

## **ANÁLISE DE FALHA POR FADIGA EM UM PUNÇÃO DE AÇO VC130**

BRUNO FÉLIX PORTELA<sup>1</sup>, MARCOS DANTAS DOS SANTOS<sup>2\*</sup>, ARISTIDES RIVERA TORRES<sup>3</sup>, JOSÉ COSTA DE MACÊDO NETO<sup>4</sup>, ELISEU LOPES GOMES SANTIAGO<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Esp. em Processos de Fabricação Mecânica, UEA-EST, Manaus-AM. Fone: (92) 98233-5500, bfelix.portela@gmail.com

<sup>2</sup> MSc. Professor em Engenharia Mecânica, UEA-EST, Manaus - AM. Fone: (92) 98147-8343, marcosdantas73@hotmail.com

<sup>3</sup> Dr. Professor em Engenharia Mecânica, UEA-EST, Manaus-AM. Fone: (92) 98446-9339, aristides22s@gmail.com

<sup>4</sup> Dr. Professor em Engenharia de Materiais, UEA-EST, Manaus-AM. Fone: (92) 98265-3945, jotacostaneto@gmail.com

<sup>5</sup> Esp. em Engenharia da Qualidade, UEA-EST, Manaus-AM. Fone: (92) 994957-7625, Eliseu@musashi.com.br

Apresentado no  
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC' 2015  
15 a 18 de setembro de 2015 - Fortaleza-CE, Brasil

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi avaliar a falha por fadiga em um punção de aço VC130 (AISI D3) utilizado para fabricar, por prensagem, um tubo da mesa inferior do guidão de motocicleta. Para avaliação da falha foi realizado os ensaios de dureza Rockwell C, estudo da geometria da peça, análise de tensão utilizando simulação computacional, tratamento térmico e o processo de montagem na prensagem. O resultado das análises mostrou que a causa da falha do punção teve origem nos erros em suas dimensões e no tratamento térmico.

**PALAVRAS-CHAVE:** Falha por fadiga, aço VC130, prensagem.

## **FAILURE ANALYSIS FOR FATIGUE IN A STEEL PUNCH VC130**

**ABSTRACT:** The objective of this study was to evaluate the fatigue crack in a steel VC130 (AISI D3) punch used to make, for pressing, a tube of the lower table of the motorcycle handlebars. For review of failure was performed the Rockwell C hardness test, the part geometry study, stress analysis using computational simulation, the heat treatment and pressing process in assembly. The results of the analysis showed that the cause of the punch failure originated in the mistakes in their dimensions and heat treatment.

**KEYWORDS:** Fatigue failure, VC130 steel, pressing

## **INTRODUÇÃO**

Para a indústria metal mecânica, a matéria prima mais importante é o aço, sendo utilizado em larga escala dependendo da sua aplicação e finalidade nas indústrias. Assim como todos os materiais, os aços em serviço estão sujeitos a deformações, fadigas e consequentemente apresentam uma vida útil (Shahram *et al.*, 2010)

Na atualidade, a atividade dos engenheiros tem sido a fabricação de componentes mecânicos, que são exigidos sob diversas condições de trabalho e projetados para uma vida útil. A prevenção de falhas de componentes em serviços é muito importante. Para esta prevenção, além das características básicas do material, são necessários conhecimentos referentes ao processo de fabricação e as exigências das propriedades mecânicas do componente. Devido à importância das falhas de componentes mecânicos por fadiga, seu estudo vem sendo tema de interesse para engenheiros e pesquisadores, bem como sua análise e prevenção (Norton, 2013). Este trabalho teve como objetivo apresentar as causas de uma falha por fadiga de um punção fabricado em aço VC130.

## MATERIAIS E MÉTODOS

**Composição química:** O aço utilizado no processo na fabricação do punção foi o VC130 (AISI D3). A Tabela 1 mostra a composição química nominal do aço utilizado.

Tabela 1. Composição química nominal da liga VC130.

Símbolo	C	Mn	Si	Cr
VC130 (AISI D3)	2,1%	0,30%	0,25%	11,50%

Fonte: Adaptado de Soares e Pedrosa (2008).

**Fabricação:** Para a fabricação do punção utilizou-se um torno mecânico (fabricante: ROMI, Modelo: TORMAX 30A, país de fabricação: Brasil, ano de fabricação: 2007) e uma fresadora ferramenteira (fabricante: Bener Veker, Modelo: Veker 450 i, país de fabricação: Brasil, ano de fabricação: 2008).

**Tratamento térmico:** Após a usinagem do punção realizou-se os tratamentos térmicos de têmpera e revenido utilizando um forno elétrico (Engefor, tipo Câmara, Brasil, 2011). Para a realização do tratamento de têmpera utilizou-se um óleo de resfriamento (marca Yushiron Oil MH-68, baixa severidade, óleo mineral convencional sem aditivos). A Tabela 2 mostra os parâmetros dos processos de tratamentos térmicos.

Tabela 2. Parâmetros dos processos de tratamentos térmicos de têmpera e revenido.

Parâmetros: Têmpera	Temperatura (°C)	Tempo	
		(h)	(min.)
Temperatura de aquecimento	900-920		20
Método de resfriamento: Imersão em Óleo			

Parâmetros: Revenido	Temperatura (°C)	Tempo	
		(h)	(min.)
Temperatura de aquecimento	400	2	
Método de resfriamento: Ao ar ambiente			

**Ensaio de dureza:** O ensaio de dureza Rockwell Normal, foi realizado em um durômetro (Marca Instron, modelo Wilson Rockwell série 2000) utilizado na escala C (HRC), seguindo a norma JIS Z 2245, com pré-carga de 10Kgf e carga final de 150Kgf com penetrador de diamante. A Figura 1 mostra as regiões “A” e “B” aonde foram realizadas as medições da dureza. Nas regiões “A” e “B” foram realizados cortes utilizando uma cortadora metalográfica marca Pantec modelo. Em seguida as amostras cortadas foram embutidas à quente utilizando uma resina fenólica e uma embutidora metalográfica da marca Pantec, modelo Pre500. Após o embutimento as amostras foram polidas com pasta diamantada de 1µ marca fortel e politriz da marca Pantec modelo Polipan. Após a obtenção de uma superfície plana e polida realizou-se as medidas de dureza na superfície e no centro das amostras.

**Análise Geométrica:** Para esta análise utilizou-se um equipamento de medição (paquímetro digital, Mitutoyo). O desenho mostrando as cotas da peça foi realizado utilizando o software Autodesk AutoCAD 2015. A Figura 2 mostra o desenho técnico do punção com as suas dimensões. Pela Figura 2, observa-se o canto vivo do punção.

Figura 1. Regiões do punção em que foi realizado o ensaio de Dureza Rockwell C. Figura 2. Desenho da peça mostrando as dimensões do punção. Fonte: Própria.

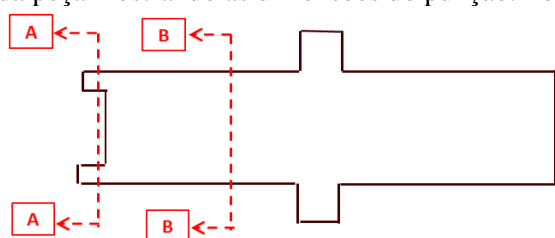


Figura 1

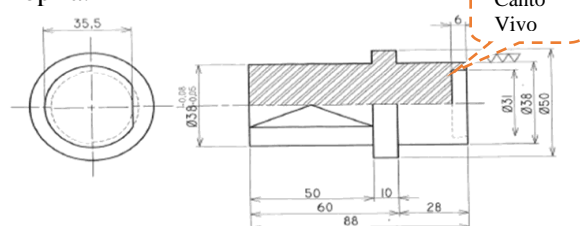
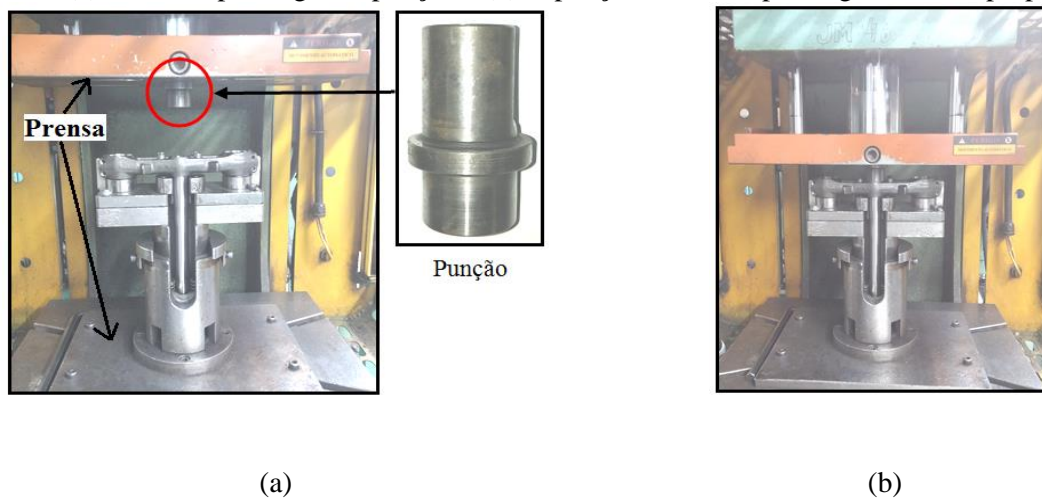


Figura 2

**Análise de tensões:** Para esta análise da região crítica de maior tensão no punção, utilizou-se o software CAD Autodesk Inventor 2016 versão estudante.

**Processo de prensagem:** Este processo ocorreu em um ambiente industrial. Após a fabricação do punção e seu tratamento térmico, o mesmo foi colocado em uso utilizando uma prensa hidráulica (Marca: HIDRAL-MAC, Modelo: PHC-20, Prensa Hidráulica tipo "C") equipado com um manômetro. A pressão utilizada foi de 20MPa. A Figura 3a mostra a forma do punção utilizado no processo de prensagem e a sua localização antes da prensagem. A Figura 3b mostra o punção atuando durante o processo de prensagem. O punção atuou (produziu) sob forças constante há um período de 18 horas por dia. A prensa (Figura 3a) produz aproximadamente 1200 peças/dia. O punção está estimado a uma vida útil de aproximadamente 4 meses até que ocorra a falha. Atualmente o dispositivo apresenta uma vida útil de aproximadamente 2 meses.

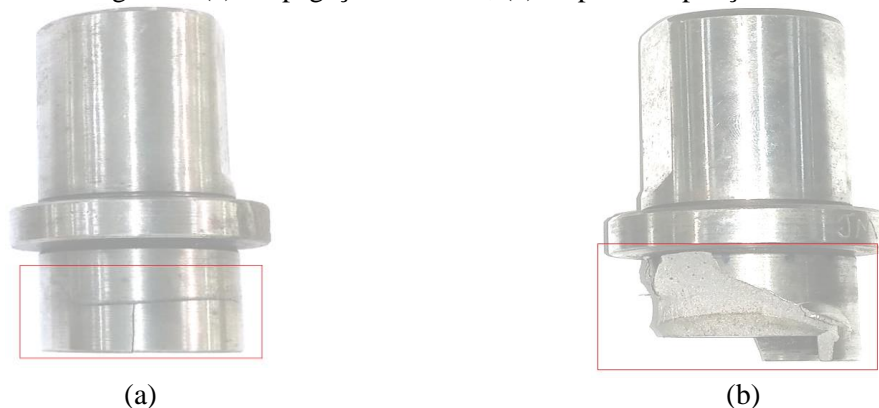
Figura 3. (a) Antes da prensagem e punção e (b) O punção durante a prensagem. Fonte: própria.



## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O punção tem apresentado sérios problemas, onde à trinca parcial ocorre antes mesmo de atingir sua vida útil. As Figuras 4a e 4b mostram o punção com a propagação da trinca e o punção falhado (ruptura) respectivamente. Durante o processo de prensagem observou-se que no estágio inicial a trinca está presente no punção de forma microscópica (Figura 4a), provavelmente, devido a concentração de tensão com origem do tratamento térmico ou de ausência de raios e chanfros em diferentes diâmetros da peça. No estágio seguinte (Figura 4a), ocorreu o crescimento e/ou propagação da trinca de fadiga em um plano perpendicular à força atuante de tração, devido aos esforços durante a prensagem da peça. E no estágio final da vida útil da peça ocorre rompimento brusco (Figura 4b). As características típicas desta falha mostram que foi provocada por fadiga (Collins, 2006).

Figura 4. (a) Propagação da trinca, (b) Ruptura do punção.



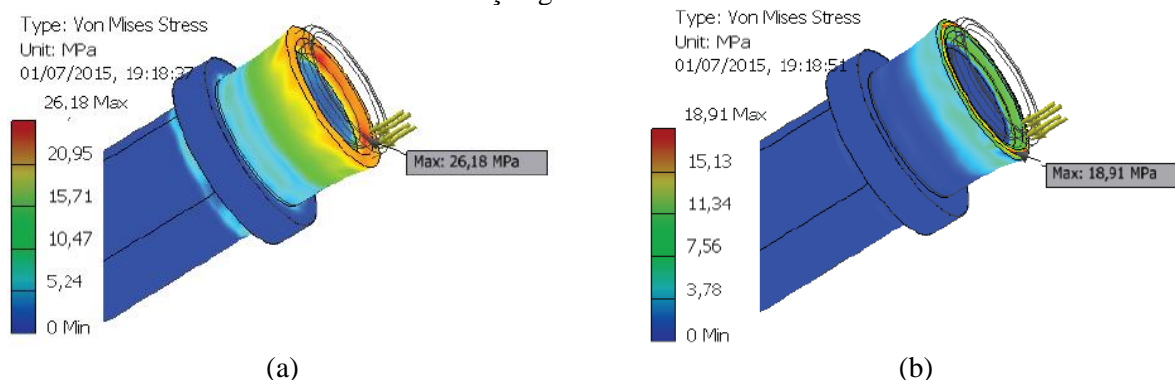
A Tabela 4 mostra os valores da dureza na superfície e núcleos das regiões (A-A e B-B) vista na Figura 2. O resultado mostrou que a dureza nas superfícies foram maiores que as dos núcleos. Isto pode ter contribuindo para o desenvolvimento da falha pois nos cantos vivos poderiam ficar com concentrações de tensões após o tratamento térmico.

Tabela 4. Resultado do teste de Dureza Rockwell no punção com falha.

Medidas	Ponto de Medição	Corte A-A	Corte B-B
<b>Dureza superficial (HRC)</b>	1	60,2	40,7
	2	59,8	39,7
<b>Dureza no núcleo (HRC)</b>	1	58,2	28,9
	2	57,5	28,4

Utilizando um software analisador de tensões foi modificada a geometria do punção onde havia canto vivo foi acrescentado raio de 5mm. Pelas Figuras 5a e 5b observa-se as regiões do punção sem e com modificação geométrica do raio. Conforme Figura 5, aplica-se a uma magnitude de prensagem de 20MPa distribuída na face superior do punção e a região do punção com modificação (Figura 5b) apresentou um menor nível de tensão em relação a sem modificação (Figura 5a).

Figura 5. Análise da região crítica de tensão no punção. (a) Sem modificação geométrica (b) Com modificação geométrica: raio 5mm.



## CONCLUSÕES

De acordo com as evidências da análise e seus resultados pode-se concluir que a falha de fadiga ocorreu no punção. As causas estão relacionadas com a negligência na elaboração do projeto em relação a ausência de raios aumentando nível de tensão na prensagem e em relação ao processo de fabricação no tratamento térmico resultando em baixa dureza, proveniente pela ausência de óleo adequado para têmpera e também do método de aquecimento e resfriamento, no tratamento, inadequado para este tipo de aço VC130.

## REFERÊNCIAS

- Autodesk Inc. Autodesk Inventor Tutorial, 2016.
- Collins, Jack A. Projeto mecânico de elementos de máquinas: uma perspectiva de prevenção da falha. Editora: Livros Técnicos e Científicos, 2006.
- Norton, R. L. Projeto de máquinas: uma abordagem integrada. Porto Alegre: Bookman. 4ª ed. 2013.
- Soares, A.; Pedrosa, R. Têmpera martensítica e revenido do aço RL200 (X210CR12). Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto 2008.
- Shahram Kheirandish; Hasan Saghaian; Jalal Hedjazi; Mohammad Momeni. Effect of Heat Treatment on Microstructure of Modified Cast AISI D3 Cold Work Tool Steel. Journal of iron and steel research, international. 2010, 17(9): 40-45, 52.