

PAPER REF: XXXX

## **ANÁLISE DO DESGASTE EXCESSIVO DAS FERRAMENTAS DE CORTE DO PARQUE DE MADEIRAS DE UMA INDÚSTRIA DE CELULOSE – ESTUDO DE CASO**

**A.L. Ramalho<sup>1,2(\*)</sup>, F.V.G.R. Pio<sup>3</sup>, P.A.C. Santos<sup>3</sup>, M.C. Gaspar<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Instituto Politécnico de Castelo Branco, Castelo Branco, Portugal

<sup>2</sup>Centro de Engenharia Mecânica, Materiais e Processos (CEMMPRE), Coimbra, Portugal

<sup>3</sup>Engenharia Industrial - Instituto Politécnico de Castelo Branco, Castelo Branco, Portugal

(\*)*Email*: aramalho@ipcb.pt

### **RESUMO**

Este estudo tem como objetivo dar resposta ao desafio que nos foi lançado por uma empresa industrial de produção de pasta de papel – os dentes do descascador do parque de madeiras da sua unidade de industrial apresentavam um desgaste excessivo, face ao expectável, obrigando à sua substituição mensal, implicando custos excessivos, associados ao equipamento, material, recursos humanos e à perda de produção.

O material utilizado, Hardox 500, tem características consideradas adequadas para a utilização requerida, no entanto, concluiu-se neste estudo, que o processo de fabrico das lâminas degradava as suas propriedades mecânicas, conduzindo ao seu rápido desgaste quando colocadas em serviço. A solução proposta, consiste na alteração da tecnologia de corte dos dentes e encontra-se em fase de implementação.

**Palavras-chave:** Desgaste, Dureza, Corte por jato de água, Corte por plasma, Oxicorte, Hardox.

### **INTRODUÇÃO**

O descascador Rotomaster<sup>TM</sup> é uma máquina utilizada para descascar toros num processo de transformação em pasta de papel. Os toros entram para uma câmara fixa do descascador equipada com três rotores ao lado uns dos outros. A todo o perímetro dos rotores há dentes de descasque fixados com pernos. A ação combinada dos rotores a friccionar e a girar os toros com a abrasão dos toros entre si faz com que a casca seja removida dos toros. A casca que seja fibrosa ou com filamentos é cortada pelos dentes e descarregada através das incisões existentes a todo o comprimento da base da câmara, tendo como consequência a limpeza máxima dos toros à saída do descascador. Na figura 1 está representado o descascador Rotomaster<sup>TM</sup>.

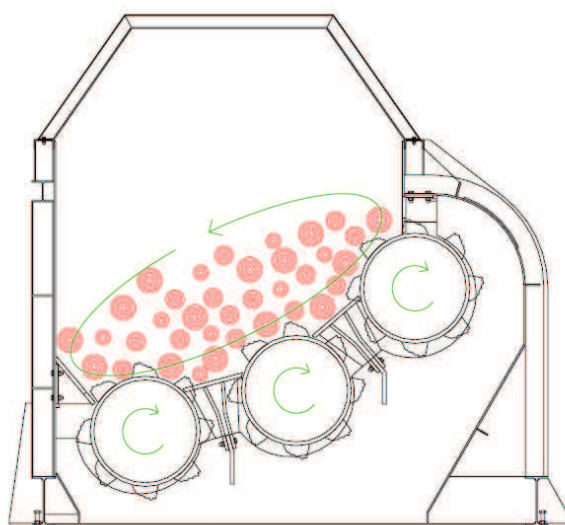


Figura 1 - Desenho funcional do descascador RotomasterTM.

Dos componentes do rotor, pela sua importância na eficiência do funcionamento do descascador, destacam-se os dentes de descasque. Os dentes de descasque são feitos de aço especial de elevada resistência e são dotados de cordões de soldadura com chapa de aço especial para resistirem ao desgaste. Quando um dente fica gasto, o rendimento de descasque diminui. Quando a espessura original de 35 mm tiver sido reduzida para 32 mm ou quando o raio dos fios das lâminas se tiverem gasto até cerca de 5 mm, os dentes devem ser reparados ou substituídos por novos.

Há três tipos de dentes de desgaste instalados no descascador. Os dentes tipo 1 e 2 estão fixados (na configuração atual são soldados) em ambos os suportes e a diferença entre eles é que o tipo 1 tem arestas com soldadura em chapa de metal especial e o tipo 2 não tem. O dente tipo 3 é o chamado cortador de casca e é fixado diretamente à superfície do rotor por soldadura. Na figura 2 está representado um rotor, bem como os três tipos de dentes.



Figura 2 – Rotor e detalhe dos dentes.

Os dentes tipo 1 são constituídos por três laminas fabricadas a partir de uma barra de carboneto de tungstênio ligados por brasagem a um suporte. A elevada dureza do carboneto de tungstênio faz com que o principal modo de ruína destes dentes seja a fratura frágil das lâminas, usualmente por lascagem (*spalling*) da superfície. Este processo tem origem em choque com pedras e outros detritos, sendo mitigado pelo processo de soldo-brasagem das laminas.

Os dentes do tipo 2 são constituídos por seis laminas e são obtidos por corte a partir de uma chapa de aço Hardox 500. A ruína destes dentes ocorre devido a desgaste por abrasão. Para mitigar este processo, por vezes deposita-se um cordão de carboneto de tungstênio no fio das

laminas, por soldadura eletrogénea com um elétrodo Kestra D 60. Verifica-se que a vida destes dentes é manifestamente insuficiente obrigando à sua substituição frequente.

Os dentes do tipo 3 são estruturalmente mais sólidos e estão diretamente soldados no rotor, sendo o seu desgaste por abrasão controlado por revestimento com carboneto de tungstênio depositado por soldadura eletrogénea com um elétrodo Kestra D 60.

No âmbito do presente estudo analisou-se o desgaste prematuro dos dentes do tipo 2.

## TRABALHO EXPERIMENTAL

### Equipamento:

- Microscópio Zeiss Axiotec 100 HD DIC equipado com câmara fotográfica Nikon D70;

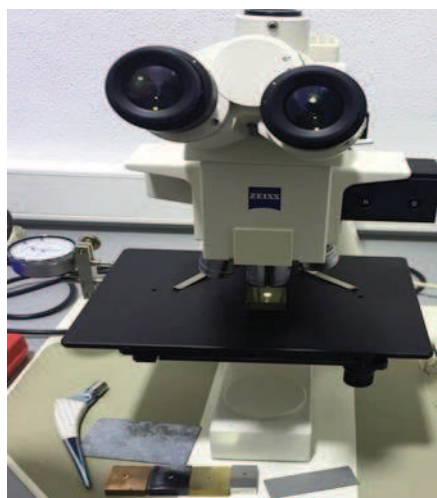


Figura 3 - Microscópio Zeiss Axiotec 100 HD DIC.

- Microdurómetro Shimadzu modelo HMV-2;

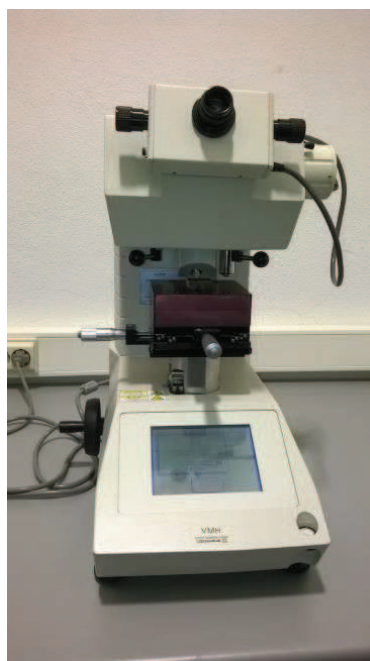


Figura 4 - Microdurómetro Shimadzu modelo HMV-2.

- Polideira Presi Mecapol P200.



Figura 5 - Polideira Presi Mecapol P200.

**Material:**

- Uma amostra do material obtida por corte transversal de um dente desgastado do tipo 2, através de um serrote de fita refrigerado com uma emulsão de óleo de corte;



Figura 6 - Dente desgastado do tipo 2 e amostra encastrada em resina.

- Lixas de diversas granulometrias;



Figura 7 – Lixas para a polideira.

- Solução de Nital a 2 %.

**Procedimento:**

Realizou-se o polimento das amostras até à lixa P 1200, utilizando a Polideira Presi Mecapol P200. Procedeu-se de seguida ao seu polimento com pasta de diamante de 0.1  $\mu\text{m}$ .

A microestrutura do aço Hardox foi revelada por imersão numa solução de Nital a 2%, durante 1 minuto.

Fez-se o exame macrográfico e micrográfico da amostra, utilizando o microscópio Zeiss Axiotec 100 HD DIC. Foram registadas as macrografias e as micrografias com a câmara fotográfica Nikon D70.

Obtiveram-se dois perfis de microdureza Vickers, HV 0,2, ao longo da face de incidência da lamina e ao longo da espessura intermédia da mesma. Foi utilizado o Microdurómetro Shimadzu modelo HMV-2. Foram obtidos os valores de dureza e microdureza na zona central da amostra e na ponta da lamina.

Considerando que os resultados obtidos revelaram valores de dureza muito inferiores ao expectável, bem como uma distribuição de durezas invertida, face à utilização do dente de corte, o procedimento foi repetido com um dente do tipo 2 novo, no seu estado de fornecimento, figura 8. A amostra foi obtida por corte de uma lamina completa com recurso a uma serra de policorte, Labotom-5 da Struers.

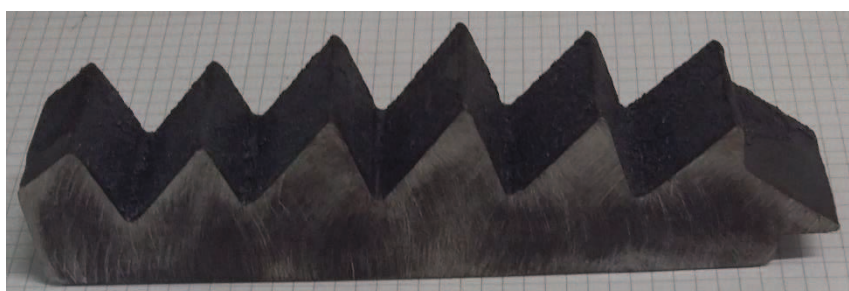


Figura 8 - Dente de corte tipo 2, no estado de fornecimento.

**RESULTADOS**

Observou-se a ocorrência de numerosas porosidades junto às arestas de corte, figura 9.

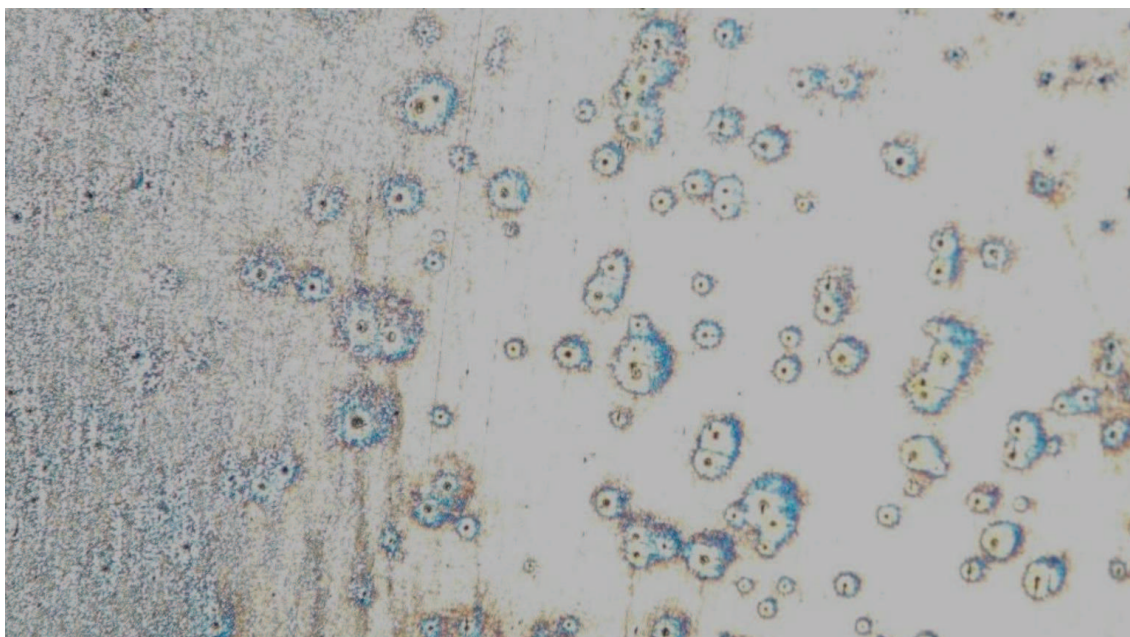


Figura 9 - Macrografia 50 x, junto às arestas de corte.

Na figura 10 está representado uma macrografia da lamina de corte, com a localização das diversas microestruturas observadas.

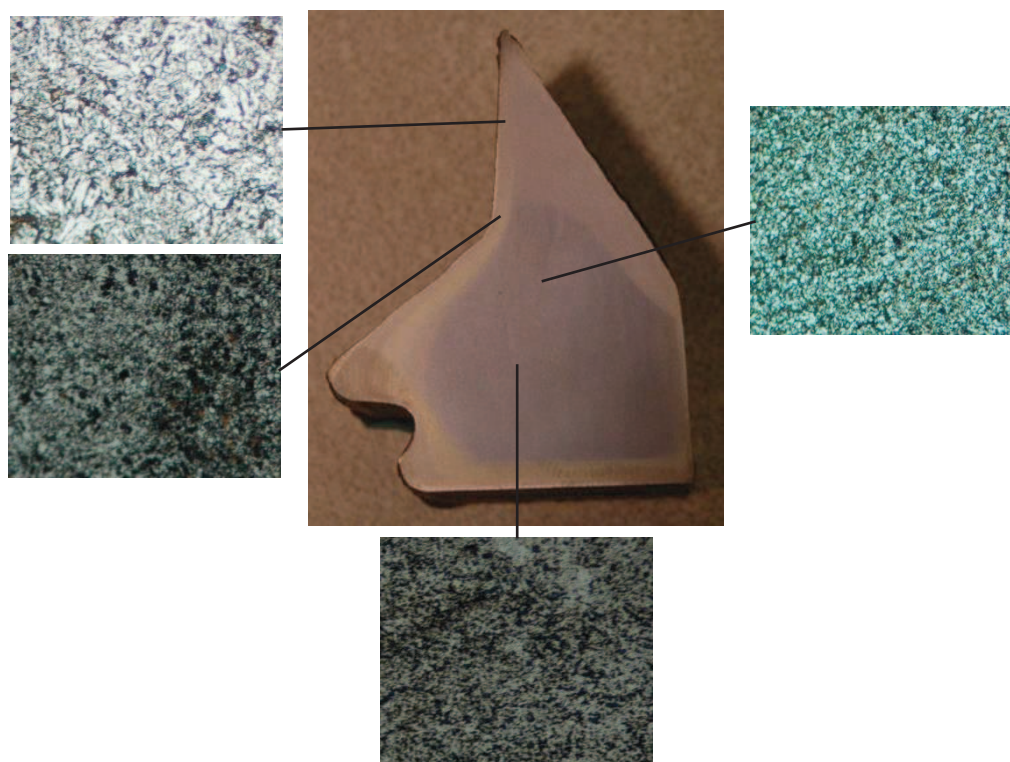


Figura 10 - Macrografia com localização da microestrutura; Fotomicrografia com amplificação 200x.

O Exame macrográfico revela uma zona exterior do dente muito afetada pelo calor (ZAC) gerado pelo processo de corte e uma zona interna, estrutural, onde o efeito térmico é menos visível.

A lamina corresponde, quase na sua totalidade, a uma ZAC.

A microestrutura do dente corresponde a um revenido de etapa superior da martensite. Na zona interna do dente constata-se a ocorrência de uma estrutura sorbítica com pouca martensite e alguma bainite, correspondendo a temperaturas de revenido entre 300 e 500 °C. Nas zonas exteriores a estrutura sorbítica é intercalada com uma estrutura esferodítica, observando-se junto à face, com arrefecimento mais pronunciado, a ocorrência de ferrite de widmanstätten [1 e 2], correspondendo a temperaturas de revenido entre 500 e 650 °C.

Na figura 11 está representado uma macrografia da lamina de corte, com a localização e representação dos perfis de microdureza e das diversas durezas observadas.

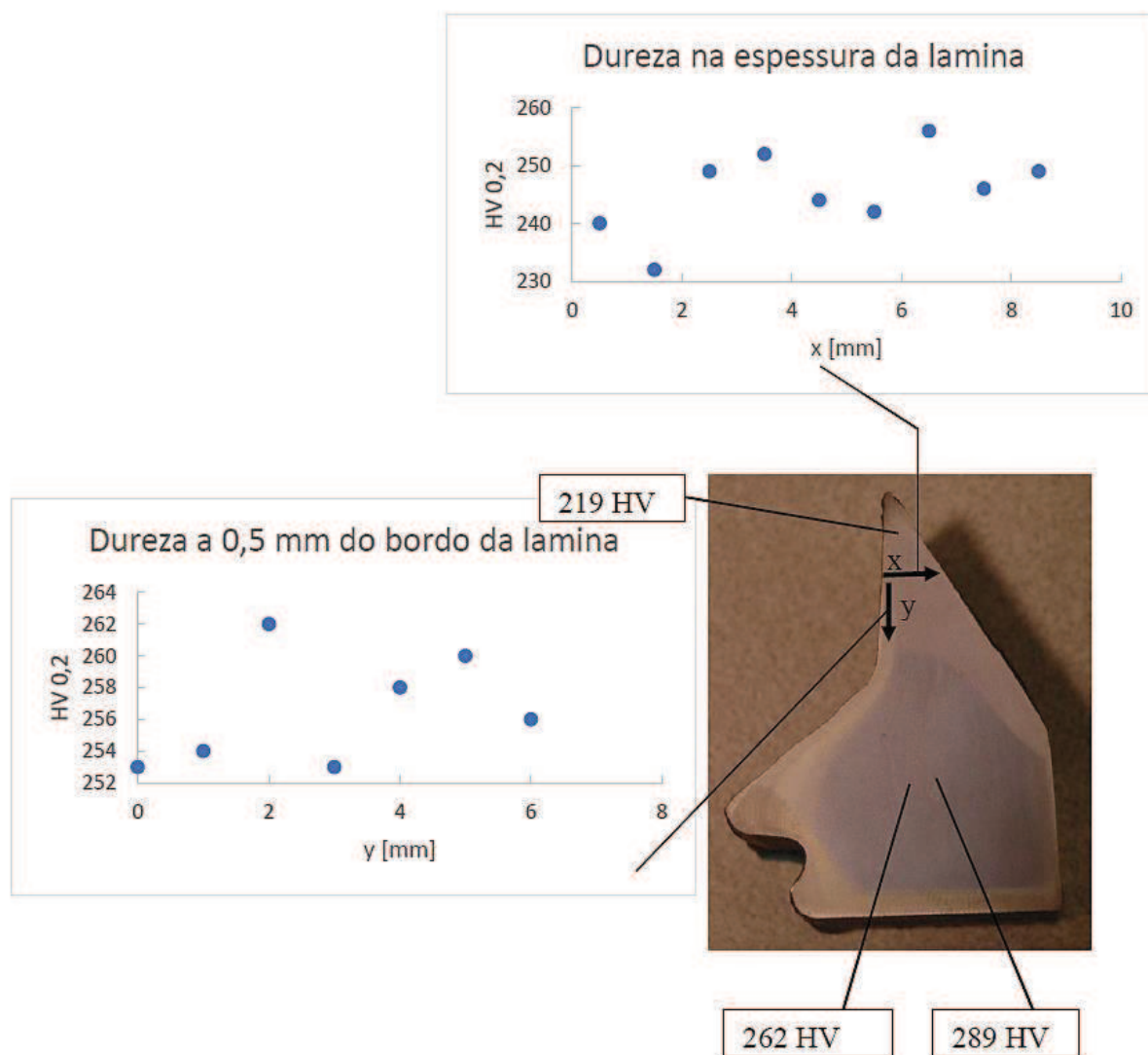


Figura 11 - Macrografia com localização e representação das durezas

As durezas observadas, são características das microestruturas existentes, espectáveis para as faces de corte por processos térmicos de plasma e oxicorte [2-4], não sendo, no entanto, desejáveis para ferramentas sujeitas a processo de desgaste por abrasão, como é o caso das laminas de corte.

## CONCLUSÕES E SUGESTÕES DE TRABALHO FUTURO

O Hardox 500 é um aço estrutural tenaz resistente à abrasão, fornecido no estado martensítico revenido de etapa 1, com dureza nominal de 500 HBW [5]. Dado o seu nível de carbono equivalente, é um aço que apresenta boa soldabilidade. No entanto, para espessuras superiores a 12 mm requer pré-aquecimento [6].

O aquecimento do Hardox 500 para além dos 230 °C induz o revenido de etapa superior do aço, provocando o crescimento do grão e a precipitação de carbonetos, com uma diminuição abrupta da sua dureza. Assim o pré-aquecimento para soldadura não deve, em caso algum, exceder os 200 °C.

Os dentes de tipo 2, no seu estado de fornecimento apresentam uma superfície de corte característica de um processo de corte térmico. Dada a grande superfície de corte, inerente à geometria do dente do tipo 2, prevê-se que a temperatura em grande parte do volume do dente tenha excedido os 350 °C, tendo conduzido à transformação da sua microestrutura, com a consequente degradação das suas propriedades mecânicas, designadamente com a diminuição da sua dureza, para os valores registados no presente estudo.

Os valores de dureza registados não são adequados para o bom desempenho dos dentes do tipo 2, nas condições normais de operação exigidas pelo processo da indústria da pasta de papel.

O corte por jato de água abrasiva, embora apresente custos superiores ao processo de corte por plasma, conduz a um ligeiro aumento da dureza na superfície de corte, pelo que nos parece adequado para manter as propriedades de resistência ao desgaste por abrasão do aço Hardox 500, requeridas para a operação dos dentes do tipo 2 [1 e 4].

Cuidados especiais devem ser tidos no âmbito do processo de soldadura dos dentes no processo de fixação dos mesmos ao seu suporte no rotor, por forma a diminuir a ZAC e manter as superfícies de corte das laminas abaixo dos 230 °C.

Deve ser acompanhada a implementação deste processo, avaliando as condições de encruamento do aço na superfície de corte, com eventuais repercussões na diminuição da sua tenacidade.

## REFERÊNCIAS

- [1] Uzunali U. Y. and Cuvalci H., The Effects of Post Weld Heat Treatment on the Mechanical Properties of Tempered Martensite and High Strength Steel Welded Joints, The 2015 World Congress on Advances in Structural Engineering and Mechanics (ASEM 15), Incheon, Korea, August 25-29, 2015;
- [2] S. Frydman S., Konat Ł, Pękalcki G., Structure and hardness changes in welded joints of Hardox steels, Archives Of Civil And Mechanical Engineering, Vol. VIII, N° 4, 2008;
- [3] Dahil L., Dahil I, Karabulut A., Comparison of advanced cutting techniques on hardox 500 steel material and the effect of structural properties of the material, Metalurgija 53 (2014) 3, 291-294;
- [4] Hardox TechSupport #16 – Atualização do folheto Hardox/Weldox corte IE-14;

- [5] Data Sheet 152en Hardox 500 2015-04-08, SSAB.
- [6] Welding Hardox new- V1-2016-Solodesign AB.