

Hard Spot: Novo Desafio Para os Dutos Petrolíferos de Aço



ANTONIO AUGUSTO GORNI

agorni@iron.com.br
www.gorni.eng.br

Engenheiro de Materiais pela Universidade Federal de São Carlos (1981); Mestre em Engenharia Metalúrgica pela Escola Politécnica da USP (1990); Doutor em Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual de Campinas (2001); Especialista em Laminação a Quente. Autor de mais de 200 trabalhos técnicos nas áreas de laminação a quente, desenvolvimento de produtos planos de aço, simulação matemática, tratamento térmico e aciaria.

De forma geral, à medida em que uma jazida petrolífera vai sendo explorada, ocorre um aumento nos teores de ácido sulfídrico (H₂S), o chamado sour gas, nos fluidos dela extraídos. Esse ácido reage com água sobre a superfície dos tubos de aço que conduzem esses fluidos, gerando hidrogênio atômico que se difunde prontamente no metal. Esses pequenos átomos acabam sendo aprisionados em defeitos microestruturais, como inclusões não-metálicas alongadas e vazios, formando então moléculas diatômicas de H₂ que não mais se difundem e, portanto, se acumulam nesses locais, formando uma bolha que assume pressão crescente ao longo do tempo e que pode levar à formação de trincas potencialmente perigosas para o duto, especialmente se ela ocorrer em regiões endurecidas e frágeis.

Portanto, a ocorrência dos chamados hard spots (“pontos duros”), ou seja, regiões com dureza superior a 250 HV na parede do tubo, constituem motivo para sua rejeição caso ele deva ser usado no chamado sour service, ou seja, conduzindo fluidos petrolíferos com teores significativos de H₂S. Defeitos grosseiros desse tipo, com dimensões

acima de 50 mm, podem ser causados por resfriamento rápido durante a laminação a quente, queimaduras durante a soldagem a arco e encruamento decorrente, por exemplo, de marcas de esmerilhamento. Tubulações já existentes, mas que passaram a atuar sob sour service, precisam ser testadas quando à presença de hard spots, o que é feito pela passagem de um dispositivo para inspeção de dutos (pipeline inspection gadget ou pig), o qual utiliza métodos não destrutivos para efetuar a medição da dureza do aço. Uma vez identificados, os hard spots requerem ação remediadora, na forma de revestimento protetivo ou controle de proteção catódica.

Até há pouco tempo atrás se acreditava que o problema do hard spot estava restrito a tubos produzidos antes de 1960, tendo ocorrido em função de falhas específicas de fabricação ocorridas em algumas poucas plantas americanas. Tanto é que nunca foi prática usual efetuar medições massivas de dureza em chapas grossas destinadas à fabricação de tubos. Contudo, esse problema voltou à tona de forma dramática após a ocorrência de uma série de vazamentos num gasoduto recém-construído no campo de Kashagan, no mar Cáspio, em 2014. A origem dessas trincas foi atribuída ao trincamento sob tensão induzido por sulfeto em minúsculas áreas do tubo, com tamanho de alguns poucos décimos de milímetro, que inesperadamente apresentaram altos valores de dureza, tanto próximo a juntas soldadas, como no corpo do tubo.

O completo ineditismo e a falta de informações concretas sobre esse novo defeito ameaçaram promover um retrocesso nas especificações de materiais para tubos de grande diâmetro, tendo até havido propostas



Sistema para inspeção on-line de hard spot em chapas grossas instalado na Dillinger Stahlwerke, Alemanha

em voltar a se usar aços com menores níveis de resistência mecânica, como o API X52, e níveis de dureza abaixo de 220 HV. Contudo, o conseqüente aumento na espessura da parede do tubo que se faria necessário neste caso dificultaria o atendimento aos altos requisitos de tenacidade e de *sour service* típicos dessa aplicação.

Portanto, num primeiro instante, foi necessário caracterizar melhor esse defeito até então inédito no produto, para então se poder estabelecer as relações de causa e efeito no processo de fabricação que levam ao seu aparecimento. O seu tamanho diminuto e caráter subsuperficial dificultam sobremaneira sua identificação, obrigando a uma inspeção total das chapas grossas usadas na fabricação dos tubos, de forma similar ao que já ocorre nos ensaios de ultrassom on-line aplicados para garantir sua sanidade interna. A usina de Dillinger, na Alemanha, benchmark de tecnologia em chapas grossas, logo instalou em sua área de acabamento de chapas grossas um sistema automático que permite determinar a dureza das chapas grossas de forma massiva e não destrutiva, utilizando método magnético baseado em correntes parasitas. O sistema recebeu o nome de D-TECTOR (Dillinger – Totally Eddy Current Detector) e já está operando de forma rotineira.

Pesquisas posteriores realizadas por empresas petrolíferas, as maiores interessadas no esclarecimento do *hard spot*, apontaram diversas causas para ele. Uma dessas seria a contaminação localizada do aço líquido pelo carbono presente no pó fluxante usado no lingotamento contínuo das placas. Outra possibilidade, bastante intrigante, se baseia no chamado “paradoxo de resfriamento”, fenômeno já conhecido há muito tempo pelos artesões japoneses que

fabricavam espadas para samurais. Eles verificaram que as regiões da lâmina com recobrimento termicamente isolante podem, curiosamente, apresentar maiores taxas locais de resfriamento sob ação de água em relação às regiões onde o revestimento não foi usado. Portanto, pequenas heterogeneidades locais na espessura da carepa (óxido) isolante sobre o esboço podem levar a grandes variações nas taxas locais de resfriamento, promovendo a formação de pontos endurecidos superficialmente onde a carepa fosse mais espessa. Isso levanta a possibilidade de identificar as regiões de uma chapa que poderiam apresentar *hard spots* a partir da imagem térmica da sua superfície superior, determinada imediatamente após seu resfriamento acelerado.

Uma última questão: por que só agora a questão do *hard spot* tornou-se crítica? Em primeiro lugar, uma vez que se trata de uma região minúscula e endurecida subsuperficialmente, é praticamente impossível detectar esses defeitos usando os ensaios mecânicos convencionais de dureza. Portanto, esse defeito pode ter passado despercebido ao longo das várias décadas de fabricação de tubos de grande diâmetro. Esse defeito parece ser danoso somente nos casos em que o fluido conduzido promove um ataque extremamente agressivo por H₂S, o que é relativamente raro hoje, mas pode ficar mais comum no futuro, com o envelhecimento das jazidas petrolíferas. É interessante notar que vários clientes estão procurando verificar se é possível conviver com esse defeito, determinando o nível mínimo de tenacidade necessário para que uma trinca eventualmente nucleada num *hard spot* seja capturada pelo aço e, dessa forma, não ofereça risco à integridade do duto. 