



AVALIAÇÃO DA CONFORMAÇÃO A FRIO DO AÇO SAE 5115

Cláudia Ziulkoski*, Leonardo Haerter dos Santos, Agnaldo Rosso, José Carlos Krause de Verney, José Lesina César (Orientador)

Curso de Engenharia Mecânica; Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais e Processos Sustentáveis, Universidade Luterana do Brasil – Canoas

Introdução

O forjamento é um dos processos de conformação metal-mecânica mais difundidos na indústria. A análise primária do comportamento da plasticidade dos materiais metálicos é feita por meio da chamada curva de escoamento. Quando o foco da pesquisa for a otimização do processo, o estudo das curvas de escoamento do material é fundamental, pois são elas que determinam os valores que serão aplicados nos cálculos da força e do trabalho no processo de conformação.

Objetivos

Neste trabalho foi analisado o comportamento do aço SAE 5115 no processo de conformação mecânica, mais especificamente no forjamento a frio. Esta análise consiste na obtenção de curvas de escoamento do aço proposto e comparação com dados da literatura.

Material e Métodos

Amostras de aço nas dimensões de $\varnothing 10 \times 15$ mm foram preparadas. Foram utilizados como lubrificantes a graxa a base de bissulfeto de molibdênio (MoS_2) e também o PTFE (politetrafluoretileno). Os tratamentos térmicos de recozimento pleno e de esferoidização foram executados nas amostras. Foi aplicado o ensaio de compressão a frio com uma velocidade de deformação de $0,01 \text{ s}^{-1}$, usando uma máquina de ensaios Emic de 200 kN.

Resultados

As equações obtidas, conforme determina Hollomon, são apresentadas na tabela 1, para cada situação. Atribuindo valores de deformação (φ) para cada uma das situações ensaiadas, obtém-se as curvas apresentadas na figura 1, MoS_2 , e figura 2, teflon. Construindo as curvas a partir dos dados coletados nos ensaios, verifica-se uma condição bem similar, figuras 3 e 4. Atribui-se a isto, mesmo que os tratamentos térmicos tenham métodos diferentes, que a sua aplicação neste aço não causou muita diferença. Para que o coeficiente de atrito (μ) fosse encontrado indiretamente foi aplicada a Teoria Elementar da Plasticidade no qual foram obtidos os resultados empregando a equação 1, e os resultados podem ser vistos na tabela 2.

$$P(r) = y \cdot e^{\frac{2 \cdot \mu}{h} \left(\frac{D}{2} - r \right)} \quad \text{Eq. 1}$$

Tabela 1 – Resultados aplicados na Equação de Hollomon

MATERIAL	LUBRIFICANTE	CORPO DE PROVA	C	n	EQUAÇÃO DE HOLLOMON
SAE 5115	Teflon	recozido	0,1440	759,804	$k_f = 759,804 \times \varphi^{0,1440}$
		esferoidizado	0,1693	774,018	$k_f = 774,018 \times \varphi^{0,1693}$
		como fornecido	0,1089	864,070	$k_f = 864,070 \times \varphi^{0,1089}$
SAE 5115	MoS_2	recozido	0,1412	763,837	$k_f = 763,837 \times \varphi^{0,1412}$
		esferoidizado	0,1746	789,951	$k_f = 789,951 \times \varphi^{0,1746}$
		como fornecido	0,0914	867,162	$k_f = 867,162 \times \varphi^{0,0914}$

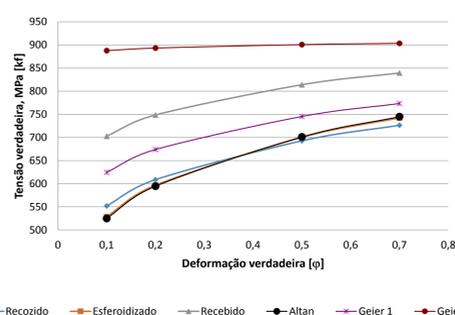


Figura 1 – Curvas de tensão x deformação conforme equações de Hollomon para MoS_2 .

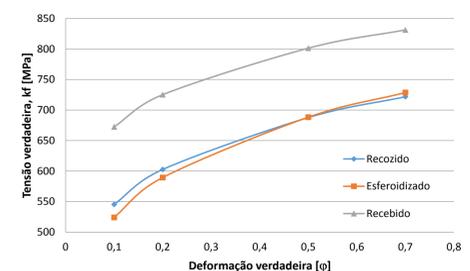


Figura 2 – Curvas de tensão x deformação conforme equações de Hollomon para teflon.

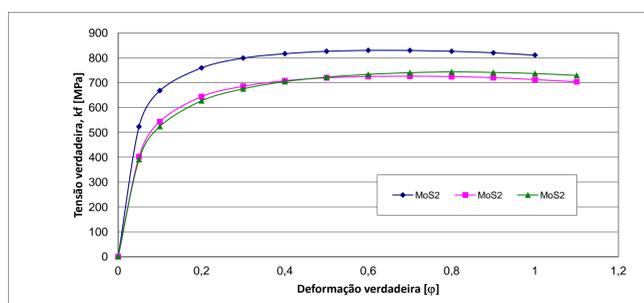


Figura 3 – Curvas tensão x deformação verdadeiras com lubrificante MoS_2 .

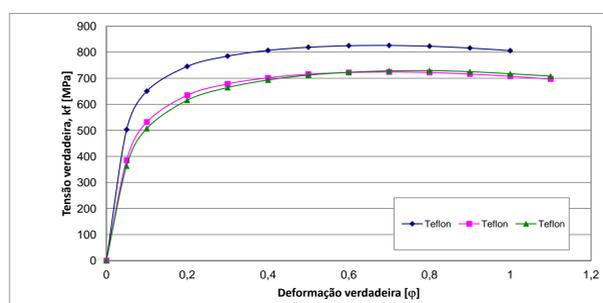


Figura 4 – Curvas tensão x deformação verdadeiras com lubrificante teflon.

Tabela 2 - Coeficientes de atrito obtidos pela aplicação da Teoria Elementar da Plasticidade.

CONDIÇÃO DO CORPO DE PROVA	COEFICIENTE DE ATRITO (μ)	
	MoS_2	Teflon
recozido	$\mu = 0,1346$	$\mu = 0,1316$
esferoidizado	$\mu = 0,1652$	$\mu = 0,1707$
como fornecido	$\mu = 0,0985$	$\mu = 0,1041$

Conclusões

Avaliando os resultados obtidos pela equação de Hollomon pode-se identificar que para uma mesma deformação, o corpo de prova no estado esferoidizado com aplicação de teflon apresentou uma tensão de escoamento (kf) levemente inferior em relação aos outros corpos de prova analisados. Em contrapartida o corpo de prova que apresentou o menor coeficiente de atrito (μ) aplicando a Teoria Elementar da Plasticidade foi o corpo de prova no estado como fornecido e fosfatizado com aplicação de MoS_2 .

Referências

- ALTAN, T.; NGAILE, G.; SHEIN, G. *Cold and Hot Forging - Fundamentals and Applications*. ASM International, 2005.
- SCHAEFFER, L. *Conformação Mecânica*. 2ªed. Porto Alegre: Imprensa Livre Editora, 2004.
- HELMAN, H.; CETLIN, P. R. *Fundamentos da Conformação Mecânica dos Metais*. 2ª ed. São Paulo: Editora Guanabara, 2005.
- GEIER, M. *Considerações sobre o atrito para processos de forjamento a frio através do ensaio de compressão do anel*. Porto Alegre, 2012. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/15298/000678602.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 01 jun. 2018.