

PROJETO DE PEÇAS DE COBRE FUNDIDAS PARA TRABALHO EM ALTAS TEMPERATURAS¹

Afonso Ribeiro Nasser²

Resumo

Entre os metais, em certas circunstâncias o cobre é o ideal para trabalhos em altas temperaturas, quando refrigerado a água. Apesar do seu baixo ponto de fusão (1.083°C) ele pode receber projeções de material com temperatura até acima de 1.600°C. Ele resiste bem a estas projeções devido a sua alta condutividade térmica, a qual permite a sua eficaz refrigeração nestas condições. Ele é usado em ventaneiras de altos fornos, pontas de lança de convertedores para aciaria, elementos de refrigeração de refratários, moldes para lingotamento contínuo, calhas de corrida para metal líquido em usinas de transformação de minério (por exemplo, refinarias de cobre), furas de corrida para metal líquido, placas de contato para eletrodos de fornos elétricos entre outras aplicações. O trabalho mostra, através de simulações no Ansys, parâmetros que devem ser considerados no projeto das citadas peças, assim como nos seus processos de fabricação, para que estas aplicações não sejam comprometidas.

Palavras-chave: Fundição; Peças de cobre; Projeto.

DESIGN OF CAST COPPER PARTS USED IN HIGH TEMPERATURE WORKS

Abstract

Considering the metals, in some situations copper is the best when working in high temperatures, if water cooled. Despite its low melting point (1083 °C), it can receive material in temperatures above 1600°C. This is possible due its high thermal conductivity that allows its efficient cooling in this situation. It is used in blast furnace tuyeres, lance tips for top blown steel making process, cooling elements for many kinds of furnaces, continuous casting moulds, pouring ladlers, tapping holes, contact clamps, electrode holders for electric furnaces and other uses. This work shows, using the software Ansys, how important are the design and the manufacturing process to ensure a sufficient lifetime of these parts.

Key words: Foundry; Copper parts; Design.

¹ *Contribuição técnica ao 64º Congresso Anual da ABM, 13 a 17 de julho de 2009, Belo Horizonte, MG, Brasil.*

² *Engenheiro Mecânico, pós-graduado em Engenharia de Materiais pela UFES, ARNasser Consultoria.*

1 INTRODUÇÃO

O cobre é facilmente refrigerado pela água. Sua condutividade térmica somente é excedida pela prata. Quanto maior a eficiência desta refrigeração, maior será a vida útil da peça em condições normais de uso e menor será o risco de falha antes da troca prevista. Os dois principais problemas devidos a uma maior temperatura superficial da peça são: 1 - oxidação do cobre quando o ambiente é oxidante. Esta oxidação vai se formando no contorno dos grãos, provocando trincas e penetrando mais para o interior da peça. O alto forno, por exemplo, apesar de ser um ambiente redutor, é oxidante na região da saída do sopro das ventaneiras;⁽¹⁾ 2 - outro inconveniente de um maior aquecimento é que pedaços incandescentes são projetados sobre a peça perfurando-a, ou ficam aderidos e depois soltam, arrancando material. Enfim, quanto mais frio o cobre melhor, pois, por ser um metal puro, não está sujeito a choque térmico.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foi desenhado um corpo de prova para simular uma peça de cobre refrigerada em funcionamento (Figura 1). O corpo de prova é uma barra de seção quadrada 90 X 90 mm, com um comprimento de 500 mm, com um furo longitudinal de diâmetro 30 mm pelo qual circula a água com temperatura de entrada 27°C a uma velocidade de 20 m/s. Em uma das faces, o corpo de prova possui uma região submetida a uma temperatura constante de 500°C, tomando-se como base a temperatura na superfície de uma ventaneira de um alto forno^(2,3) bastante solicitada.

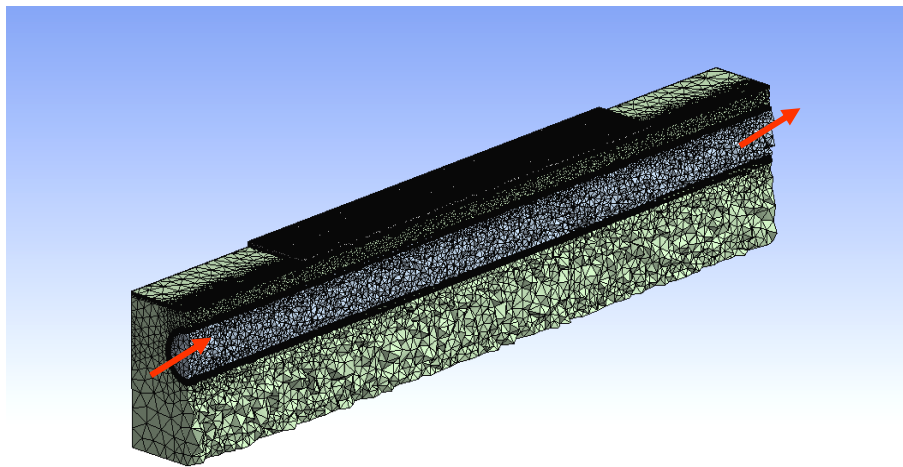


Figura 1. Discretização do corpo de prova em corte.

O restante da peça foi coberto com material isolante. Foi feita uma simulação (corpo de prova n°1) utilizando o software Ansys CFX e mais quatro simulações diferentes, onde em cada uma delas foi introduzida uma modificação para análise posterior. No corpo de prova n° 2 a velocidade foi reduzida de 20 m/s para 10 m/s. No corpo de prova n° 3 foi colocado um vazio simulando um defeito de fundição. No corpo de prova n° 4 foi colocado um obstáculo no furo de refrigeração para provocar turbulência no fluxo de água. No corpo de prova n° 5 a distância do furo até a superfície aquecida foi

aumentada de 12 para 30 mm. Os corpos de prova foram simulados com uma condutividade térmica de $394 \text{ W/m} \cdot \text{°K}$.⁽⁴⁾ Para cada um dos corpos de prova foram verificadas as diversas temperaturas das peças a partir da região aquecida.

3 DISCUSSÃO E RESULTADOS

Na Figura 2 temos um comparativo do corpo de prova 1 e do corpo de prova 2 no qual a velocidade da água foi reduzida de 20 m/s para 10 m/s. Podemos observar que a temperatura do CP 2 ficou maior em sua totalidade.

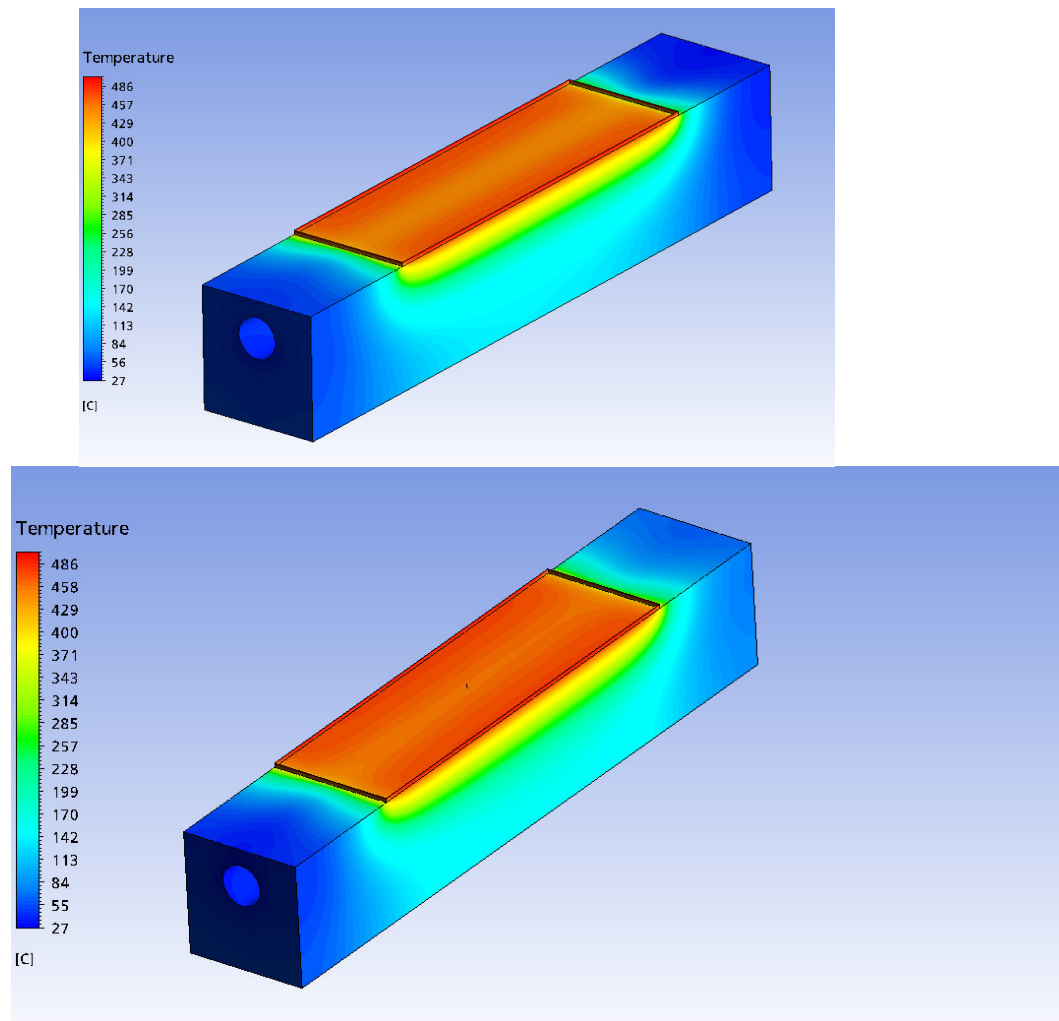


Figura 2. Comparativo entre os corpos de prova nº 1 (acima) e nº 2 (abaixo).

Na Figura 3 vemos uma vista em corte na região de um defeito de fundição simulado. Nela podemos observar um desvio na curva de isoterma nº 12, provocado pelo defeito (5 X 5 X10 mm).

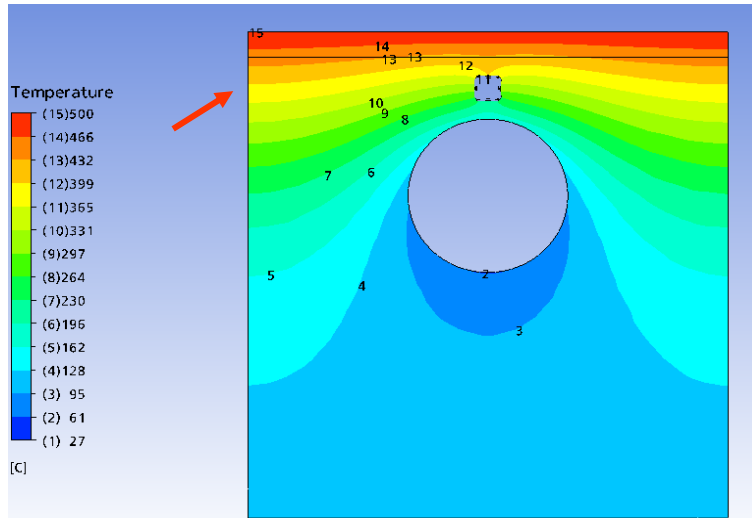


Figura 3. Corte na região com um defeito de fundição (acima do furo).

Na Figura 4 colocamos um obstáculo que gerou uma turbulência no fluxo da água. Esta turbulência gerou um maior resfriamento na região deste obstáculo o que podemos observar pela isotérmica de cor verde.

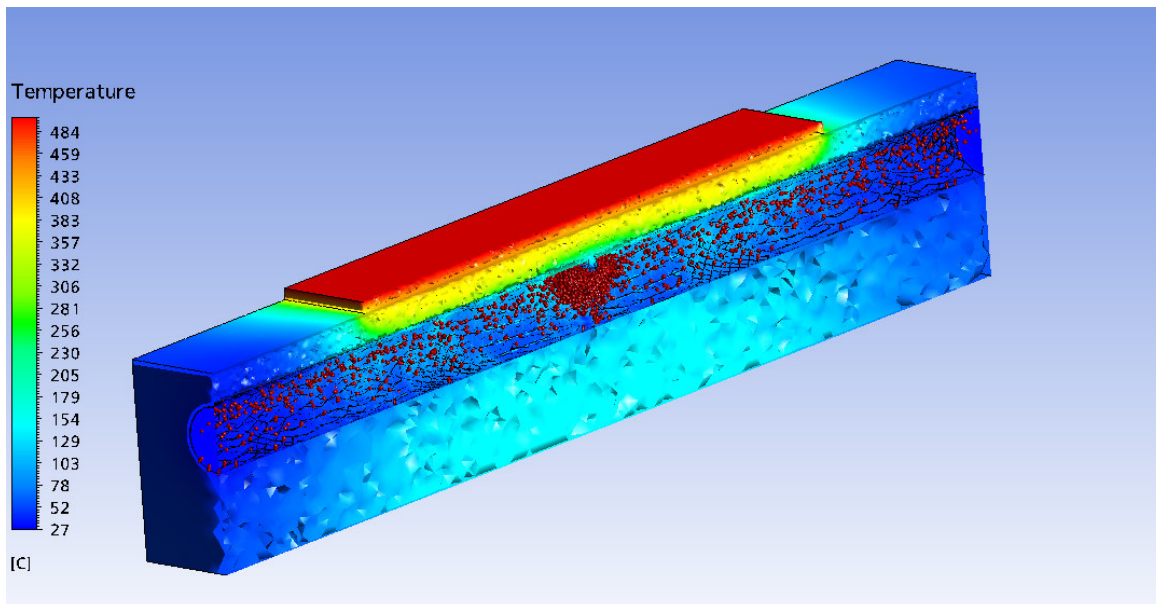


Figura 4. Obstáculo provocando turbulência no fluxo da água de refrigeração.

Na Figura 5 temos um comparativo entre os corpos de prova número 1 e número 5 onde o furo refrigeração foi afastado da superfície de aquecimento. Podemos observar que a peça 5 apresentou uma temperatura mais alta na sua região superior que é mais solicitada.

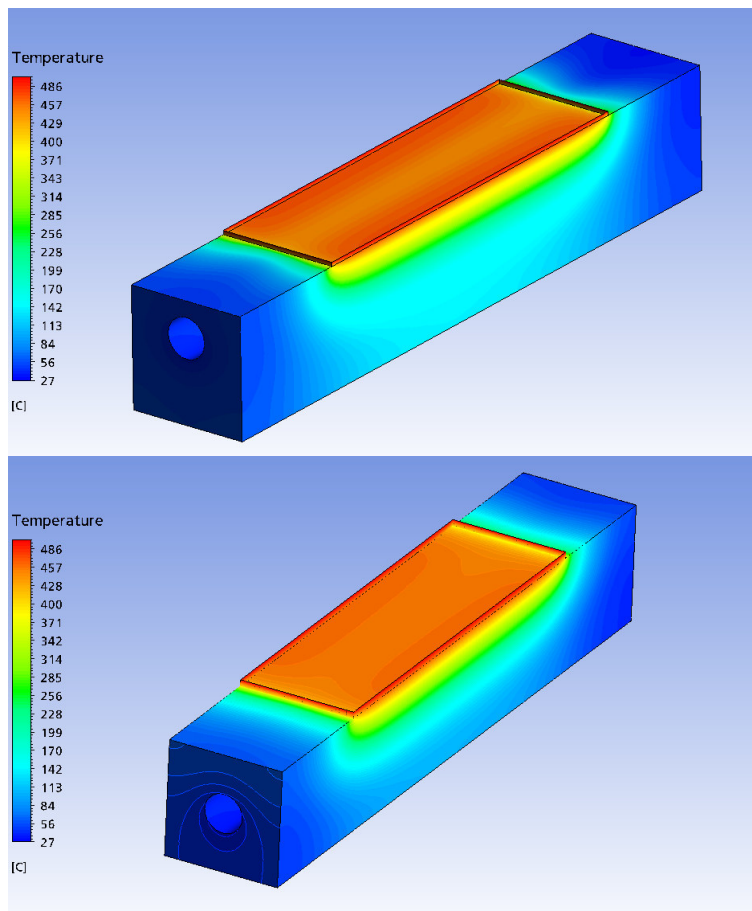


Figura 5 Comparativo entre o furo afastado 12 mm (acima) e 30 mm (abaixo)

4 CONCLUSÕES

Os corpos de prova demonstram que, além da qualidade do cobre fundido existem outros fatores que influenciam na vida útil de uma peça sujeita a altas temperaturas.

Através da simulação podemos saber qual a vazão adequada para cada tipo de peça de acordo com sua aplicação.

Uma turbulência bem dimensionada pode melhorar a refrigeração na região crítica.⁽⁵⁾

O engrossamento da espessura da peça também tem um limite, a partir do qual já começa a haver comprometimento por aquecimento.

Vazios oriundos do processo de fundição, situados nas regiões críticas também dificultam a troca de calor porem, não interferem na temperatura do conjunto como um todo. Assim, justificam-se diferentes níveis de inspeção e de qualidade em diferentes partes de uma peça de cobre o que é uma prática já adotada.

Os softwares que simulam trocas térmicas são ferramentas importantes nas mãos de projetistas de peças de cobre que trabalham sujeitas ao calor, devendo haver evidentemente troca de opiniões com os fabricantes que devem olhar a viabilidade técnica e econômica da fabricação. Uma pequena modificação colocada no local certo pode melhorar consideravelmente a vida de uma peça ou até viabilizá-la. “Antes de usar é bom simular.”

REFERÊNCIAS

- 1 OEHLER, C. **Metall, Internationale Zeitschrift für Technik und Wissenschaft**, Nr.1/1993/Page 36
- 2 FEDORUK, R.M.; PITAK, N.V.; DEGTYAREVA, L.M.; STARSHINOV, B.N.; PANASENKO, R.P. **A Thermal Insulation Compound for Lining Blast Furnace Tuyeres** Ogneupory, n. 9, p 27-28, setembro, 1991
- 3 PARCHAKOV, V.M.; BABUSHKIN, N.M.; FEDOTOV, P.B. **Assessing Thermal State of Blast Furnace Hearth and Application to Analysis of Causes of Tuyere Burning**. Stal Rússia, março 1980 p. 174
- 4 CALLISTER, W.D. **Materials Science and Engineering**, third edition, John Wiley & Sons Inc, p. 649, 1993
- 5 BIRD, R.B.; STEWART, W.E.; LIGHTFOOT, E.N. **Transport Phenomena**, second edition, John Wiley & Sons Inc, p.129, 2004