

ESTUDO DE TRATAMENTO TÉRMICO DE PINO J*

Lucas Silva Fontes¹
Silvando Vieira dos Santos²
Abraão Santos Silva³
Sandro Griza⁴

Resumo

Este estudo trata da metodologia de projeto de tratamento térmico para pinos J. O pino J funciona como fusível mecânico do obturador de produção de petróleo e deve romper numa determinada faixa de carga de cisalhamento, a fim de que não haja excesso de tração no obturador. Foram feitas análise química, análise da intensidade de tensões devida à forma do pino, ensaios de dureza e ensaios de cisalhamento. O estudo foi eficiente para determinar o adequado tratamento térmico a fim de garantir a tensão de cisalhamento estipulada no projeto do pino.

Palavras-chave: Cisalhamento; Tratamento térmico; Pino J.

HEAT TREATMENT PROCESS DEVELOPMENT PIN J

Abstract

This study deals with the heat treatment design to manufacture the J pin. The J pin works as a mechanical fuse in the shutter oil production and it must fracture at a certain shear load range, so that excess of tensile loads is avoided in the shutter. Chemical analysis, stresses intensity analysis of the pin due to its shape, hardness tests and shear tests were performed. The study was effective to determine the appropriate heat treatment to ensure the shear stress at the prescribed pin design.

Keywords: Shear; Heat treatment.

¹ Graduando em Engenharia de Materiais, Departamento de Ciência e Engenharia de Materiais (DECEM), Universidade Federal de Sergipe (UFS), Aracaju, SE, Brasil.

² Eng. de Materiais, graduado pela Universidade Federal de Sergipe (UFS), Departamento de Ciência e Engenharia de Materiais (DECEM), Universidade Federal de Sergipe (UFS), Aracaju, SE, Brasil.

³ Eng. de Materiais, graduado pela Universidade Federal de Sergipe (UFS), Departamento de Ciência e Engenharia de Materiais (DECEM), Universidade Federal de Sergipe (UFS), Aracaju, SE, Brasil.

⁴ Doutor em Eng. de Minas, Metalúrgica e de Materiais pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e professor adjunto da Universidade Federal de Sergipe (UFS), Departamento de Ciência e Engenharia de Materiais (DECEM), Universidade Federal de Sergipe (UFS), Aracaju, SE, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

Foi realizado o estudo de desenvolvimento do procedimento de tratamento térmico necessário para que os pinos J apresentem uma ruptura por cisalhamento de 20.000 lbf \pm 2000 lbf (equivalente a 88,964 kN \pm 8,896 kN). O desenho da peça, mostra que o pino possui um rebaixo usinado que é a região de trabalho sob cisalhamento do pino (Figura 1). O pino J é uma peça que funciona como fusível mecânico do obturador de produção, o qual deve romper sob uma determinada faixa de carga de tração no obturador, garantindo que não haja excesso de força de tração aplicada no obturador. A carga de tração do obturador é transmitida ao pino como esforço cortante (cisalhamento). O objetivo deste estudo é a determinação da matéria-prima e do tratamento térmico requerido para romper o pino J por cisalhamento.

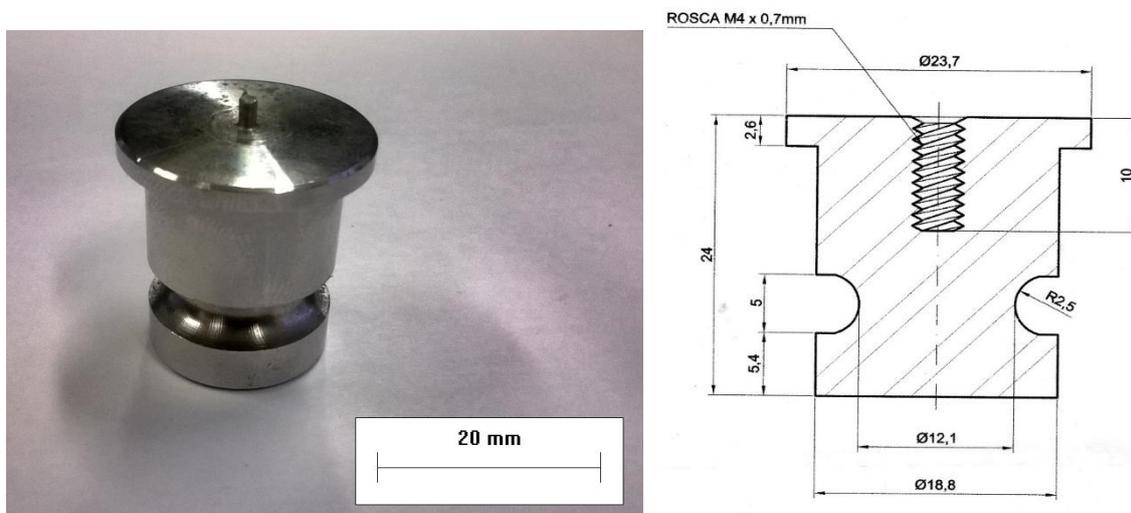


Figura 1 – Pino J com aspecto superficial obtido de usinagem. O raio de curvatura do rebaixo e a razão entre o diâmetro do fundo do rebaixo e o diâmetro externo do rebaixo são determinantes para a definição do fator de intensidade de tensões do pino.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O projeto do pino consiste em selecionar a matéria prima e selecionar os parâmetros de tratamento térmico para que a peça resista a flexão dentro do intervalo estipulado. Esta rota de projeto é mais adequada visto que é mais difícil fazer alterações na forma do pino, por questões de montagem.

A seleção de material foi realizada tendo em vista a necessidade de alta resistência mecânica e boa tenacidade, a fim de evitar trincas que propaguem de forma instável a partir do raio de curvatura do rebaixo do pino. Por isso foi selecionado o aço AISI 4140 para a fabricação do pino.

Foram realizadas as análises químicas em duas amostras do material a fim de verificar a adequação à especificação definida. As análises foram realizadas em espectrômetro de emissão ótica (OXFORD Foundry Master XPert – Certificado de calibração: 52Q0069, 11/2012). Foram feitas 3 queimas por amostra e o resultado apresentado é a média dessas queimas.

Foi definida a intensidade de tensões (kt) devida à forma geométrica (rebaixo usinado do pino) e devido à carga média de cisalhamento requerida [1]. O raio de curvatura do rebaixo e a razão entre o diâmetro do fundo do rebaixo e o diâmetro externo do rebaixo são determinantes para a definição do fator de intensidade de

tensões do pino. A Figura 2 apresenta a relação entre o fator de forma e as dimensões de um pino submetido à flexão.

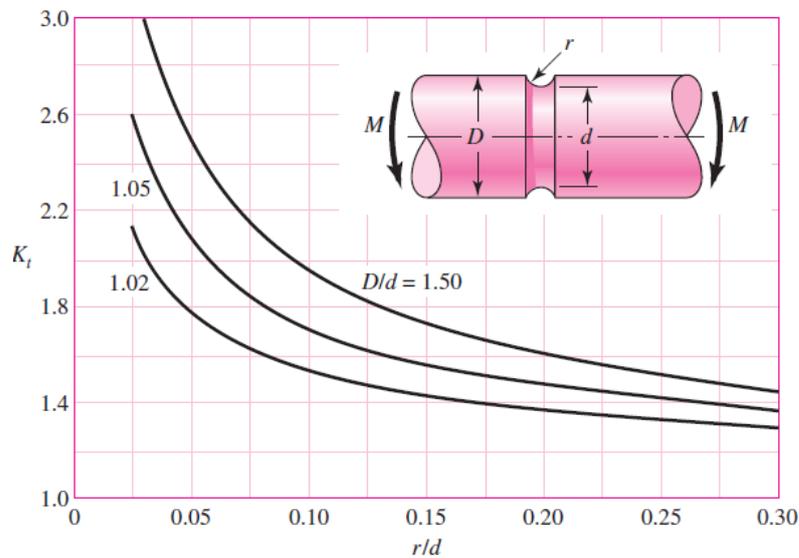


Figura 2. Fator de forma de pino submetido a flexão [2].

A resistência ao cisalhamento de um pino pode ser definida através da Equação 1. A relação entre a resistência ao cisalhamento e a resistência a tração de um material pode ser obtida através da Equação 2, aplicando critério de Von Mises.

$$\tau = kFA \quad \text{Equação 1}$$

$$\tau = 0,57\sigma \quad \text{Equação 2}$$

Onde F é a força de cisalhamento, A é a área da seção transversal do pino e k é um fator que envolve a intensidade de tensões devido a forma do rasgo e σ é a resistência a tração.

Para o caso em estudo F é correspondente aos 89 kN de força média de cisalhamento, A é 115 mm². O fator de forma pode ser obtido da Figura 2 inserindo as dimensões do pino conforme a Figura 1.

A Figura 3 apresenta a curva de revenimento do aço AISI 4140. De acordo com os resultados obtidos aplicando as Equações 1 e 2 para o pino J em estudo, o tratamento térmico de têmpera e revenimento para atingir a carga de ruptura por cisalhamento foi definido através do aquecimento por 15 minutos a uma temperatura de 870°C e resfriamento imediato em óleo, seguido de revenimento por 1 hora a 580°C [2].

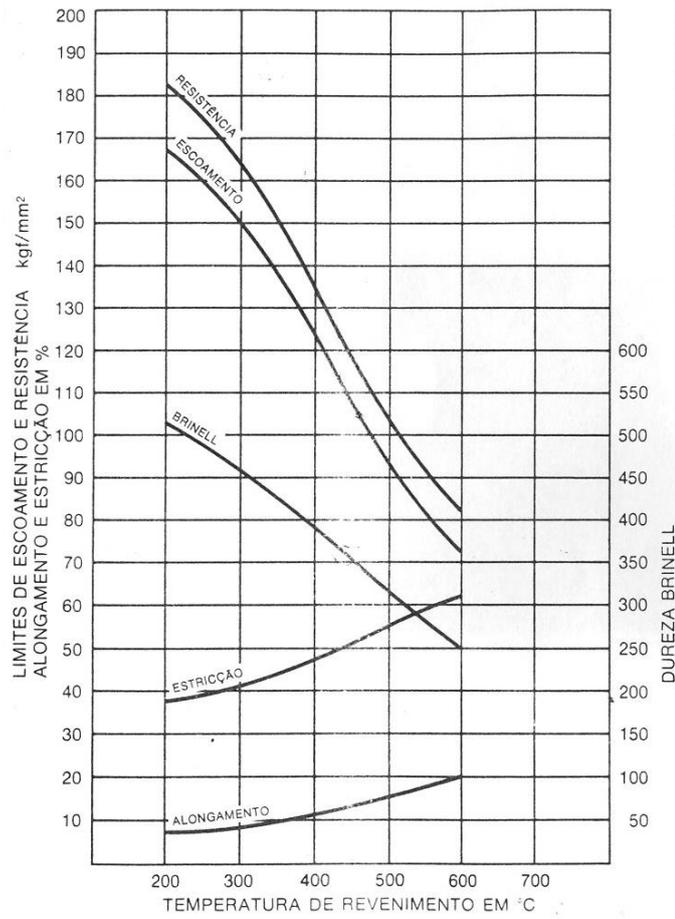


Figura 3 – Curva de revenimento do aço AISI 4140.

Foram confeccionados 7 pinos por usinagem em torno que posteriormente foram submetidos ao tratamento térmico especificado. Com os pinos tratados foram realizados os ensaios de cisalhamento em máquina universal (INSTRON, MODELO 3385H, 250 kN). Foi aplicada uma taxa de carregamento de 0,5 mm/min até a ruptura. O dispositivo durante ensaio pode ser visto na Figura 4. Foi realizado ensaio de dureza na escala Rockwell C (HRC) em oito pinos antes da têmpera e quatro pinos após o tratamento térmico, a fim de verificar se o tratamento térmico foi efetivo em função da dureza esperada [3].



Figura 4: Dispositivo de cisalhamento usado para os ensaios dos pinos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise química mostrou que a matéria-prima é de um aço baixa liga ao Cr e Ni, com teor de carbono da ordem de 0,3%, como visto na Tabela 1.

Os ensaios de cisalhamento apresentaram valor médio de 86,93 kN e desvio padrão de 6,74 kN para a carga de ruptura por cisalhamento (Tabela 2). A ruptura ocorreu sempre na região do rebaixo do corpo de prova.

Os resultados obtidos para os ensaios de dureza da matéria prima antes do tratamento térmico e após o tratamento térmico foram, respectivamente, 29 HRC (desvio padrão de 1,5 HRC) e 34 HRC (desvio padrão de 1,0 HRC). Portanto, o procedimento de projeto do tratamento térmico mostrou-se eficiente para produzir a resistência ao cisalhamento do pino J.

Tabela 1: Composição química da matéria prima.

Amostra	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Cu
1	0,31	0,32	0,75	0,010	0,004	0,64	0,28	1,87	0,11
2	0,30	0,31	0,76	0,011	0,005	0,64	0,27	1,80	0,11

Tabela 2: Carga de cisalhamento (kN) dos pinos.

Amostra	Resistência (kN)
Pino 1	101
Pino 2	82,5
Pino 3	93
Pino 4	83
Pino 5	84
Pino 6	82
Pino 7	83
Média	86,93
Desvio Padrão	6,74

O procedimento de projeto de tratamento térmico do pino J foi eficiente para obter a resistência adequada ao cisalhamento. A reprodução do procedimento de

tratamento térmico determinado através desse estudo só poderá ser aplicada à mesma matéria prima, com composição química e dureza inicial apresentados no presente estudo, bem como às mesmas dimensões do pino J. Isso porque os parâmetros de tratamento térmico são dependentes desses fatores indicados. É importante destacar que o raio de curvatura do rebaixo e a razão entre o diâmetro do fundo do rebaixo e o diâmetro externo do rebaixo são determinantes para a definição do fator de intensidade de tensões do pino. Portanto é importante na fabricação evitar desvios dessas dimensões.

O tratamento térmico constituído por têmpera em óleo a partir de 870°C de aquecimento por 15 minutos seguida de revenimento por 1 hora a 580°C produziu carga de cisalhamento de 86,93 kN e desvio padrão de 6,74 kN. Este intervalo encontra-se dentro da faixa especificada de 88,964 kN \pm 8,896 kN.

4 CONCLUSÃO

O procedimento de projeto de tratamento térmico do pino J foi eficiente para obter a resistência adequada ao cisalhamento.

Agradecimentos

Os autores agradecem as agências Capes, Cnpq e Finep.

REFERÊNCIAS

- 1 Walter D. Pilkey, Peterson's Stress Concentration Factors, 1997 by John Wiley & Sons, Inc.
- 2 Shigley, Joseph Edward; Mischke, Charles R; Budynas, Richard G. Projeto de engenharia mecânica. 7. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- 3 Krauss, G., Steels: processing, structure, and performance, ASM International, 2005