

## **FRATURA DE EIXOS DE MOENDA**

Eixos de moenda de cana-de-açúcar são considerados componentes estratégicos dentro do sistema de moagem, pois sua eventual falha acarreta prejuízos significativos tanto com o alto custo de reposição, como com custos decorrentes do tempo de parada para sua substituição, além de perdas de extração devido ao *by pass* do terno afetado.



Foto 1 - Eixo de moenda fraturado por fadiga durante a safra.

Entretanto, a Welding tem avaliado que, em quase todos os casos de análise de falha de eixos fraturados que passam pelo seu laboratório, raramente estes chegaram a tal situação por terem atingido a vida útil prevista. Tal falha sempre está associada a situações adversas, impostas aos eixos devido a falhas de manutenção ou de material. Podem-se contar nos dedos os eixos fabricados com material adequado que falharam sem ter sofrido reparos de solda, sem ter corrosão intensa em regiões críticas como na de vedação - o que facilita a nucleação de trincas - ou sem ter iniciado a safra já com presença de trincas, devido a falta de inspeção preventiva ou a reparos de solda mal executados.



Foto 2 - O aspecto da superfície de fratura de praticamente todos os eixos fraturados indica propagação de trincas por fadiga e superdimensionamento do eixo, ou seja, a área tomada pela propagação das trincas é muito maior que a da fratura final catastrófica.

Portanto, sentimo-nos seguros em afirmar que, caso não haja adversidades operacionais extremas e as manutenções preventiva e corretiva sejam realizadas de maneira adequada, a vida útil dos eixos de moenda tenderia a ser extremamente longa, já que este componente é superdimensionado e seu limite de fadiga está muito acima dos esforços a que estará submetido em operação normal.

Entretanto, riscos profundos, superfícies grosseiras resultantes de corrosão, trincas, cantos vivos, entre outros, são concentradores de tensão que, somados a desalinhamentos do conjunto que sempre estão presentes, minam a vida em fadiga do eixo. Como o próprio nome já diz, estes concentradores de tensão aumentam a tensão de maneira localizada nesses pontos, onde muitas vezes se ultrapassa - e muito - a tensão suportada pelo material, nucleando trincas. Uma vez nucleadas, estas trincas passam a se propagar em condições operacionais normais, podendo fraturar o eixo durante a safra ou exigir que este seja sucataado ou reconicionado por soldagem na entressafra.



Foto 3 - Eixo sem a camisa, com corrosão intensa e nucleação de trinca na região de vedação.

A Welding defende o conceito de que se alguns parâmetros técnicos forem obedecidos, dificilmente um eixo de moenda virá a fraturar em condições normais de operação. Estes parâmetros podem ser resumidos no seguinte:

1. Adquirir a matéria-prima adequada, utilizando-se de especificação técnica para efetuar a compra. Para tanto, a Welding disponibiliza gratuitamente a ETP 100-01 "Eixo de Aço Carbono Forjado para Moenda", para que qualquer interessado a utilize em processos de compra.

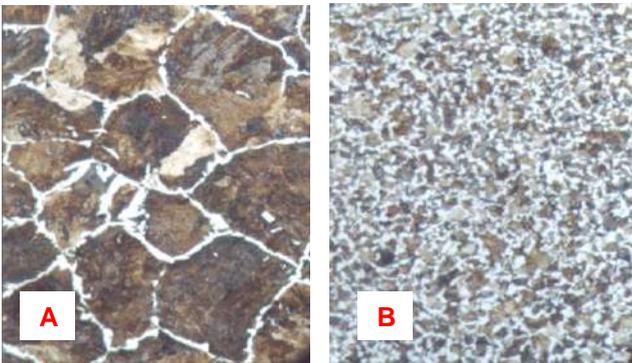


Foto 4 - Microestruturas de aço SAE 1045 sem e com tratamento térmico. (A): Aço bruto de forjamento (grosseiro e frágil). (B): Mesmo aço com tratamento térmico adequado, mais tenaz e dúctil, com qualidade extremamente superior quanto à resistência à propagação de trincas.

2. Fabricar o eixo utilizando-se boas práticas de projeto, sobretudo levando-se em conta a Mecânica da Fratura, com regiões de transição suaves, ausência de cantos vivos e bom acabamento de usinagem (baixa rugosidade).
3. Zelar pelo sistema de vedação das mangas, pois se este for eficiente diminuirá a incidência de riscos e de corrosão nesta região, evitando-se, desta forma, a necessidade de recuperação por soldagem.
4. Não montar rodetes com folga excessiva e fazer ajustagem adequada das chavetas, evitando-se, assim, trincas nos canais de alojamento das chavetas.
5. Ao final da safra, realizar inspeções preventivas através de análise visual, dimensional e por ensaios não destrutivos (partículas magnéticas, ultra-som e líquidos penetrantes), empregando mão-de-obra especializada.
6. Cuidados especiais devem ser tomados com os eixos que não terão as camisas removidas (refrisadas). Neste caso, é necessário realizar inspeção por ultra-som utilizando-se transdutor angular para detecção de eventuais trincas localizadas em regiões sob a camisa. Este ensaio é essencial e requer mão-de-obra especializada.

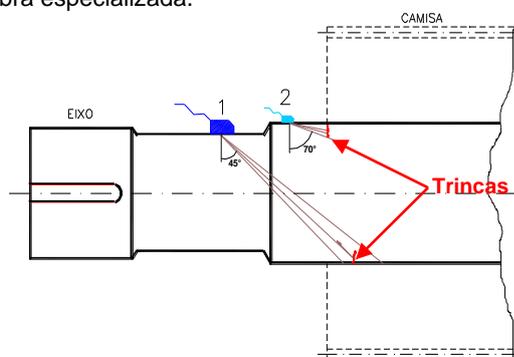


Figura 1 - Representação típica do posicionamento de cabeçotes de ultra-som para detecção de trincas em eixo com a camisa montada.

7. No caso de detecção de trincas durante a inspeção preventiva, estas devem ser eliminadas por usinagem ou por esmerilamento localizado (eventualmente por

goivagem), e as cavidades resultantes devem ser inspecionadas por ensaio de partículas magnéticas fluorescentes para confirmação da eliminação das trincas.

8. Cavidades ou regiões que necessitem de soldagem devem ser recuperadas utilizando-se procedimento adequado que, invariavelmente, envolve os seguintes parâmetros:
  - a) Procedimento e soldadores qualificados.
  - b) Consumíveis fornecidos por fabricantes idôneos e manipulados conforme recomendações das normas pertinentes.
  - c) Pré-aquecimento e pós-aquecimento para alívio de tensões executados através de sistema resistivo, com isolamento térmico eficiente.
  - d) Checagem, durante o processo de recuperação, do cumprimento dos parâmetros especificados no Procedimento de Soldagem.
  - e) Inspeção por partículas magnéticas fluorescentes e ultra-som após usinagem das regiões recuperadas. Realizar, também, inspeção visual e dimensional destas regiões.

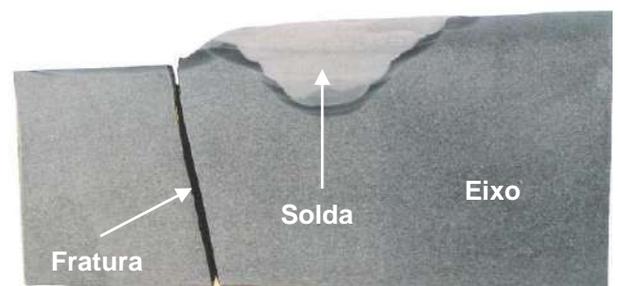
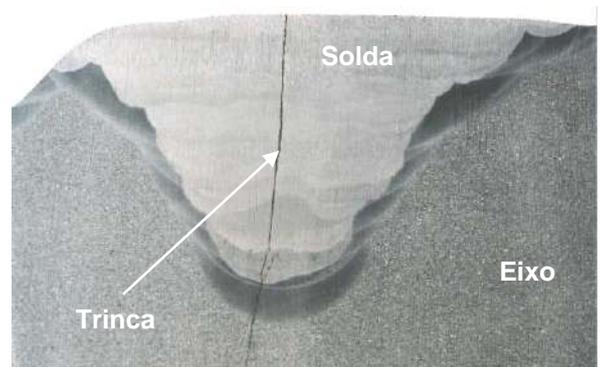


Foto 5 - Corte transversal de eixo recuperado por soldagem deficiente, com trinca iniciada na solda e, em outra posição, fratura iniciada na ZTA.

Os assuntos técnicos deste boletim foram correlacionados a eixos de moenda, entretanto, é sabido que em usinas de açúcar e álcool, vários outros componentes de grande porte são fabricados com o mesmo material. Como é o caso de eixos de volandearias, eixos de mesas alimentadoras, eixos de exaustores, entre outros. Portanto, as recomendações aqui citadas devem ser estendidas a todos estes componentes.