

Desenvolvimento de vergalhões soldáveis e armaduras soldadas



Unidade da Belgo em Piracicaba (SP)

Arildo Batista*

Há mais de uma década os fabricantes nacionais de vergalhões, inclusive a Belgo, desenvolveram o processo de fabricação do CA-50 soldável produzido em “leito de barras”, ou seja, laminados na forma de barras retas. Este desenvolvimento do CA-50 soldável produzido na forma de barras retas foi feito para todas as bitolas comercializadas, de 6,3mm a 32,0mm.

Há cerca de três anos a Belgo desenvolveu, pioneiramente no Brasil, o CA-50 soldável na forma de rolos. Neste caso o desenvolvimento foi feito para bitolas finas e médias: 6,3mm; 8,0mm; 10,0mm e 12,5mm, cujas bitolas representam cerca de 80% do consumo total de barras retas e rolos de CA-50 no Brasil.

Em ambos os casos, laminação de barras ou laminação de rolos, o processo de fabricação do CA-50 soldável consiste, basicamente, do resfriamento controlado utilizando água, durante

a laminação, da superfície do material, enquanto no processo de fabricação do CA-50 não soldável é aplicado o processo de resfriamento ao ar.

O carbono equivalente, característica que define a soldabilidade de um aço e calculado mais adiante neste artigo, do CA-50 soldável é aproximadamente 2/3 do carbono equivalente do CA-50 convencional.

No desenvolvimento do CA-50 soldável em rolos convencionais de 2t a principal dificuldade a vencer é o bobinamento do material imediatamente após o processo de resfriamento em água, uma vez que, após este resfriamento, a dureza do material fica aumentada, dificultando o bobinamento.

Esta dificuldade também cresce à medida que a bitola aumenta. O limite atual para a produção de CA-50 soldável em rolos convencionais de 2t é a bitola 12,5mm.

A bitola 16,0mm também é produzida pela Belgo na forma de rolo, porém com aço não soldável.

A produção de CA-50 soldável na bitola 16,0mm em rolo é possível com a adição de elementos de liga no aço, o que eleva o custo de fabricação do produto. Nas condições atuais, com os preços de ferros-liga em patamares elevados, quando há necessidade de se trabalhar com 16,0mm soldável é mais econômico fazer o corte e dobra a par-



Caldeamento por resistência elétrica – Máquina Idea da Schnell (Itália) – Detalhes: www.schnell.it

Tabela 1 - Processos de produção de CA-50 no Brasil

CA-50 SOLDÁVEL PRODUZIDO EM "LEITO DE BARRAS" OU SEJA, EM BARRAS RETAS		CA-50 SOLDÁVEL PRODUZIDO EM ROLO		CA-50 NÃO SOLDÁVEL PRODUZIDO EM ROLO	
BELGO	DEMAIS PRODUTORES	BELGO	DEMAIS PRODUTORES	BELGO	DEMAIS PRODUTORES
Todas as bitolas: 6,3 a 32,0 mm	Todas as bitolas: 6,3 a 32,0 mm	6,3 a 12,5 mm	Não produzem soldável em rolo	6,3 a 16,0 mm	6,3 a 12,5 mm
Obs.: O processo de fabricação do CA-50 soldável, em todas as situações acima citadas, é via tratamento térmico: resfriamento controlado utilizando água.					

tir de barras soldáveis de 12m produzidas em "leito de barras".

As bitolas de CA-50 acima de 16,0mm não são produzidas em rolo no Brasil. A fabricação é exclusivamente via "leito de barras" e a maioria dos fabricantes, inclusive a Belgo, utiliza o processo de resfriamento em água.

A tabela 1 resume a situação atual, no Brasil, em termos de processos de fabricação de CA-50, por empresa e por faixa de bitolas.

No caso das demais categorias de vergalhões utilizadas no Brasil, CA-25 e CA-60, todos os produtores nacionais geralmente utilizam em sua fabricação, tanto na forma de barras como na forma de rolos, aços que atendem às exigências de Norma relativas à soldabilidade. Na Belgo, toda a produção de CA-25 e CA-60 é feita utilizando-se aços de baixo carbono, com plena garantia de atendimento do teor de carbono equivalente máximo exigido por Norma. A obtenção de alta resistência mecânica em um aço baixo carbono, como no caso do CA-60, é possível via deformação a frio: trefilação ou laminação a frio.

Ressaltamos que ainda hoje a Belgo é o único produtor de vergalhões no Brasil que produz CA-50 soldável (Belgo 50 soldável) na forma de rolo.

CARACTERÍSTICAS DO BELGO 50 SOLDÁVEL

O Belgo 50 soldável ou Belgo 50-S, conforme já citado anteriormente, se caracteriza pela composição química restrita e pelos tratamentos térmicos de resfriamento em água (aumento de dureza) e revenimento (alívio de tensões) aplicados imediatamente após o último passe de laminação.

Após o último passe de laminação a barra de aço é resfriada com água a alta pressão através de um processo

controlado. Este resfriamento reduz a temperatura superficial da barra gerando uma camada refrigerada endurecida. O núcleo da barra, que permanece quente, reaquece a camada endurecida promovendo um alívio de tensões (revenimento) e, conseqüentemente, aumentando a sua ductilidade.

O produto final, o Belgo 50 soldável, apresenta uma camada superficial apresentando alta resistência mecânica e um núcleo de alta ductilidade.

A composição química restrita do produto é o que permite uma soldabilidade bastante superior ao CA-50 convencional.

A figura 1 apresenta uma ilustração dos processos de resfriamento e reaquecimento (revenimento).

A letra S, gravada na barra após a marca, "BELGO 50 S", garante que no processo de fabricação foi utilizado um aço com análise química restrita, ou seja, com características de soldabilidade.

Um outro aspecto a ser ressaltado é a excelente ductilidade ao dobramento do CA-50 soldável em relação à ductilidade do CA-50 convencional. Esta maior ductilidade é muito importante no caso dos dobramentos realizados em obra, os quais, na maioria das vezes, são realizados sob condições extremamente severas, utilizando pino de diâmetro muito fino e/ou velocidade de dobramento elevada, em desacordo com as prescrições de Norma. Nestas situações, um produto de maior ductilidade é bem menos susceptível a trincas ou fissuras durante a operação de dobramento.

DESENVOLVIMENTO DE ARMADURAS SOLDADAS

As armaduras soldadas são utilizadas em todo o mundo há

vários anos. Na Europa, em particular, esta utilização é bastante ampla em praticamente todos os principais países do bloco europeu.

No caso do Brasil o uso de armaduras soldadas se restringia, até há cerca de dois anos, apenas aos seguintes produtos: (a) telas soldadas e treliças produzidas a partir do CA-60; (b) pequenas armaduras de dimensões padronizadas utilizadas na auto-construção, principalmente pequenas colunas ou pilares produzidos a partir de CA-50 e CA-60 e pequenas "sapatas" produzidas a partir de CA-50. Em todos estes casos o CA-50 utilizado era do tipo soldável produzido em "leito de barras"; (c) armaduras para estruturas pré-fabricadas produzidas em algumas indústrias de pré-fabricados a partir de CA-60 e CA-50 soldável produzido em "leito de barras".

O desenvolvimento do Belgo 50 soldável na forma de rolo, formato este típico dos vergalhões utilizados em instalações de corte e dobra, aliado à implantação das instalações de corte e dobra "Belgo Pronto" na maioria dos Estados brasileiros, possibilitou o pleno desenvolvimento de todos os tipos e tamanhos de armaduras soldadas, em quaisquer formatos, cilíndricos, retangulares etc., para quaisquer tipos de estrutura.

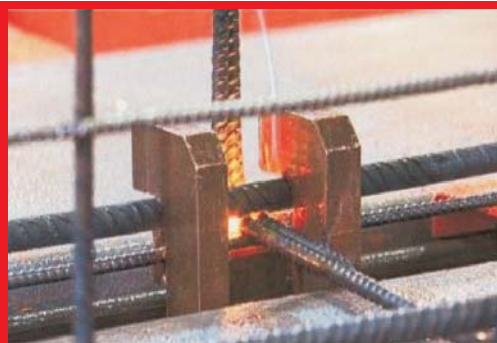
A contribuição das instalações de corte e dobra "Belgo Pronto" para o desenvolvimento das armaduras sol-



Figura 1 - Processos de resfriamento e reaquecimento (revenimento)



Caldeamento por resistência elétrica -



Detalhe mostrando o processo de caldeamento

VANTAGENS E DESVANTAGENS DAS ARMADURAS SOLDADAS EM RELAÇÃO ÀS ARMADURAS AMARRADAS COM ARAME RECOZIDO

Vantagens

- 1) Maior produtividade da mão-de-obra;
- 2) Custos menores dos insumos de soldagem em relação ao custo do arame recozido;
- 3) Não necessidade de soldagem de 100% dos pontos de interseção. Em alguns casos basta soldar cerca de 50% a 70% dos pontos;
- 4) Maior rigidez das peças e portanto maior facilidade de manuseio;
- 5) Melhor controle dos espaçamentos dos estribos;
- 6) Racionalização do canteiro de obras, com a disponibilização dos espaços destinados à montagem de armaduras: as entregas das armaduras pelo "Belgo Pronto" é feita parceladamente à medida que a obra avança;
- 7) Maior rapidez na execução da obra.

Desvantagens

- 1) Baixa densidade de carga no transporte;
- 2) Necessidade, em algumas obras, de equipamentos adequados, guias, guinchos etc., para descarregamento e/ou içamento das armaduras;
- 3) Necessidade de planejamento da soldagem: algumas armaduras ou barras de determinadas armaduras ou mesmo alguns pontos de cruzamento ou pontos de interseção de barras, em razão de dificuldades operacionais durante a montagem final na forma, não devem ser soldados;

dadas se deve ao fato de que nestas instalações há um ambiente de fábrica, onde os parâmetros de qualidade da solda podem ser controlados com maior rigor.

É oportuno ressaltar que a confecção de armaduras soldadas em ambientes de obra é não recomendada, devendo ser executada apenas em casos especiais e sob estrito controle de todos os parâmetros que interferem no processo de soldagem, tais como limpeza superficial, umidade das barras, temperatura ambiente, correntes de ar, qualificação do soldador etc.

PROCESSOS DE SOLDAGEM E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NA FABRICAÇÃO DE ARMADURAS SOLDADAS

A soldagem em geral envolve a aplicação de uma elevada densidade de energia em um pequeno volume do material, o que pode levar a alterações estruturais e de propriedades importantes na região da solda e próxima a ela, a chamada ZTA, Zona Termicamente Afetada.

No caso das armaduras soldadas e também no caso das emendas de vergalhões por solda, uma maneira de evitar as alterações acima citadas é a utilização de materiais que sejam menos sensíveis à operação de soldagem, tal como é o caso dos vergalhões soldáveis que apresentam um baixo teor de carbono equivalente.

Os processos de soldagem normalmente utilizados e recomendados para a fabricação de armaduras soldadas são o processo MIG, manual ou robotizado, utilizando arames bitolas finas de até 1,0mm ou o processo de caldeamento por resistência elétrica, cuja operação normalmente é feita utilizando-se máquinas automáticas, tal

como no processo utilizado na fabricação de telas e treliças soldadas.

É também bastante comum a utilização de ambos os processos, MIG e caldeamento por resistência elétrica, em uma mesma armadura. Neste caso, em geral a pré-montagem é feita utilizando-se máquinas automáticas de soldagem por resistência elétrica e a montagem final é feita via processo MIG, manual ou robotizado.

Algumas armaduras são apenas parcialmente soldadas devido a dificuldades operacionais durante a colocação na forma. Nestas situações a montagem final das barras é feita na obra de maneira convencional, utilizando arame recozido para amarração.

O desenvolvimento de máquinas e robôs de soldagem exclusivos para a fabricação de armaduras soldadas está em franco desenvolvimento na Europa, com novos lançamentos a cada ano. Estes novos equipamentos utilizam os dois processos citados.

Os sites mencionados nas referências bibliográficas mostram catálogos de diversos tipos de máquinas, robôs e dispositivos de soldagem. Nos sites www.mepgroup.com e www.schnell.it podem ser vistos também vídeos mostrando operações de soldagem robotizadas ou manuais. O acesso aos sites foi realizado em 1.º de julho de 2006.

As fotos apresentadas neste artigo mostram também algumas máquinas e robôs de soldagem de armaduras e uma armadura produzida no "Belgo Pronto" pelo processo MIG manual.



Máquina Cage Master - Progress Maschinen & Automation (Alemanha) - Processo Robô MIG (www.progress-m.com)



Tubulão produzido com solda MIG manual em instalações do 'Belgo Pronto' (vergalhão utilizado: barras endireitadas a partir de Belgo 50 soldável produzido em rolo)

4) A soldagem de armaduras não é recomendada, por alguns calculistas brasileiros, nos casos onde a estrutura é submetida a cargas dinâmicas que podem provocar fratura do aço por fadiga na região da solda – estas situações, entretanto, são bastante raras.

NORMAS BRASILEIRAS APLICÁVEIS À SOLDAGEM DE VERGALHÕES

Definição de aço soldável

O item 8.3.9 da NBR 6118/2003 (Projeto de estruturas de concreto – Procedimento), estabelece: para que um aço seja considerado soldável, sua composição química (análise de panela), deve obedecer aos seguintes limites percentuais máximos: C = 0,35%; Mn = 1,50%; Si = 0,50%; P = 0,050%; S = 0,050%.

Carbono Equivalente (CE) = 0,55%, onde $CE = C + Mn/6 + (Cr + V + Mo)/5 + (Cu + Ni)/15$

Normas relativas a emendas por solda

1) O item 8.1.5.4.4 da NBR 14931/2003 (Estruturas de concreto – Execução – Procedimento), traz uma novidade em termos de soldagem quando afirma que apenas podem ser emendadas por solda barras de aço com características de soldabilidade, ou seja, aço soldável conforme acima definido;

2) O item 8.1.5.4.5 da NBR 14931/2003 estabelece que as emendas das barras devem satisfazer o limite de resistência convencional à ruptura das barras não emendadas, conforme NBR 7480 e que no ensaio de qualificação o alongamento (base = 10 x diâmetro), da barra emendada deve atender a um mínimo de 2%;

3) O item 7.3.3.10 da NBR 9062/2006 (Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado), exige CA 50 soldável nos casos onde se utiliza solda;

4) O item 8.1.5.4.6 da NBR 14931/2003 estabelece os critérios de amostragem, aceitação e rejeição para emendas de barras, critérios estes baseados na NBR 5426 (Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos – Procedimento);

5) NBR 8548/1984 (Barras de aço destinadas a armaduras para concreto armado com emenda mecânica ou por solda – Determinação da resistência à tração – Método de ensaio);

6) NBR 11919/1978 (Verificação de emendas metálicas de barras para concreto armado – Método de ensaio).

Normas relativas a armaduras soldadas

1) O item 8.1.5.5 da NBR 14931/2003 (Estruturas de concreto – Execução – Procedimento), permite oficialmente a utilização de armaduras soldadas quando afirma: no caso de aços soldáveis a montagem das armaduras pode ser feita por pontos de solda;

2) As únicas armaduras para as quais existem normas específicas são as telas (NBR 7481/1990 – Tela de aço soldada – Armadura para concreto), e as treliças (NBR 14862/2002 – Armaduras treliçadas eletrosoldadas – Requisitos), ambos os produtos produzidos a partir da categoria CA-60.

Para as demais armaduras, vigas, pilares etc. ainda não há normas brasileiras ou normas internacionais disponíveis.

Resumo das principais restrições de Norma


Conforme NBR 14931/03 apenas barras e fios de aço soldáveis, ou seja, com a restrição de composição química já mencionada, podem ser emendados por solda; bem como apenas barras e fios de aço soldáveis podem ser utilizados em armaduras soldadas.

O CA-50 não soldável, ou seja, o CA-50 convencional, sem restrições de composição química, não pode ser utilizado em nenhum dos dois casos acima citados.

CONCLUSÕES

O desenvolvimento feito pela Belgo, de forma pioneira no Brasil, do vergalhão categoria CA-50 soldável ou Belgo 50-S, na forma de rolo, permitiu o pleno desenvolvimento de armaduras soldadas no país.

A utilização de máquinas e robôs de soldagem, em substituição à soldagem manual, é cada vez mais intensa, principalmente na Europa. Alguns destes equipamentos já estão sendo utilizados pelo “Belgo Pronto” e acreditamos que o caminho europeu certamente será seguido pelo Brasil.

As vantagens das armaduras soldadas superam por larga margem eventuais desvantagens. 

* *Arildo Batista é engenheiro metalurgista da Belgo Siderurgia S.A.*
E-mail: arildo.batista@arcelor.com.br

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) Andrade, J. L. M.; Secco, Arnaldo M. R. - Emendas com Solda - Cuidados e procedimentos básicos na confecção de emendas. Disponível em www.arcelor.com.br - Belgo Grupo Arcelor - Produtos - Construção Civil - Artigos.
 - 2) Modenesi, Paulo J.; Marques, Paulo V.; Santos, Dagoberto B. - Introdução à Metalurgia da Soldagem - UFMG - Depto. Engenharia Metalúrgica e de Materiais - março/2004.
 - 3) Assembling Reinforcing Bars by Fusion Welding in the Fabricating Shop - Engineering Data Report number 53 - CRSI - Concrete Reinforcing Steel Institute - USA.
 - 4) Armaduras pasivas de acero para hormigón estructural - Corte, doblado y colocación de barras y mallas - Tolerâncias - Formas preferentes de armado - Norma española UNE 36831 - abril/1997.
 - 5) Progetto di norma Prodotti per Cemento armato - Sagomatura barre in acciaio per cemento armato. Projeto de Norma italiana em andamento ref. E 16.12.661 - 12/2004.
 - 6) Especificaciones para la ejecución de uniones soldadas de barras para hormigón estructural - Norma española UNE 36832/97.
 - 7) <http://www.schnell.it> (Products - Reinforcement Assembly).
 - 8) <http://www.mepgroup.com> (Products - Cage assemblers and cage making machines).
 - 9) <http://www.stema.dk> (Products/Manufacturing/Welding/rollmaster40w/images).
 - 10) <http://www.progress-m.com>
- Obs.: o acesso aos sites citados foi realizado em 01/07/2006.