composição química e propriedades no produto entre um lote e outro também reduz a frequência de ajuste dos equipamentos de transformação, agilizando a operação do cliente. Chapas com melhor qualidade superficial ou pré-pintadas reduzem o número de etapas de processamento no cliente e os custos a ele associados.

Melhores níveis de planicidade evitam a necessidade de desempenho,

processo que pode custar até 60 dólares por tonelada. Os requisitos atuais vão de 12 a 23 mm/m no caso de produtos normais e 2 a 12 mm/m no caso de produtos especiais. Além disso, eles permitem o uso de processos de corte que reduzem a largura da zona termicamente afetada das bordas, como os que usam plasma ou *laser*, aumentando o rendimento metálico. Note-se que o corte a *laser* só é possível de forma consistente em chapas com flecha máxima de 3 a 5 mm/m. Além disso, esses processos minimizam a distorção após corte ou soldagem, reduzindo a aplicação de processos de desempenho que podem custar até 100 dólares por

Antonio Augusto Gorni (gorni@cosipa.com.br) é engenheiro de materiais, analista de processos da gerência de suporte técnico da laminação a quente da Companhia Siderúrgica Paulista (Cosipa), em Cubatão (SP) e editor técnico da revista *Corte e Conformação de Metais*; José Herbert Dolabela da Silveira (herbert@cosipa.com.br) é engenheiro metalurgista, gerente de suporte técnico da laminação a quente da Cosipa e Jackson Soares de Souza Reis (jackson@cosipa.com.br) é engenheiro metalurgista, superintendente da laminação a frio da Cosipa. Reprodução autorizada pelos autores.

hora e representar de 25 a 30% do custo associado à mão-de-obra na construção de um navio<sup>(2)</sup>.

A melhor precisão dimensional das chapas grossas também contribui para tornar viável a aplicação de novas tecnologias de corte e soldagem, além de permitir a redução de peso das estruturas construídas com elas. Isto também é importante para as siderúrgicas, pois cada vez mais as condições de venda são estabelecidas em função do número de peças, e não de seu peso<sup>(2)</sup>.

A questão da reciclabilidade dos materiais está assumindo importância cada vez maior, especialmente na Europa e Japão. A legislação europeia impõe que 85% dos bens de consumo duráveis sucataados sejam reciclados por seus fabricantes, percentual que se elevará para 95% em 2015. Este é um aspecto bastante favorável para o aço, que é um mate-

rial totalmente reciclável. O alumínio também pode ser refundido, mas sua sucata dá origem a ligas de qualidade inferior; já a reatividade do magnésio é um sério problema para seu reaproveitamento. A reciclabilidade dos plásticos em muitos casos é

problemática, principalmente quando são reforçados com fibras. Ironicamente, uma das maneiras de viabilizar sua reciclagem depende da boa vontade de seus competidores, pois consiste em triturá-los e injetá-los em altos-fornos, onde podem ser decompostos de forma segura<sup>(3)</sup>.

### Tubos de grande diâmetro

Diversos tipos de fluidos são transportados em tubos de grande diâmetro – água, inclusive potável; efluentes domésticos ou industriais; petróleo e seus derivados; gás natural e GLP; e minérios ou carvão, estes geralmente na forma de uma suspensão aquosa. As propriedades requeridas pelos tubos variam muito, dependendo das características específicas da aplicação: diâmetro do tubo, características do fluido a ser transportado (por exemplo, pH e abrasividade), condições de

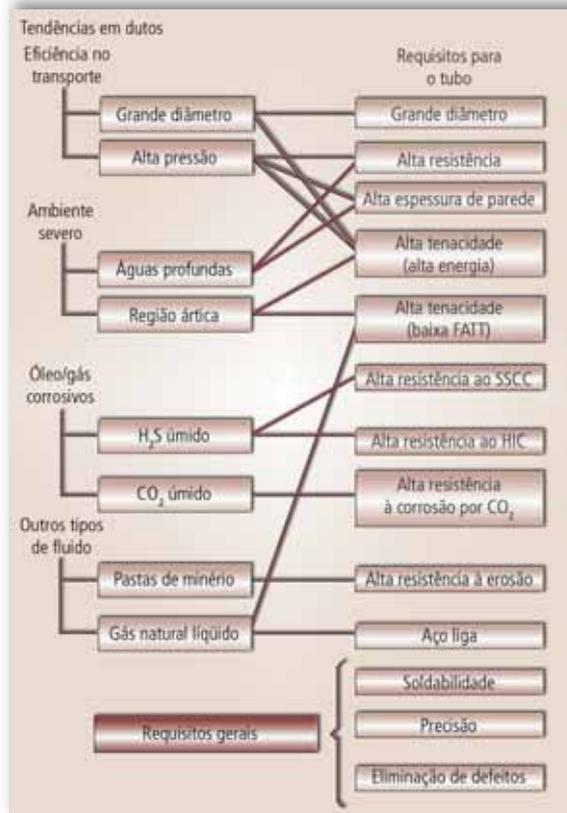


Fig. 1 – Correlação entre as tendências para dutos e os requisitos correspondentes para tubos<sup>(4)</sup>

## OXICORTE COM QUALIDADE

Materiais recebidos diretamente das usinas (Usiminas, Açominas e Cosipa) nas espessuras de até 450 mm com as mais variadas qualidades. Sistema de corte automatizado Autocad/CNC e Fotocélula. Serviços de corte de chapa a frio, dobras, endireitamento e conjuntos soldados.



■ OXICORTE ■ USINAGEM ■ DOBRA ■ PINTURA ■ SOLDA



ACMW Ind. e Com. Ltda.

Tel.: 11 6165-8188 - Fax: 11 6915-8647

E-mail: [acmw@acmw.com.br](mailto:acmw@acmw.com.br) - [www.acmw.com.br](http://www.acmw.com.br)

## Materiais

transporte (por exemplo, pressão e temperatura), meio ambiente ao qual o tubo estará exposto, custos de instalação e operação, facilidade de reparo, etc. A figura 1 (pág. 79) mostra uma correlação entre as tendências quanto ao uso e aos requisitos para os dutos e os correspondentes para os tubos<sup>(4)</sup>.

As linhas de desenvolvimento para novos produtos nesta área já são bem conhecidas no caso do aço. A busca por menores custos de instalação e reparo requer o menor peso possível para os tubos. Isso impõe a redução de sua espessura, ou seja, níveis cada vez maiores de resistência mecânica. Mas o aumento de resistência mecânica tem de ser conseguido com mínimos valores de carbono equivalente, mantendo-se a alta soldabilidade do material, fator primordial para a redução desses mesmos custos. Também a tenacidade não pode ser afetada, pois os atuais dutos são soldados; uma trinca, uma vez iniciada, pode se propagar facilmente ao longo de grandes extensões, produzindo enormes danos, inclusive

ecológicos. A redução dos custos operacionais requer aumento do diâmetro dos tubos e aumento da pressão de operação, fato que requer incremento da relação diâmetro:espessura, o que também aumenta as solicitações mecânicas decorrentes<sup>(4)</sup>.

A resistência à corrosão é outro aspecto muito importante para o material a ser usado na fabricação dos tubos. Em muitos casos é necessária a proteção contra oxidação na superfície exterior, seja pela aplicação de um revestimento ou de proteção catódica. Além disso, as jazidas de petróleo exploradas a partir da década de 1950 apresentam altos teores de  $H_2S$ . Este gás forma uma solução aquosa com o  $CO_2$ , o chamado gás azedo (*sour gas*), que é extremamente corrosiva. A ação dessa substância faz com que a superfície interna do tubo trinque mesmo sem estar submetida a tensões externas. Essa é a chamada fragilização induzida por

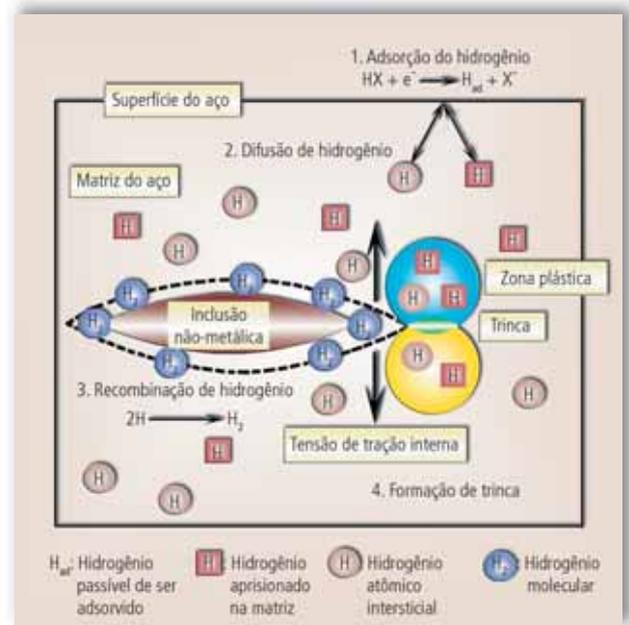


Fig. 2 – Esquema da formação de trincas induzidas pela presença de hidrogênio<sup>(5)</sup>

hidrogênio (*HIC, hydrogen induced cracking*), cujo esquema de atuação está mostrado na figura 2: o ataque do ácido sulfídrico na superfície do tubo gera hidrogênio atômico, o qual é adsorvido pelo aço e se difunde até atingir pontos específicos da microestrutura, geralmente pontas de inclusões alongadas, tais como sulfetos. Nesses pontos os átomos de hidrogênio se recombina-

# Autonics

mando hidrogênio molecular, o qual não mais se difunde pelo aço. Dessa forma ocorre acúmulo do gás nesses pontos; quando sua pressão supera o limite de resistência do aço ocorre a formação de trincas que podem enfraquecer a parede do tubo e provocar seu rompimento<sup>(5)</sup>.

A fragilização induzida pelo hidrogênio pode ser combatida pela purificação prévia ou adição de inibidores do óleo ou gás a serem transportados, mas estas soluções aumentam o custo operacional do duto. O ideal é usar tubos de aço capazes de suportar tais condições. Entre as medidas necessárias para tanto está a redução da presença de sulfetos na microestrutura do material, bem como a globulização das inclusões remanescentes por meio de técnicas de metalurgia de panela. A redução da segregação central formada durante o lingotamento contínuo das placas é fundamental. Sob esse aspecto, a redução dos teores de C, Mn e P da

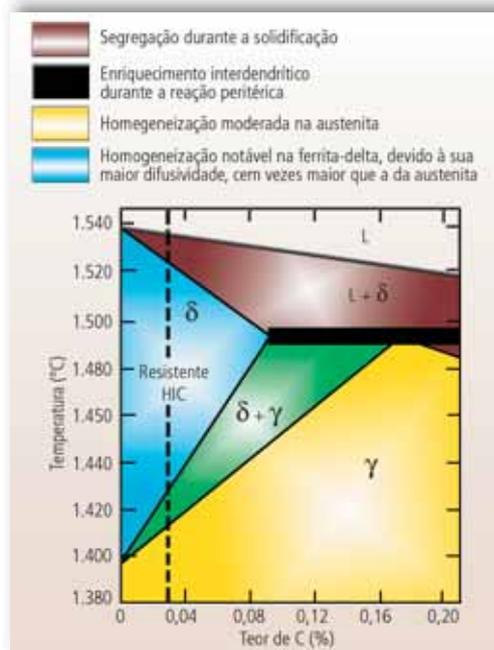


Fig. 3 – Aços com teores de carbono que propiciam o aparecimento de ferrita delta durante a solidificação, a partir do aço líquido, apresentam maior grau de homogeneização da segregação durante a solidificação, contribuindo para a obtenção de chapas grossas com maior grau de resistência à fragilização induzida pelo hidrogênio<sup>(5)</sup>.

liga é bem-vinda, bem como o uso de solidificação peritética para aproveitar a homogeneização mais rápida que ocorre na ferrita delta, conforme mostrado na figura 3. Outra contramedida bastante eficaz consiste na produção das placas em máquina de lingotamento contínuo dotada

de rolos segmentados com curta distância entre eles e de recursos de *soft reduction*, com aplicação de redução de 1 mm por metro no final da solidificação<sup>(5)</sup>.

No caso de água potável, os tubos podem ser feitos de aço, plástico (polietileno, polipropileno, PVC e PVC reforçado) e ferro fundido nodular; para esgoto e água bruta pode-se também incluir concreto reforçado e cerâmica vitrificada. No caso de produtos mais perigosos, como o petróleo e seus derivados líquidos, aço e ferro fundido nodular são os mais indicados; para gases, incluindo derivados do petróleo, é recomendado o uso de aço e polietileno<sup>(6)</sup>.

Até trinta anos atrás, a laminação a quente de chapas grossas era exclusivamente usada para se dar forma ao material. Os aços usados eram simples, ao C-Mn. Os requisitos de propriedades mecânicas eram atendidos com a adição de elementos de liga e/ou aplicação de tratamento térmico posterior. Por



## NA AÇOTUBO VOCÊ GANHA SEMPRE!

POSSUÍMOS UMA EXTENSA LINHA DE PRODUTOS EM: AÇOS TREFILADOS, FORJADOS E LAMINADOS. TUBOS MECÂNICOS, CONDUTORES E ESTRUTURAIS COM OU SEM COSTURA. ALÉM DE MAIS DE 30 TIPOS DE SERVIÇOS CORRELATOS.

FORNECEMOS EM QUALQUER QUANTIDADE!

PRODUTOS:



Associação Brasileira de Aço

TecnárioCorSib

SISTEMA

SP - 11 6413-2000  
MG - 31 3029-9200  
PR - 41 2109-6150

RJ - 21 2197-7600  
RS - 51 2126-9400  
www.acotubo.com.br

**AÇOTUBO**<sup>®</sup>  
TUBOS E AÇOS



# Notip

## Materiais

exemplo, chapas grossas para tubos de grande diâmetro conforme a norma API X-56 eram feitas a partir de aço com 0,20% de C microligados ao V e submetidas à normalização após a laminação a quente, conforme mostrado na figura 4<sup>(7)</sup>. Os mecanismos de endurecimento atuantes neste caso são os proporcionados pelo refino de tamanho de grão e solução sólida.

A crise do petróleo ocorrida entre 1975 e 1985 promoveu a exploração de jazidas localizadas em regiões muito frias, na Sibéria e Alasca. Isso elevou as exigências em termos de tenacidade e soldabilidade do material. O transporte de tubos até regiões remotas também exigiu a redução de seu peso para que diminuíssem os investimentos necessários para sua construção, o que significou um aumento de sua resistência mecânica. Essas necessidades levaram ao surgimento de um novo conceito de liga, os aços de alta resistência e baixa liga (ARBL), microligados ao Nb, Ti e/ou V. Este novo tipo de material apresenta as características mecânicas desejadas já no estado “como laminado”, desde que seja submetido ao chamado processo de laminação controlada, em que o esboço é laminado em duas etapas: esboçamento a alta temperatura (com recristalização plena da austenita entre passes) e acabamento a baixa temperatura (com nenhuma recristalização da austenita entre passes), conforme mostrado na figura 5 (pág. 83). Geralmente há uma etapa intermediária de espera, onde não há aplicação de deformação na faixa de temperaturas em que a recristalização entre passes da austenita é incipiente, o que degradaria a tenacidade do material<sup>(8)</sup>.

A presença dos elementos microligantes somada ao tratamento

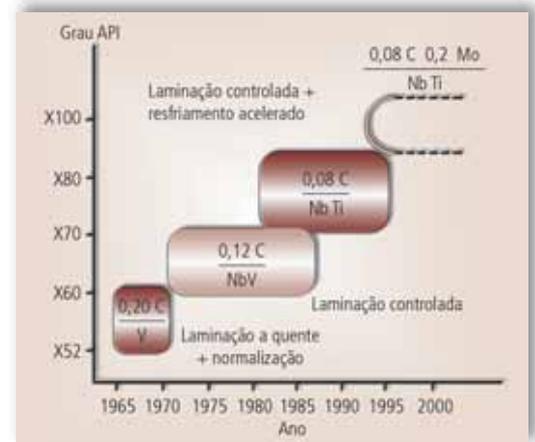


Fig. 4 – Evolução dos aços usados na fabricação de tubos com grande diâmetro<sup>(9)</sup>. No início de 2005 a Nippon Steel anunciou o a comercialização de chapas grossas grau API X120, marcando mais um avanço nesse setor.

termomecânico aplicado refinam intensamente o tamanho de grão desse material, tornando possível obter simultaneamente maiores níveis de resistência mecânica e tenacidade. Além disso, os elementos microligantes remanescentes em solução após a laminação a quente se precipitam na ferrita durante o resfriamento ao ar, aumentando sua resistência mecânica, ainda que comprometendo um pouco a tenacidade do material. O endurecimento por solução sólida também atua neste caso. A união desses mecanismos de endurecimento permitiu reduzir os teores de carbono e demais elementos de liga, contribuindo para a redução do carbono equivalente e aumentando conseqüentemente a soldabilidade da chapa. Esse conceito metalúrgico rapidamente passou a ser empregado em chapas grossas para outras aplicações que requeiram características semelhantes de resistência mecânica e tenacidade.

No entanto, a aplicação desse tratamento termomecânico não é viável em laminadores mais antigos, devido às altas cargas que surgem durante a laminação de acabamento, pois a austenita está sendo progressivamente encruada. Uma solução para este inconveniente foram os aços com teores

SE VOCÊ CORTA E DOBRA...

**PENSE INPLAF**



- Ferramentas para prensas dobradeiras até 8 000 mm de comprimento
- Facas para guilhotinas até 6 000 mm de comprimento
- Serviços de usinagem em plaina de mesa de até 8 000 mm de comprimento
- Afição de facas para guilhotinas até 6 000 mm de comprimento

**INPLAF**

Indústria de Plainas e Ferramentas Ltda.  
Rua Paraiba, 145 - CEP 03013-030 - Pari - SP  
PABX: (011) 3311-0311  
E-mail: inplaf@inplaf.com.br  
www.inplaf.com.br

relativamente alto de Nb, entre 0,060 e 0,100%, os quais permitem obter as vantagens da laminação controlada sem a necessidade da aplicação de um tratamento termomecânico rígido<sup>(9)</sup>.

A contínua busca por aços com alta resistência mecânica, mas com níveis ainda menores de carbono equivalente, levou à instalação de mesas para resfriamento acelerado nos laminadores de chapas grossas, as quais refinam ainda mais o tamanho de grão ferrítico formado após a laminação controlada, compensando o empobrecimento da composição química. Este é o chamado "uso da água como elemento de liga"<sup>(4)</sup>. As diversas variantes do processo de resfriamento acelerado podem ser vistas na figura 6 (pág. 84)<sup>(10, 11)</sup>:

- resfriamento acelerado interrompido: inicia-se logo após o término da laminação e termina numa temperatura intermediária,

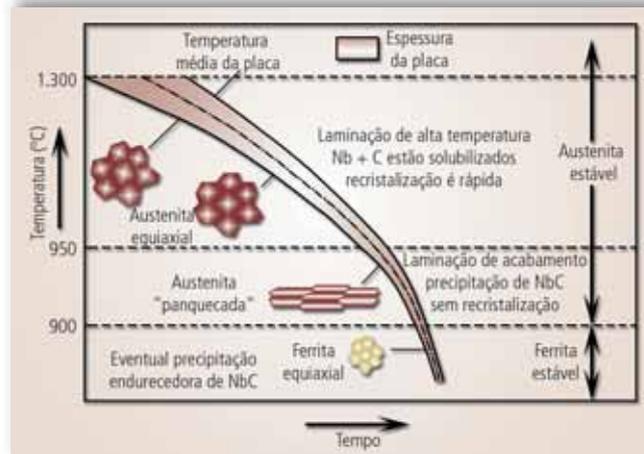


Fig. 5 – Fenômenos metalúrgicos que ocorrem durante a laminação controlada<sup>(5)</sup>

ria, seguindo-se o resfriamento ao ar. É o caso mais comum, sendo geralmente aplicado entre 800 e 500°C;

- têmpera direta: neste caso o resfriamento ocorre de forma mais intensa, terminando sob temperaturas relativamente baixas, geralmente de forma a viabilizar a obtenção de uma microestrutura martensítica. Esta variante é geralmente aplicada entre 900 e 200°C;
- têmpera direta mais auto-revenimento: esta abordagem aproveita a recalescência da chapa promovida pelo seu núcleo ainda aque-

cido para proporcionar um tratamento de revenimento direto ao produto.

Contudo, o alto investimento necessário para a instalação desse sistema de resfriamento impediu uma adoção mais generalizada do conceito. Uma abordagem alternativa foi o uso de ligas com teor de

C reduzido por meio da adoção de endurecimento por precipitação de Cu (aços ASTM A710 ou HSLA-80) e de microestrutura bainítica com teor de C extrabaixo e endurecimento por solução sólida (aços *ULCB*, *ultra-low carbon bainite*). A resistência mecânica plena dos aços ao Cu requer um tratamento adicional de envelhecimento; a eventual conformação da chapa deve ocorrer com ela ainda solubilizada, no estado "como laminado"<sup>(12)</sup>.

Conforme mostrado na figura 4 (pág. 87), a evolução dos níveis de resistência passou do grau API X52, de meados da década de 1960, para o X100, o qual passou a ser comer-

# MSL

## Materiais

cialmente usado no início do novo milênio. Ou seja, os requisitos de resistência mecânica dobraram nos últimos 35 anos<sup>(13)</sup>. Em 2005 ocorreu mais um avanço, com o início da comercialização do grau API X120 por parte da Nippon Steel Corporation<sup>(14)</sup>.

Uma aplicação extremamente crítica, que exige máxima resistência mecânica de chapas grossas ultra-pesadas, é a fabricação de adutoras para usinas hidroelétricas. Até hoje estão sendo usados materiais com 780 MPa de limite de resistência, mas já se pensa em elevar esse valor para 950 MPa em chapas com 100 mm de espessura para atender às maiores pressões de água existentes em grandes usinas hidrelétricas modernas. Esta é uma típica aplicação para uso conjugado da laminação controlada e têmpera direta. Esse material não

pode ser produzido usando-se o tratamento térmico de têmpera convencional, pois as taxas de resfriamento disponíveis são insuficientes para garantir as propriedades mecânicas necessárias ao longo de toda a sua espessura. Já durante a têmpera direta, o condicionamento

da austenita mostra-se ideal, pois há grãos refinados na superfície da chapa e grãos mais grosseiros em seu interior. Ou seja, a chapa apresenta menor temperabilidade na superfície, onde o resfriamento atua mais fortemente, e maior temperabilidade no seu núcleo, de onde a extração de

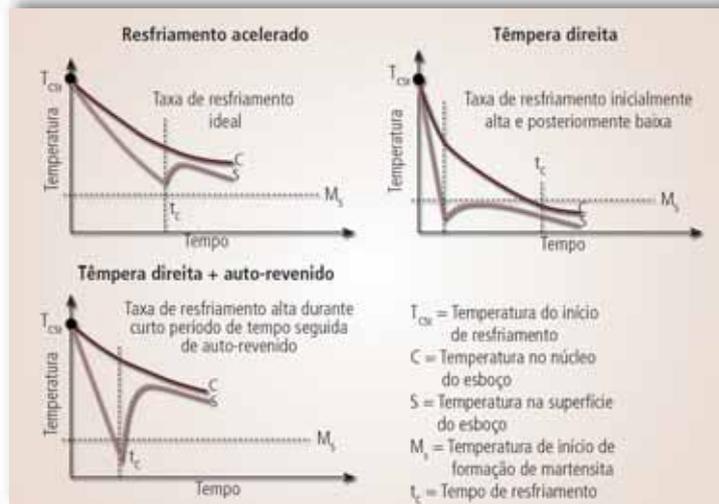


Fig. 6 – Variantes do processo de resfriamento acelerado: a) resfriamento acelerado interrompido; b) têmpera direta; c) têmpera direta mais auto-revenimento<sup>(10)</sup>.

### SOLUÇÕES EM CORTE

#### MÁQUINAS CNC PARA PLASMA & OXICORTE

HyCut	2.500	3.000	5.000
Largura útil de corte (mm)	2.500	3.000	5.000
Comprimento útil de corte (mm)	3.000	6.000	12.000
Oxicorte	4 estações		
Plasma	2 estações		
Fonte plasma	Hypertherm: HySpeed® HT2000® - MAX200® powermax® - NPR130® - NPR250®		
Controle de altura	Eletrônico - Arco voltaico		
Software	Lantek Expert		
CNC	Digital - Monitor TFT colorido		

**Primartec**  
W.T. Empresarial PARK CASTELLO  
Av. Gupê, nº 10.767 - Galpão 22 - Jd. Itaquili - São Paulo - CEP 05422-120  
Km 30 - Rodovia Castelo Branco - Fone: 11 4789-9177 - www.primartec.com.br

## Megaplasma Comercial Ltda.

Somos o primeiro fabricante de tochas e consumíveis para equipamentos de corte à plasma do Brasil

- Produção de peças com tecnologia de ponta e altíssima qualidade.
- Grande variedade de produtos.
- Desenvolvimento de novos modelos.

Fabricamos peças para as principais marcas de equipamentos comercializados no Brasil.

Forneçemos para todo o território nacional  
e-mail: [megaplasma@megaplasma.com.br](mailto:megaplasma@megaplasma.com.br)

Rua Dom Joaquim de Melo, 274 - CEP 03122-050  
Alto da Móoca - São Paulo - SP Site: [www.megaplasma.com.br](http://www.megaplasma.com.br)  
Fone: (55xx11) 6601-5502 Fax: (55xx11) 6601-0512

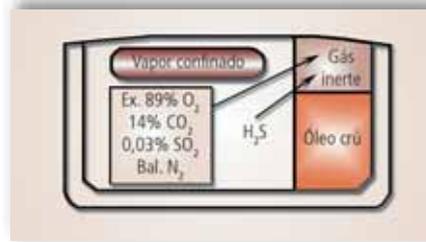


Fig. 7 – Esquema do ataque corrosivo na parte inferior do convés superior de um navio-tanque para transporte de óleo cru<sup>(19)</sup>

calor é mais difícil. Isto contribui para equalizar as propriedades mecânicas ao longo da espessura da chapa<sup>(15)</sup>.

Um dos problemas mais sérios durante a conformação da chapa grossa em tubo é o chamado efeito mola (*spring back*). Ele pode ser definido como uma “resistência à deformação” por parte do material, gerando tubos com seções transversais ovalizadas. A probabilidade de ocorrência desse problema é proporcional ao limite de escoamento, razão elástica (razão entre limite de escoamento e de resistência) e à bitola da chapa. Atualmente os fabricantes de tubos estão exigindo chapas com menor dispersão de propriedades mecânicas e dimensões, bem como baixa razão elástica, para reduzir a ocorrência desse problema e aumentar a produtividade de suas linhas com a redução do número de paradas para ajuste de seus equipamentos<sup>(2)</sup>.

### Aplicações navais

A recente retomada da indústria naval brasileira voltou a fomentar o

desenvolvimento de chapas grossas de aços microligados voltados para a construção de navios e plataformas marítimas com espessuras de até 50 mm, como é o caso do material NV40. Um ponto capital desse desenvolvimento é a alta reprodutibilidade e confiabilidade nas dimensões, pesos e propriedades obtidas dentro de faixas bastante restritas<sup>(16)</sup>.

O advento do processo de resfriamento acelerado permitiu o

aparecimento de um novo produto que apresenta superfície com alta tenacidade para uso em cascos de petroleiros, cujo rompimento pode dar origem a catastróficos desastres ecológicos. Neste caso específico, o resfriamento acelerado é aplicado logo no início do processo de laminação, de forma rápida e muito intensa, promovendo a transformação da austenita em ferrita nas camadas superficiais do esboço. Estas superfícies se reaquecem ao longo do restante do processo de laminação, ocorrendo então recristalização da ferrita deformada com a conseqüente formação de microestrutura com grãos ultra-finos e textura bem desenvolvida. Essa microestrutura ultra-refinada superficial possui alta tenacidade, mesmo após uma eventual deformação plástica decorrente de colisão no casco<sup>(15,17)</sup>.

O projeto dos navios modernos, os quais apresentam porte cada vez maior, com capacidade para transportar até seis mil contêineres, está levando ao uso de chapas grossas extrapesadas nas paredes



Fig. 8 – Aumento da vida útil das chapas usadas no convés superior de navios-tanque, proporcionado pelo novo aço desenvolvido pela JFE Steel<sup>(18)</sup>

## DDR Açoservice: sua ligação direta com bons negócios

Na Açoservice temos mania de fazer o melhor para os nossos clientes. Por isso implantamos o DDR Açoservice: Discagem Direta por Ramal.

Agora você liga e fala direto com quem você precisa. Tudo bem rápido e eficiente. Marque na sua agenda e ligue para nós.

Compras – 6884 5360

Controladoria – 6884 5361

Expedição – 6884 5358

Financeiro – 6884 5362

Faturamento – 6884 5363

Fax – 6884 5367

Ger.Comercial – 6884 5351

PCAC – 6884 5352

PCAC – 6884 5356

Portaria – 6884 5366

Qualidade – 6884 5357

Recebimento – 6884 5359

Rec. Hum. – 6884 5365

Sup. Ind. – 6884 5357

Vendas – 6884 5354

Vendas – 6884 5355

**Hortolândia**

Telefone: (19) 3909 6269

Fax: (19) 3909 6251



Av. Piraporinha, 993  
Diadema/SP  
www.acoservice.com.br

# Stangherlini

## Materiais

laterais superiores do casco, com espessura de 65 mm e limite de escoamento de 390 MPa. Para que esse material seja soldado com alta produtividade, em um único passe, é necessário aporte térmico ultra-alto, da ordem de 400 a 500 kJ/cm. Isso tende a causar a formação de grãos de tamanho grosseiro na zona termicamente afetada, comprometendo a tenacidade sob baixas temperaturas do material.

Esse impasse pode ser resolvido com o uso de resfriamento acelerado intenso para se abaixar o nível de carbono equivalente do aço e do uso de Ti como microliga. Esse elemento forma precipitados de nitreto que restringem o crescimento de grão que poderia ocorrer no cordão de solda. De acordo com a JFE Steel, essa tecnologia viabilizou a produção de chapas grossas navais que atendem à especificação "E", tendo sido produzidas mais de 10.000 t desse material até 2002<sup>(18,19)</sup>.

Algumas aplicações navais requerem proteção das chapas contra ataques específicos de corrosão. A área sob o convés superior de petroleiros, por exemplo, fica exposta a uma atmosfera mista de gases gerados pela combustão do motor do navio e o H<sub>2</sub>S que se evaporou do óleo bruto, conforme mostrado na figura 7 (pág. 85). Além disso, essa área está sujeita à evaporação e condensação cíclica do S ao longo dos dias e noites, fato que gera um tipo de corrosão peculiar que consome cerca de 0,1 mm/ano da espessura

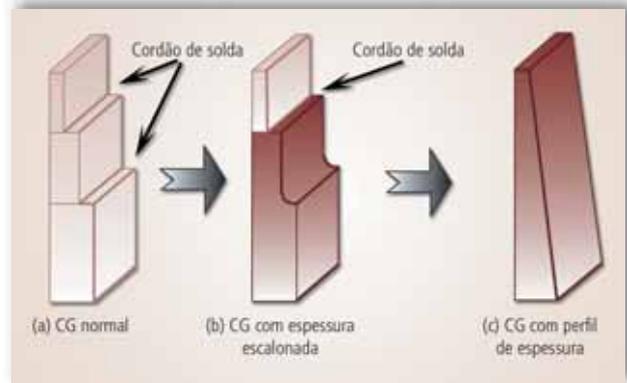


Fig. 9 – a) No passado, componentes apresentando diferentes espessuras somente podiam ser produzidos pela soldagem de diversas chapas grossas; b) chapas grossas com espessura escalonada permitem a redução do número de juntas soldadas; c) chapas grossas com perfil gradual de espessura eliminam totalmente as operações de soldagem e podem aperfeiçoar o formato do componente<sup>(18)</sup>

da chapa. Considerando-se que a vida útil de um navio desse tipo é de 20 anos, há uma boa chance de que a região assim afetada tenha de ser substituída em algum momento da vida da embarcação. A JFE Steel afirma ter desenvolvido um aço de composição especial que, segundo a empresa, apresenta uma sobrevivência de cinco anos contra esse tipo de ataque, desde que a superfície das chapas seja protegida por um *primer* naval, conforme mostrado na figura 8 (pág. 85). Isso proporciona a redução dos custos de manutenção e o aumento da confiabilidade da embarcação. Não foram fornecidos mais detalhes sobre o projeto de liga, mas é bastante provável que sejam usados os mesmos mecanismos



Fig. 10 – Aplicações práticas de chapas grossas com espessura variável na construção naval<sup>(18)</sup>



Equipamentos e Acessórios para Soldas Ltda

### SOLUÇÕES DEFINITIVAS PARA SEUS PROBLEMAS EM SOLDAGEM

EPS (Itália)

A mais completa linha de inversores portáteis para soldagem por processos MIG / MAG, TIG, Eletrodos Revestidos, Corte a Plasma.



REHM Synergic Pro (Alemanha)

MIG / MAG Sinérgica, TIG AC / DC, Plasma de alta capacidade de corte



Importador e distribuidor exclusivo REHM e EPS no Brasil

Fone: (11) 4997-5758  
www.cigsoldas.com.br

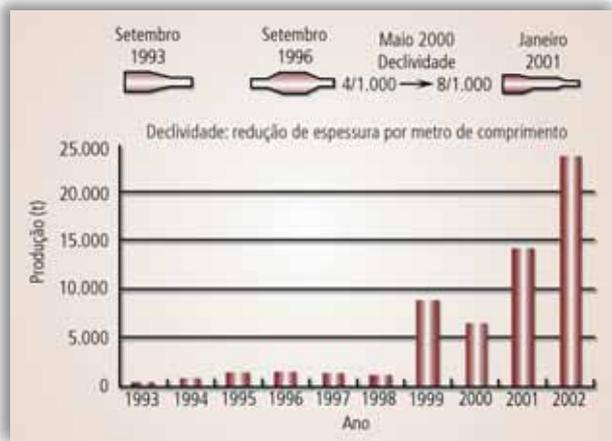


Fig. 11 – Evolução da produção de chapas grossas com perfis especiais de espessura e comprimento na JFE Steel<sup>(20)</sup>

dos aços para tubos resistentes ao H.I.C.<sup>(5,18,19)</sup>.

Outro tipo de chapa grossa que vem recebendo aceitação cada vez maior no mercado naval ao longo da última década é a com perfis especiais de espessura e largura ao longo do comprimento, conforme mostrado na figura 9 (pág. 86). Esse perfil de espessura é aplicado já durante o processo de laminação a quente, aumentando o valor agregado do laminado, que deixa de ser mera matéria-prima e passa a ser um esboço de peça pré-conformado. Esse produto reduz o número de onerosas

operações de soldagem, além de diminuir o peso do navio. A figura 10 mostra as várias aplicações desse tipo de chapa numa embarcação. O volume de produção desse produto na JFE Steel elevou-se desde algumas centenas de toneladas em 1993 até cerca de 24.000 t em 2002, conforme mostrado na figura 11<sup>(20)</sup>. Note-se que a produção deste tipo de chapa grossa requer laminadores com alta capacidade de carga, automação complexa e acionamento hidráulico dos cilindros sob alta velocidade, bem como controle rígido da planicidade<sup>(21)</sup>.

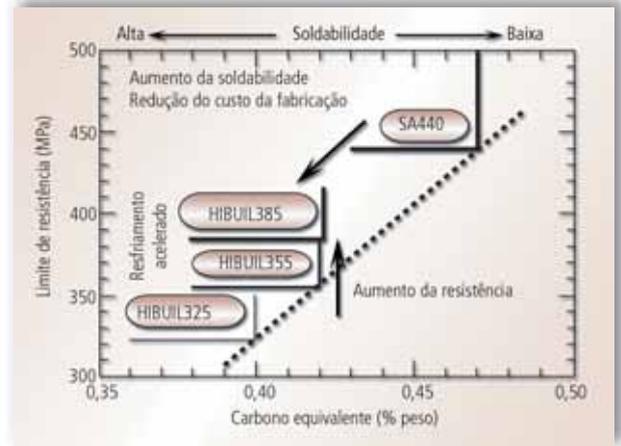


Fig. 12 – Correlação entre limite de resistência e carbono equivalente de chapas grossas para uso estrutural, mostrando o efeito benéfico do resfriamento acelerado, o qual permite a redução dos teores de elementos de liga<sup>(18)</sup>

Novos processos de corte, a plasma e a *laser*, são cada vez mais usados nos estaleiros. Eles permitem melhor precisão, menor volume de material afetado pelo calor e maior produtividade do que os processos convencionais de oxicorte. Ainda há limitações da espessura máxima de chapa que pode ser cortada por esses processos: 30 mm por plasma e 20 mm por *laser*. Por outro lado, os aços a serem cortados por esses processos devem ter teor de Si virtualmente nulo para minimizar a formação de rebarbas e problemas com a reflexão do raio *laser*; além

## Solução em corte e conformação



www.conforma.com.br

comercial@conforma.com.br

R. João Ranieri, 222 - Bonsucesso - Guarulhos - SP

**CONFORMA**<sup>®</sup>

CEP 07177-120 - Tel.: 0xx11 6436-2100

## Materiais

disso, seus requisitos de planicidade são mais severos<sup>(22)</sup>.

A soldagem a *laser* possui vantagens similares: menores níveis de distorção das peças, maior produtividade, zona termicamente afetada mais estreita e homogênea devido ao menor aporte térmico. Contudo, ela é geralmente limitada a materiais não-ligados e com teores de carbono máximos entre 0,12 e 0,15% para evitar a formação de cordão excessivamente duro e reduzir o risco de trincamento a frio. Os teores máximos de P e S devem ser limitados a, respectivamente, 0,010-0,018% e 0,005-0,017% para evitar problemas de sanidade interna da junta, como porosidades e rechupes de solidificação<sup>(2)</sup>. Esse teor muito restrito de P mínimo se aplica a sistemas de *laser* com baixa potência, menores do que

10 kW; o uso de potência mais elevada, 45 kW, permite elevar esse teor para valores entre 0,015 e 0,018%<sup>(22,23)</sup>.

### Aplicações estruturais em geral

Como não poderia deixar de ser, a questão da soldabilidade também é crítica para esta área de aplicação das chapas grossas. Mais uma vez o uso de resfriamento acelerado após a laminação de chapas grossas revela-se um recurso extremamente eficaz para garantir alta resistência mecânica em ligas com menores teores de carbono e elementos de liga, conforme mostra a figura 12 (pág. 87)<sup>(18)</sup>.

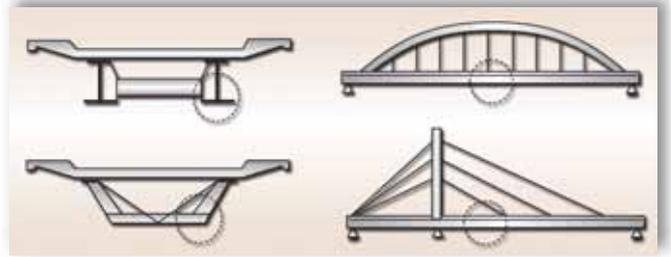


Fig. 13 – Exemplos do uso das chapas com perfis longitudinais especiais (LP Plate, longitudinal profiled plate) na construção de pontes e viadutos<sup>(21)</sup>

Constatou-se nos últimos anos um aumento da severidade dos requisitos em termos da qualidade superficial das chapas grossas a serem fornecidas para máquinas agrícolas e tratores. A justificativa dos clientes para essa exigência não está tanto na adequação ao uso do material, mas sim no aspecto estético do implemento, fator que ajudaria na promoção de sua venda aos clientes. Esse item de qualidade está exigindo remoção de carepa mais intensa e uniforme durante a laminação a quente para



### WEBER - Tecnologia de lixamento para o tratamento de chapas

- retira rebarba
- remove carepa
- arredonda cantos
- elimina camada de óxido
- lixamento e polimento de superfície




**Hans Weber Maschinenfabrik GmbH**  
 Bamberger Str. 19 – 21  
 D-96317 Kronach  
 Tel. +49 (0) 92 61 409-0  
 Fax +49 (0) 92 61 409-199  
 e-mail: info@hansweber.de - [www.hansweber.de](http://www.hansweber.de)





**EMME 2 Comércio e Representação Ltda**  
 Praça Guanabara, 100  
 13.301-499 - Itu - SP  
 Email: emme2@emme2.com.br  
 Tel/Fax: 011 4022-7375

## Facas para guilhotinas e rotativas. Fabricamos e afiamos.

**FACAS PARA:**

- Moinhos
- Guilhotinas
- Papel
- Papelão Ondulado
- Madeira
- Borracha
- Tecido
- Retífica plana 4500 mm comp.
- Retífica circular 700 mm



**30 anos**



**MONTREAL FACAS INDUSTRIAIS LTDA.**  
 Rua Roma, 166 - Lapa - São Paulo - SP  
 Cep 05050-090 - Tel/Fax: (11)  
**3862.2193 / 3864.6777**  
[www.montrealfacas.com.br](http://www.montrealfacas.com.br)

assegurar uma superfície mais adequada. Além disso, as chapas não podem passar por operações para remoção de defeitos superficiais, tais como lixamento, esmerilhamento, reparo por solda, etc., além de não poderem apresentar riscos, como os

causados por manipulação incorreta do material durante o transporte até o cliente. Isso exige placas com alta qualidade superficial, elevado grau de limpeza inclusonária do aço, redução dos teores de silício e níquel na composição química dos aços e aplicação eficiente da descamação durante a laminação a quente da chapa<sup>(2)</sup>.

Outra tendência que ilustra a necessidade de aumentar o valor agregado do produto é o número crescente de pedidos de chapas grossas pré-pintadas, pois dessa forma pode-se suprimir uma etapa de manufatura no cliente. Isso é especialmente interessante tendo-

se em vista as restrições ambientais que começam a ser feitas no caso das operações da pintura, principalmente as que usam solventes orgânicos.

Chapas grossas com espessuras e larguras variáveis também são usadas em algumas aplicações estruturais, como pontes e viadutos, conforme mostrado na figura 13 (pág. 88). Elas são usadas principalmente nos apoios localizados entre o pilar e o tabuleiro de pontes, permitindo maior racionalização do projeto desses componentes, eliminação dos calços nas conexões dos rebites, supressão das opera-

ções de soldagem e usinagem das soldas, fabricação mais rápida e maior resistência à fadiga<sup>(21,24)</sup>.

Já foram consumidas 35.000 toneladas desse tipo de chapa na Europa entre 1975 e 2000. As principais versões desse produto podem ser vistas na figura 14<sup>(22)</sup>. Já a figura 15 (pág. 90) mostra alguns exemplos de racionalização proporcionada por esse novo tipo de chapa a componentes de pontes e viadutos<sup>(25)</sup>.

Uma das principais preocupações no caso do uso de estruturas metálicas em construção civil está em seu comportamento no caso de um eventual incêndio. Os aços estruturais comuns apresentam perda de 33% em seu limite de escoamento sob temperaturas entre 350 e 450°C; esse declínio se acentua para temperaturas maiores.

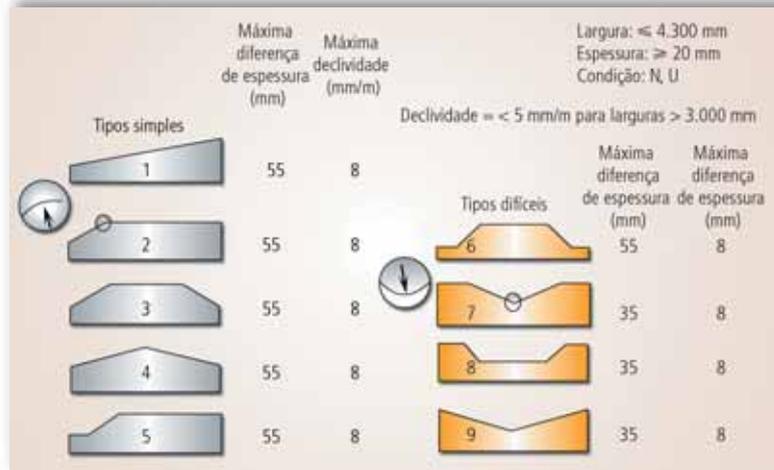


Fig. 14 – Principais tipos de chapas com perfis especiais de espessura<sup>(21)</sup>

## OXIPRESS, INVESTINDO EM TECNOLOGIA. APRIMORANDO SEUS SERVIÇOS.

Na Oxipress pioneirismo sempre foi convicção. Prova disto que em 2002 fomos uma das primeiras empresas a trazer para o Brasil o corte à Plasma de Alta Definição. Em 2005 inovamos novamente, quando investimos em nova máquina que corta em Alta Definição até 35 mm de espessura. Agora, adquirimos o que há de mais avançado em oxicorte e corte à plasma: a **Messer MultiTherm**, com dimensões de mesa de trabalho 4 x 15 m, CNC Global Control e fonte Plasma de Alta Definição HPR 260. Este equipamento realiza cortes com extrema exatidão e é altamente produtivo. Contudo, fazer antes não é tudo. Somente com a experiência de quem já está no mercado há 10 anos, podemos garantir que fazemos com eficiência. **Quer saber o que há de melhor em sistemas de corte em aço? Veja o que a Oxipress faz hoje.**

Plasma CNC de Alta Definição até 35 mm em aço inox, carbono e alumínio

Oxicorte em máquinas CNC até 10"

Corte/dobra e furação a frio

Conjuntos soldados

R. Joaquim Fco. Castelar, 931  
Fazenda Sta. Cândida  
Campinas, SP  
Fone | Fax: (19) 3256.8444

**OXIPRESS**  
CORTE EM AÇO  
Sistemas de corte em constante evolução

vendas@oxipress.com.br | www.oxipress.com.br

Visite nosso novo site!

**AUTOMAÇÃO DE SOLDAGEM MIG/TIG**  
Posicionadores para soldagem circular e linear  
Equipamentos posicionadores dedicados

**Serviços de soldagem de produção e usinagem**



**Automação para soldagem custa menos do que se imagina.**

**MASATO AUTOMAÇÃO**

Tel.: (11) 4976-1677  
Fax: (11) 4976-3390

www.soldaautomatica.com.br  
soldaautomatica@uol.com.br

## Materiais

A abordagem mais imediata para resolver esse problema está no uso de revestimentos cerâmicos que isolam termicamente a estrutura metálica, retardando seu aquecimento em caso de incêndio. Entre os produtos disponíveis com esse objetivo estão painéis de vermiculita compensada, produtos jateáveis e tinta intumescente sob calor. Essa solução implica o aumento de 20 a 30% do custo da construção, perda de espaço útil e interferência no projeto arquitetônico, além de problemas relacionados à saúde ocupacional dos trabalhadores da obra.

Outra opção consiste em alterar o projeto de liga do aço de forma a aumentar sua resistência mecânica a quente e à fluência. Essas propriedades derivam das altas tensões decorrentes da fricção do reticulado nessas ligas, como resultado de fina precipitação de Mo, Cr, Ni, Nb e V em solução sólida e forte endurecimento secundário por volta de 550°C<sup>(25, 26)</sup>. A resistência desse material somente começa a declinar sob temperaturas superiores a 600°C quando se inicia o deslizamento dos contornos de grão. Adições de Mo e Nb possuem

efeito sinérgico, sendo o resultado maior do que a contribuição isolada de cada elemento.

Uma nova abordagem, ainda experimental, preconiza o uso de altos teores de Nb, da ordem de 0,5%, de forma a promover a precipitação da chamada fase de Laves ( $Fe_2Nb$ ), a qual apresenta maior resistência ao envelhecimento, reduzindo a perda de resistência mecânica provocada pela alta temperatura<sup>(26)</sup>. A tabela 1 mostra diversas composições químicas estudadas sob esse aspecto; seus resultados em termos de resistência mecânica a quente podem ser vistos na figura 16 (pág. 91). A fase de Laves, responsável pelo melhor desempenho da liga com 0,5% de

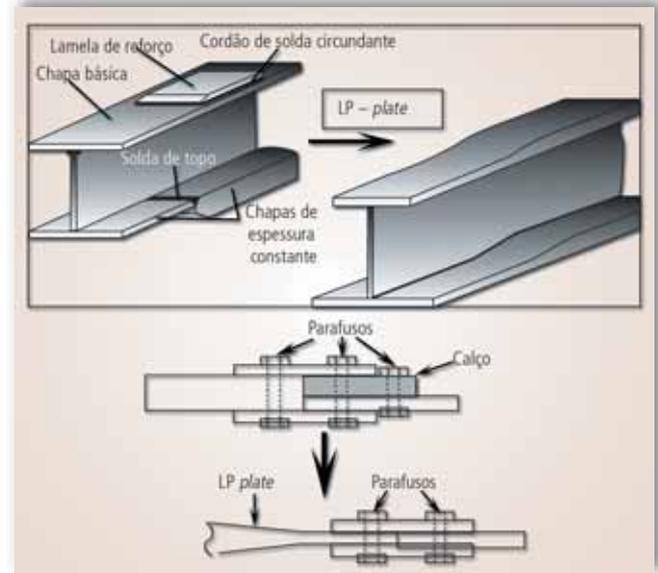


Fig. 15 – Os dois exemplos acima mostram como a adoção das chapas grossas com perfil especial de espessura (LP-Plate) racionaliza o projeto de componentes de pontes e viadutos

Tab. 1 – Composições químicas testadas quanto à sua resistência mecânica a quente<sup>(26)</sup>

Aço	C	Mn	Si	Mo	Nb	N	Outros
S275	0,100	0,90	0,35	–	–	0,001	–
NbMo	0,110	1,14	0,24	0,52	0,03	0,004	–
Mo	0,100	0,64	0,10	0,51	–	0,003	–
P8123	0,080	1,32	0,38	0,54	0,26	0,001	–
P8124	0,020	0,87	0,36	0,16	0,63	0,001	–
P8240	0,014	0,28	0,28	0,21	0,58	–	–
P8241	0,004	0,22	0,19	–	–	–	0,5 W, 0,04 Ti, 0,013 Al, 0,001 B

**CALDLASER**  
CALDEIRARIA  
E CORTE A LASER

**Corte a Laser**

**Caldeiraria**

**DOBRA CNC**

**CNC**



Tel./Fax: (11) 4022-0916  
www.caldlaser.com.br

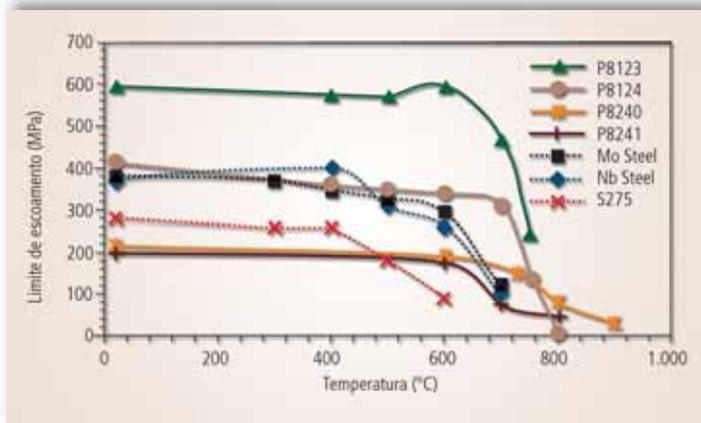


Fig. 16 – Evolução do limite de escoamento das ligas da tabela 1 em função da temperatura. Como se pode observar, a liga com 0,54% de Mo e 0,26% Nb apresentou valores máximos de limite de escoamento ao longo da faixa de temperaturas estudada<sup>(26)</sup>.

Nb, pode ser vista na figura 17. A contrapartida para essa solução está no maior custo do aço, já que se faz necessária a adição de elementos de liga. Além disso, alguns deles poderão contribuir para ele-

var o carbono equivalente da liga, reduzindo sua soldabilidade.

A chamada “engenharia do fogo” tem como objetivo procurar balancear as diversas alternativas disponíveis de forma a conciliar

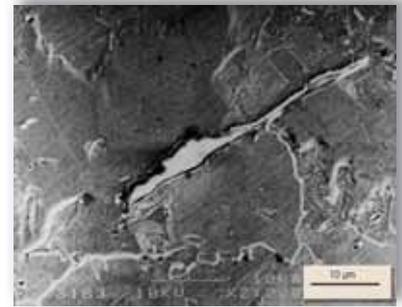


Fig. 17 – Microestrutura do aço P8124 da tabela 1, contendo 0,16% de Mo e 0,63% de Nb, mostrando a fase de Laves ( $Fe_2Nb$ ), responsável pelos maiores níveis de resistência mecânica deste tipo de aço<sup>(26)</sup>

todos os aspectos envolvidos e reduzir o custo das estruturas metálicas. Até mesmo o projeto de um prédio pode ser concebido de forma a se proteger a estrutura metálica naturalmente, envolvendo-a sempre que possível com estruturas de concreto ou tijolos.

## Plasmatic

# PUNÇIONADEIRA DE SERVOMOTOR





**SÉRIE MOTORUM**

	M 2044 EZ	M 2048 LT
Capacidade de Funcionamento	20 ton	20 ton
Tamanho de chapa (mm)	1250 x 1250 (sem reposição)	1250 x 2500 (sem reposição)
	1250 x 2500 (com reposição automática)	1250 x 5000 (com reposição automática)
Ferramentas	22 (02 Auto Index)	54 (02 Auto Index)

- Alta produtividade
- Baixo ruído
- Baixo consumo de energia

- Fácil programação
- Ferramenta Wheel/Roller/Marking
- Repuxos, venezianas, rosca, etc.

**MAN FERROSTAAL DO BRASIL COMÉRCIO E INDÚSTRIA LTDA.**  
 Tel.: (11) 5522-5999 - Fax: (11) 5524-4460  
 E-mail: info.br@ipp-group.net

**MURATA DO BRASIL COM. E REPRESENTAÇÕES DE MÁQ. LTDA.**  
 Tel.: (11) 4648-6222 - Fax: (11) 4648-6737  
 E-mail: muratec@muratec.com.br - www.muratec.co.jp

www.ipp.com.br

## Materiais

### Conclusões

Atualmente os avanços na pesquisa básica sobre a metalurgia dos aços já não são tão numerosos e revolucionários, até em razão da restrição de gastos que se faz necessária em um ambiente de feroz competição global. Enquanto essa situação perdurar, será necessário implementar ações capazes de aumentar a competitividade desse material em todos os aspectos possíveis dentro de seu ciclo de utilização, do berço ao túmulo, por meio de desenvolvimentos de custo mínimo.

A adequação das chapas grossas de aço a usos específicos, os novos processos de manufatura e projetos de produto que tirem

o máximo proveito das características únicas de seu conjunto de propriedades estão entre tais ações. A ampla experiência dos projetistas, pessoal da cadeia produtiva e usuários do aço ao longo de décadas e décadas também é um fator nada desprezível. Finalmente, sua reciclabilidade é uma vantagem que tenderá a ser cada vez mais valorizada no futuro, dada a crescente preocupação com os aspectos ambientais decorrentes da seleção dos materiais.

### Referências

- 1) MONTEMARANO, T.W. e outros. High Strength Low Alloy Steels in Naval Construction. *Journal of Ship Production*, vol. 2, nº 3, 1986, p. 145-162.
- 2) GORNI, A.A. Modelamento Matemático da Laminação: De Ficção Científica a Ferramenta para a Capacitação Industrial. In: 60º Congresso Anual da Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais. *Anais*. Belo Horizonte, Julho de 2005.
- 3) GORNI, A.A. Aproveitamento de Plástico Pós-Consumo na Forma de Combustível para Altos Fornos e Coqueiras. In: Plastshow 2004 – Feira e Congresso. *Anais*. Aranda Eventos, São Paulo, Abril 2004.
- 4) NARA, Y. Production of Line Pipe in Japan. *Metals Technology*, vol. 10, nº 8, Aug. 1983, 322-329.
- 5) HULKA, K. Sour Gas Resistant Steel. *Niobium Information 18/01*, Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração, 2001, 8 p. Acessado no endereço [http://www.cbmm.com.br/portug/sources/techlig/info/other\\_inpdf/pdfs/Sour\\_Gas.pdf](http://www.cbmm.com.br/portug/sources/techlig/info/other_inpdf/pdfs/Sour_Gas.pdf) no dia 14.12.2004.
- 6) JEYAPALAN, J.K. Future Outlook for Pipeline Materials, Methods and Maintenance. In: ASCE Pipelines Conference. *Proceedings*. American Society of Civil Engineers, Baltimore, July 2003.
- 7) JANSEN, J.P. et al. Present Status, Development and Qualification of TSE

**PLASMA DE ALTA DEFINIÇÃO CNC**  
**OXICORTE CNC**  
**FOTO CELULA PYROTOME**



Possuímos estoque permanente em SAE 1045, SAE 1010/20, RST 52.3 e ASTM A36.

Trabalhamos com softwares de última geração (Auto Cad 2004, Lantek) possibilitando precisão de corte.

**AÇOS RADIAL**  
 INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE FERROS E AÇOS  
 ESPECIALIZADA EM OXICORTE

PABX: (11) 6641-5211 - FAX: 6641-3191  
 SITE: [www.acosradial.com.br](http://www.acosradial.com.br)  
 E-mail: [acosradial@acosradial.com.br](mailto:acosradial@acosradial.com.br)

**HIDRAL-MAC**  
 O nome forte em prensas hidráulicas

**MODELOS:**  
 Tipo C, Tipo C Duplo, 4 Colunas, Tipo H, Tipo H Prismática, com mesa giratória, especiais e conforme necessidade. Simples ou duplo efeito com até 1700GPM.



PHC



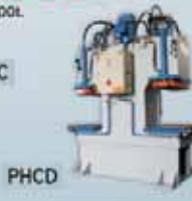
PHHP

**APLICAÇÕES:**  
 Repuxo, dobra, corte, compactação, moldagem, forjamento, rebarbação de peças, ajustes de ferramenta e substituição de prensas excêntricas, dentre outras funções e aplicações.

**CAPACIDADE:**  
 Até 1500L.



PH4C



PHCD

Av. Prof. Mário Teixeira Mariano, 360  
 V Distrito Industrial - CEP 14808-122 - Araraquara-SP  
 Fone: (16) 3311-4100 - Fax: (16) 3311-4101  
[www.hidralmac.com.br](http://www.hidralmac.com.br)  
[hidralmac@hidralmac.com.br](mailto:hidralmac@hidralmac.com.br)

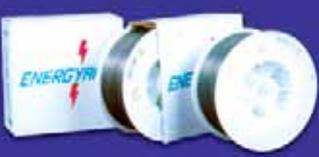
**LIDER NACIONAL EM EQUIPAMENTOS E CONSUMÍVEIS PARA SOLDAGEM**

**ENERGYARC**

ARAME MIG



ARAME TUBULAR



**ENERGYARC INDUSTRIAL LTDA.**  
 Av. Regente Feijó, 813 - São Paulo - SP - CEP 03342-000  
 Tel: 11 6128-5333 Fax: 11 6965-7042  
[energyarc@energyarc.com.br](mailto:energyarc@energyarc.com.br)  
[www.energyarc.com.br](http://www.energyarc.com.br)

- 550-grade Steel for Large Diameter Pipelines. In: 113<sup>th</sup> Gas Congress. *Proceedings*. Paris, September 1996.
- 8) PAXMAN, H.W. The Metallurgy of Steels for Large Diameter Linepipe. In: *Alloys for the Eighties. Proceedings*. Climax Molybdenum Co., Ann Arbor, June 1980, p. 185-211.
- 9) HULKA, K. e outros. Experience with Low Carbon HSLA Steel Containing 0,06 to 0,10 Percent Niobium. *Niobium Technical Report*, nº 1/04, Aug. 2004, 27 p.
- 10) STREIBELBERGER, A., SCHWINN, V. & HUBO, R. Microalloyed Structural Plate Rolling – Heat Treatment and Applications. In: *Niobium 2001 – Science & Technology. Proceedings*. The Metals Society-Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração, 2001, 625-646.
- 11) EVANS, J.F. & CLARK, M.T. Plate Cooling – Technologies and Market Requirements. *AISE Steel Technology*, June 2002, 49-53.
- 12) GORNI, A.A. & MEI, P.M. Aços Alternativos ao HY-80 Sem a Necessidade de Aplicação de Têmpera e Revenido. *Revista Escola de Minas*, 56:4, Out/Dez. 2003, p. 287-293.
- 13) DESHIMARU, S. e outros. Steels for Production, Transportation and Storage of Energy. *JFE Technical Report*, 2, March 2004, 55-67.
- 14) TACKE, K.H. & SCHWINN, V. Zur aktuellen Stahleentwicklung bei Großblechen. *Stahl und Eisen*, 125:10, Okt. 2005, 55-60.
- 15) NISHIOKA, K. Market Requirements of Thermomechanically Processed Steel for the Twenty-First Century. *Steel World*, 5:1, Jan. 2000, 61-67.
- 16) FREITAS, F.V. e outros. Laminação de Chapas Grossas da Classe NV40. In: *Seminário de Laminação – Processos e Produtos Laminados e Revestidos. Anais*. Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, Santos, Outubro de 2005.
- 17) OUCHI, C. Development of Steel Plates by Intensive Use of TMCP and Direct Quenching Processes. *ISIJ International*, 41:6, June 2001, 542-553.
- 18) SHINICHI, S. e outros. Steel Products for Shipbuilding. *JFE Technical Report*, 2, March 2004, 41-48.
- 19) OMATA, K. e outros. Leading High Performance Steel Plates with Advanced Manufacturing Technologies. *NKK Technical Review*, 88, 2003, 73-80.
- 20) FUMIMARU, K. e outros. Steel Plates for Bridge Use and their Application Technologies. *JFE Technical Report*, March 2004, 85-90.
- 21) HUBO, R. et al. Grobbleche für wirtschaftliche Stahlbau- und Offshore-Konstruktionen. *Stahl und Eisen*, November 2000, 101-106.
- 22) LAFRANCE, M. Propriétés d'Emploi des Tôles Fortes en Acier. Cinquième Partie: Influence des Conditions de Mise en Oeuvre. *La Revue de Metallurgie – CIT*, Mars 2000, 387-400
- 23) ROLAND, F. e outros. Laser Welding in Shipbuilding – an Overview of the Activities at Meyer Werft. *Welding in the World*, vol. 46, 24-25 June 2002, 39-51.
- 24) ANON. *High Performance Steel Bridges*. International Iron and Steel Institute, August 2004, 37 p.
- 25) STARLING, C.M.D. e outros. Efeito da Composição Química na Microestrutura e Propriedades Mecânicas da Zona Fundida da Solda de Aços Resistentes ao Fogo. In: 25<sup>o</sup> Encontro Nacional de Tecnologia da Soldagem. *Anais*. Associação Brasileira de Soldagem, Belo Horizonte, Setembro de 1999.
- 26) SHA, W. e outros. Development of Structural Steels with Fire Resistant Microstructures. *Materials Science and Technology*, 18, 3, March 2002, 319-325.

## Tecnologia e desempenho superiores em fontes para corte a plasma

A Kjellberg é a melhor opção em fontes plasma para corte de alta definição, apresentando o melhor custo benefício.



- Cortes manuais até 70 mm • Cortes mecanizados até 160 mm
- Cortes submersos até 100 mm • Cortes de alta definição até 50 mm

**AGILIDADE  
E SEGURANÇA NA  
ASSISTÊNCIA TÉCNICA**

**PRONTA ENTREGA  
DE CONSUMÍVEIS,  
TOCHAS E PEÇAS  
DE REPOSIÇÃO**

**Kjellberg**  
FINSTERWALDE

**pimasa**

**Tel.: (11) 4229-8994**

**E-mail: info@pimasa.com.br**

## BRASSINTER

**52**  
anos

**A Qualidade Brassinter, estampada nos seus resultados.**

A BRASSINTER completa 52 anos na vanguarda da tecnologia. Especializada na fabricação de peças especiais para ferramentarias e estamparias em geral, agora ela conta com a tecnologia SINTER-HIP na fabricação de seus produtos. Em outras palavras, muito mais resistência, durabilidade e economia para o seu negócio.

**Possuímos uma linha completa nos segmentos:**

- Blanks para matrizes de estampos progressivos
- Buchas para estampagem de parafusos e rolamentos
- Blanks especiais para dobras e conformação
- Postiços para ferramentas industriais
- Punções para corte e repuxo
- Núcleos para matrizes e outras aplicações



**BRASSINTER é alta qualidade estampada nos seus negócios.**

**www.brassinter.com.br - Tel.: 11 5696-4800**