

5. Tópicos Gerais de Chapas Revestidas

GalvInfoNote

5.1

Medição de Dureza de Chapas Revestidas

Rev 1.0 Set 2012

Introdução

“A dureza de um material é um termo pouco definido que possui muitos significados, dependendo da experiência da pessoa em questão.”¹

De modo geral, a dureza implica na resistência à deformação e, para metais, é uma medida de sua resistência à deformação permanente ou plástica. Metalúrgicos, incluindo aqueles que trabalham na indústria de chapas de aço revestidas, estão preocupados com os mecanismos de ensaio e definem dureza como uma medida de resistência do aço-base à penetração realizada por um penetrador de formato fixo sob carga estática. A citação que precede este parágrafo faz alusão a este fato (ao contrário do que muitas pessoas pensam) que a “dureza do tipo Brinell não é uma propriedade fundamental de um tipo de material”². Este é o caso, embora relações tenham sido desenvolvidas entre valores de dureza e outras propriedades de materiais, tais como o limite de resistência à tração. Para um engenheiro de projetos, tal relação pode ser importante; porque a dureza significaria uma quantidade fácil e específica que indica a resistência do material. Certamente, muitas informações podem ser derivadas do ensaio de dureza, embora ele exija uma avaliação inteligente dos resultados utilizando o conhecimento da composição e da condição do aço quando testado. Fatores que influenciam a precisão do teste também devem ser compreendidos. Esta GalvInfoNote oferece um guia para utilização dos valores de dureza e como eles se relacionam com as especificações de aço revestido, além de sua adequação para a utilização final pretendida.

Utilidade do Teste de Dureza

Inspeção e controle do processo – Muitos processos sofridos pelo aço, como tratamento térmico e trabalho a frio, resultam em mudanças na dureza. Os ensaios de dureza são, portanto, um excelente método de monitorar rapidamente, e sem destruir o produto, a fim de auxiliar no controle do processo. Os limites de especificação para dureza são estabelecidos em pontos-chave do processo no fluxo de produção e ensaios periódicos são conduzidos para garantir que o produto, ao final do processo, esteja dentro dos limites. Estes testes podem ser feitos rapidamente, permitindo uma rápida confirmação de que o processo está sob controle, isto é, que uma linha de galvanização está alcançando, com um alto grau de probabilidade, o nível adequado de recozimento do aço-base. Os limites de controle de dureza impostos neste tipo de processo são desenvolvidos para um produto e uma linha de revestimento específicos, não sendo estes limites necessariamente retirados a partir de uma especificação de produto da indústria. Eles, na verdade, podem não representar a dureza do produto quando ele for finalmente utilizado porque, com o tempo, alguns aços “encruam-se por envelhecimento”. O endurecimento por precipitação é um fenômeno natural que ocorre em muitos aços com baixo teor de carbono e, embora o ensaio de dureza em aços encruados possa mostrar um valor alto, eles ainda podem estar aptos para a utilização pretendida.

Outras propriedades de chapas revestidas estimadas a partir da dureza – Embora seja possível utilizar a dureza para estimar o limite de resistência à tração aproximado de um aço com baixo teor de carbono tratado termicamente, o ensaio de dureza não é substituto para o ensaio de tração. Na indústria de produção de chapas revestidas, os ensaios de dureza são utilizados, em sua maioria, para verificar se os processos que alteram as propriedades do aço estão dentro dos limites de controle. Para muitos desses produtos, é necessário verificar ainda a adequação para a utilização final, através de testes de tração e deformação mais complexos e demorados. Somente o ensaio de dureza não é capaz de fornecer informações confiáveis sobre como o aço se comporta durante a conformação. Um ensaio de dureza pode facilmente diferenciar uma chapa de aço de dureza total, ½ de dureza, ¼ de dureza e completamente recozida. Ele pode ainda destacar as diferenças entre as classificações comerciais e de estampagem de chapas recozidas, mas não fornece informações confiáveis sobre as propriedades de elasticidade e estampabilidade destas classificações.

Para peças de aço de liga e/ou com altos teores carbono tratadas termicamente, o ensaio de dureza é um teste de controle de qualidade muito confiável que pode mostrar pequenas diferenças de dureza³. Para chapas de aço recozidas macias com baixo teor de carbono, é um teste “de valores aproximados”; em casos em que a conformação é crítica, isso deve ser confirmado através de um ensaio mecânico mais extenso, pois a pequena diferença na dureza pode, ou não, ser significativa. A dureza de muitos aços de liga e/ou com altos teores carbono tratados termicamente está relacionada à sua resistência à tração, mas é significativo notar que os

gráficos de conversão de dureza publicados (disponibilizados pelos fornecedores de equipamentos – consulte a referência 2) não mostram a resistência à tração aproximada para valores de dureza menores do que Rockwell B 72. Abaixo desse valor, a relação não é exata.

Tipos de Teste de Dureza

Enquanto há três métodos gerais de testes de dureza, a saber, dureza a riscos, dureza de distanciamento e rebote ou dureza dinâmica; para todas as intenções e propósitos o teste de dureza de distanciamento é o único método utilizado em produtos de aço. Há inúmeros métodos de dureza por distanciamento. Os mais comuns são: o ensaio de dureza Brinell, o ensaio de dureza Rockwell, o ensaio de dureza Vickers e o ensaio de dureza micro. Para a maioria dos produtos de aço, o teste de dureza Rockwell é utilizado. Ele contém uma série de escalas capazes de cobrir a faixa de dureza encontrada em produtos de aço. Este artigo lida somente com o ensaio de dureza Rockwell, focando nas escalas utilizadas para chapas de aço recozidas.

Ensaio de Dureza Rockwell de Chapas de Aço

O ensaio de dureza Rockwell é o ensaio de dureza mais amplamente aceito, não só para o aço, mas para muitos outros metais. É um ensaio muito rápido, que leva cerca de 5 a 10 segundos e pode ser utilizado em chapas tão finas quanto 0,006 pol. [0,15 mm]. Um ensaio Rockwell é baseado na medição da profundidade de penetração de um penetrador, com o resultado mostrado diretamente num calibre com mostrador ou numa tela digital. Em especial, ele mede a profundidade adicional alcançada por uma esfera de carboneto, ou perfurador de diamante, quando forçada contra o material por uma carga pesada (superior), além da profundidade causada por uma carga mais leve (inferior) aplicada anteriormente⁴. Números altos de dureza Rockwell representam aços rígidos e baixos representam aços mais macios.

Há dois tipos principais de ensaios de dureza Rockwell – Regular e Superficial. Embora haja mais de 30 escalas de dureza Rockwell diferentes entre essas duas categorias, somente três ou quatro são adequadas para as chapas de aço. Essas são a escala Regular Rockwell B e as escalas Superficiais Rockwell 45T, 30T e 15T.

- O ensaio Regular Rockwell B utiliza uma esfera de 1/16", uma carga inferior de 10 kgf (quilogramas-força), e uma carga superior de 100 kgf
- O ensaio Superficial Rockwell 45T utiliza uma esfera de 1/16", uma carga inferior de 3 kgf, (quilogramas-força), e uma carga superior de 45 kgf
- O ensaio Superficial Rockwell 30T utiliza uma esfera de 6" uma carga inferior de 3 kgf, (quilogramas-força), e uma carga superior de 30 kgf
- O ensaio Superficial Rockwell 15T utiliza uma esfera de 1/16" uma carga inferior de 3 kgf, (quilogramas-força), e uma carga superior de 15 kgf

Portanto, é evidente que as últimas duas escalas penetrariam menos no aço; então, elas são utilizadas em chapas mais finas. Às vezes, a escala 45T é utilizada em chapas de aço mais espessas como uma alternativa à escala B.

Para compreender completamente o porque da utilização das 4 escalas, é preciso entender o que acontece durante ensaio de dureza. O material ao redor de uma penetração Rockwell é "trabalhado a frio", o que significa que é permanentemente deformado. Embora o grau do trabalho a frio dependa do material e qualquer endurecimento por trabalho a frio anterior no aço, investigações descobriram que a espessura de aço afetada é mais ou menos 10 vezes a profundidade da penetração. Portanto, se a espessura da chapa for menor do que 10 vezes a profundidade da penetração, um resultado de dureza preciso não pode ser esperado porque a bigorna de apoio subjacente pode afetar o resultado. Por outro lado, é sempre desejável utilizar a carga mais pesada possível para produzir uma penetração maior que exija mais do material, tornando o resultado mais preciso e representativo. Escolher a escala correta para o material envolvido é um compromisso cuidadoso. É aconselhável consultar a especificação ASTM E18 sobre Métodos de Teste Padrão para Dureza Rockwell e Dureza Rockwell Superficial de Materiais Metálicos (disponíveis em www.astm.org) para procedimentos detalhados sobre como selecionar a escala adequada.

A partir do exposto acima, pode-se ver que o ensaio Rockwell B é utilizado em chapas de aço mais espessas. Na maioria dos casos, para espessuras de 0,040" [1 mm] ou mais, o ensaio Rockwell B é utilizado, mesmo que a escala 45T seja uma opção. Abaixo disso, a escala B pode ser utilizada até 0,026" [0,66 mm] se o aço for

duro o bastante. Abaixo de 0,026", a escala Rockwell 30T é utilizada, até chegar a mais ou menos 0,014" [0.36 mm], dependendo da dureza. Abaixo desta espessura, a escala Rockwell 15T é utilizada, e é exigida para aços macios com 0,016" [0,41 mm] de espessura ou mais finos. Consulte a especificação ASTM E18 para obter os limites de espessura exatos entre as escalas como uma função da dureza da chapa. Para verificar visualmente se uma chapa é muito fina para uma dada escala, examine a área de ensaio diretamente abaixo da penetração para determinar se o metal foi perturbado ou se há uma saliência. Se este for o caso, então a chapa não é espessa o suficiente para a carga utilizada. O "efeito de bigorna" está presente e a próxima escala mais baixa deve ser utilizada. *Não é aceitável testar espessuras múltiplas de chapa numa tentativa de evitar o efeito bigorna.*

Para chapas de aço recozidas, a conversão das leituras obtidas utilizando a Escala superficial de volta para a escala Rockwell B é uma prática comum. Embora seja melhor que os resultados Rockwell sejam relatados na mesma escala que foi utilizada para o ensaio, a conversão dos resultados para a escala B ajuda a evitar confusões, apesar do risco de perda de um pouco de precisão no processo de conversão. Para chapas de aço, o quadro de conversão utilizado deve ser com base na Tabela 2 encontrada em ASTM E 140.

Além de escolher a escala apropriada para evitar o efeito de bigorna, é importante que outras precauções simples sejam observadas para garantir resultados de ensaio reproduzíveis e úteis ^{5, 6}. São eles:

- O penetrador e a bigorna devem estar limpos e bem assentados
- A superfície a ser testada deve estar limpa, seca, lisa e livre de óxidos
- A superfície deve ser plana e perpendicular ao penetrador
- É importante, para precisão, que a amostra do ensaio seja assentada de forma segura e que a peça do teste esteja centralizada sobre a bigorna. Isto é mais fácil de ser obtido se o tamanho da amostra não for muito grande, como 4" x 4", no máximo
- Se uma bigorna de diamante for utilizada, garantir que ela não esteja trincada
- Se uma bigorna de aço for utilizada, garantir que seja plana e sem penetrações

A definição do que consiste um resultado de dureza varia através da indústria de aço. Alguns procedimentos laboratoriais exigem 5 leituras individuais para cada ensaio, com a mais alta e a mais baixa sendo descartadas e fazendo uma média das 3 restantes para obter um resultado final. Em todo caso, a maioria dos procedimentos de ensaio evita depender só de uma leitura.

Ensaio Rockwell e Especificações ASTM para Chapas Revestidas

Por mais que o ensaio de dureza seja utilizado para monitorar a produção de chapas de aço, não é possível solicitar chapas revestidas conforme as especificações da ASTM utilizando faixas de dureza. Muitas classificações de chapas revestidas são vendidas com base no atendimento a especificações de propriedades mecânicas, ou na garantia de que possam ser transformadas em uma peça específica. Quando vendidas conforme especificações de propriedades mecânicas, é necessário utilizar medidas fundamentais como resistência à tração, limite convencional de elasticidade ou alongamento. Garantir que determinado produto esteja dentro de uma certa faixa de uma propriedade não fundamental como a dureza significa que tal faixa teria que ser muito ampla para ser significativa. Também existe o risco de fazer um produto que não seria adequado para a utilização final destinada.

Por outro lado, a tentativa de fabricar um produto com uma faixa de dureza Rockwell extremamente restritiva pode fazer com que haja rejeição desnecessária de um material que pode ser bem conformado para sua utilização final pretendida, sem dificuldades.

Com revestimento versus sem revestimento – considerando que as especificações ASTM para chapas revestidas não mencionam valores de dureza, também não há informações sobre se o teste deve ser realizado com ou sem o revestimento. **É uma prática comum em fábricas de produção de chapas revestidas retirarem o revestimento metálico antes do ensaio de dureza.** Já que é o substrato do aço aquele que dita as propriedades mecânicas das chapas, é o substrato do aço que deveria ser diretamente medido. Alguns laboratórios testam a dureza com o revestimento, para questões de tempo ou porque eles podem não ter os meios para retirar o revestimento metálico de maneira adequada e segura. O ensaio realizado desta maneira é conhecido por afetar o resultado, embora o grau não tenha sido quantificado. O ensaio de dureza realizado com o revestimento é menos confiável.

Resumo

O ensaio de dureza Rockwell é uma ferramenta muito útil e rápida na indústria de metais. No caso de aços endurecidos, ele pode, de maneira fácil e não destrutiva, apontar pequenas diferenças nas propriedades. Na indústria de chapas de aço com baixo teor de carbono recozido, o teste é útil para o controle de produção, e seleção dentre as diferentes classificações de dureza. No entanto, as especificações ASTM para chapas revestidas não contêm limites de faixa de dureza, pela simples razão de ser uma propriedade não fundamental e que não pode ser utilizada de maneira confiável para prever o comportamento de produtos recozidos em operações de conformação.

Referências:

- 1) Dieter, Jr, George E., Mechanical Metallurgy, McGraw-Hill, New York, 1961, p. 282.
- 2) Wilson Instruments, Fundamentals of Rockwell Hardness Testing, WB1226, www.wilsoninstruments.com
- 3) Dieter, Op. Cit. p. 290.
- 4) Wilson Instruments, Op. Cit. p. 7
- 5) American Society for Metals, Metals Handbook, 1948, pp. 93-105.
- 6) McGhee, Douglas B., Common Problems in Rockwell Hardness Testing, Heat Treating Progress, May/June, 2004.

Copyright 2012 – IZA

Isenção de Responsabilidade:

Artigos, relatórios de pesquisas e dados técnicos são fornecidos apenas para fins informativos. Embora os editores esforcem-se para fornecer informações precisas e atuais, a Associação Internacional do Zinco não abona os resultados das pesquisas e informações relatadas neste comunicado e se isenta de toda e qualquer responsabilidade por danos resultantes da confiança nos resultados relatados ou outras informações contidas neste comunicado, incluindo, mas não limitando a, danos acidentais ou consequentes.
