

AVALIAÇÃO DO LUBRIFICANTE NO PROCESSO DE ESTAMPAGEM USANDO ENSAIO ERICHSEN

James Ferreira Freire ⁽¹⁾

Jánes Landre Júnior ⁽²⁾

Clovis Sperb de Barcellos ⁽³⁾

Resumo

O processo de conformação é amplamente empregado na indústria automotiva e a busca para minimizar as perdas é sempre uma constante neste meio. O regime de lubrificação é de importância indiscutível neste processo, pois minimiza o efeito do atrito, aumenta a vida útil do ferramental e melhora o acabamento superficial das peças conformadas. Neste artigo investiga-se a influência do lubrificante nesse processo, que por se tratar de uma quantidade de amostras não muito grande a investigação tem como objetivo qualificar uma condição de lubrificação para um dado tipo de processo de conformação com a finalidade de melhorar a condição de estampagem e alcançar uma maior produtividade reduzindo o número de passos no ciclo de conformação de uma peça.

Palavras-chave Lubrificação; Estampagem.

Evaluation of the Lubricant in the Stamping Process Using Erichsen Test

Abstract

The forming process is widely used in automotive industry and the search to minimize losses is always a constant in this industrial segment. The lubrication regimen is undoubtedly important in this process, therefore it minimizes the effect of the friction, increases the useful life of the tools and improves superficial finishing of the conformed parts. In this paper the influence of the lubricant in this process is investigated, searching the understanding to characterize a condition of lubrication for a certain type of conformation process with the purpose of improving the stamping condition and reaching a larger productivity reducing the number of steps in the cycle of forming of a part.

Key-words Lubrication; Stamping.

I INTRODUÇÃO

Segundo Kobayashi,⁽¹⁾ na conformação dos metais, uma chapa é deformada plasticamente para se obter uma configuração final desejada. Porém, para que seja possível alcançar elevado nível de produtividade, as variáveis do processo de conformação deverão estar combinadas com baixo custo de produção e baixo consumo de material.⁽²⁾

Para que seja possível obter os resultados que definem o desempenho do lubrificante estudado uma das variáveis a serem controladas e alvo deste estudo é o atrito, considerado de vital importância nas operações de conformação.

Um sistema de lubrificação adequado resulta em um menor atrito, identificado pela redução à resistência ao carregamento imposto no ferramental e no corpo de prova. Uma condição ideal de lubrificação pode eliminar problemas no ferramental, reduzindo seu desgaste, minimizar as falhas na peça

estampada, bem como permitir a redução do número de passos para conformar uma peça, além de melhorar a precisão dimensional.⁽³⁾

Segundo Kobayashi,⁽¹⁾ em muitas aplicações de conformação, a lubrificação e o lubrificante são fatores muito significantes, influenciando diretamente o valor do coeficiente de atrito. Segundo Dieter,⁽⁴⁾ as condições de atrito entre faces superior e inferior da peça são descritas por um coeficiente constante, identificado como constante de Coulomb.

Neste trabalho foram realizados ensaios experimentais, mais especificamente o ensaio Erichsen segundo norma ABNT 5902, para que fosse possível identificar a influência direta do lubrificante no processo de conformação. Para tal foram usadas três condições de lubrificação.

⁽¹⁾ Mestrando do Mestrado em Engenharia Automotiva da PUC-MG.

⁽²⁾ Professor Adjunto III do Curso de Engenharia Mecânica ênfase Mecatrônica e Mestrado em Engenharia Mecânica da PUC-MG.

⁽³⁾ Professor Adjunto III do Curso de Engenharia Mecânica ênfase Mecatrônica e Mestrado em Engenharia Mecânica da PUC-MG.

De posse dos resultados experimentais iniciais estão sendo desenvolvidos modelos numéricos capazes de identificar numericamente o valor do coeficiente de atrito. Vale ressaltar que tais modelos correspondem a uma primeira estimativa.

2 DESENVOLVIMENTO

Para o desenvolvimento do estudo foram escolhidos dois aços distintos, largamente utilizados na indústria automobilística, o EEP (*Extra-deep Drawing*) e o IF (*Interstitial Free*), na espessura de 0,8 mm e 0,7 mm, respectivamente.

Com relação à condição de lubrificação, três condições foram usadas e assim identificadas:

1º condição - L1 - Sem lubrificação, sem desengraxar, portanto passível de uma lubrificação devido à manipulação, mas que não foi quantificada;

2º condição - L2 - Lubrificante usual de mercado com base mineral desenvolvido pela Betim Química;

3º condição - L3 - Tratamento de superfície desenvolvido pela Betim Química.

Para cada condição de lubrificação e em cada um dos materiais, foram realizados três ensaios, a fim de validar os resultados conseguidos. De posse dos corpos de prova ensaiados foi efetuada a coleta do perfil de espessura ao longo da seção transversal da calota, conforme o esquema apresentado na Figura 1.

A fim de minimizar os erros para os diversos corpos de prova em um mesmo material, eles foram retirados de uma mesma chapa, portanto de uma mesma corrida e confeccionados na geometria retangular de 200 mm x 90 mm, dimensão que possibilitou o ensaio em triplicata, além de garantir que a aplicação do lubrificante fosse igual e homogênea realizada por um único técnico e com rolo, para cada um dos ensaios.

3 RESULTADOS

São apresentados os resultados experimentais obtidos a partir do ensaio Erichsen para os aços EEP e IF, nas espessuras de 0,8 mm e 0,7 mm, Tabelas 1 e 2 respectivamente, nas condições de lubrificação indicadas anteriormente.

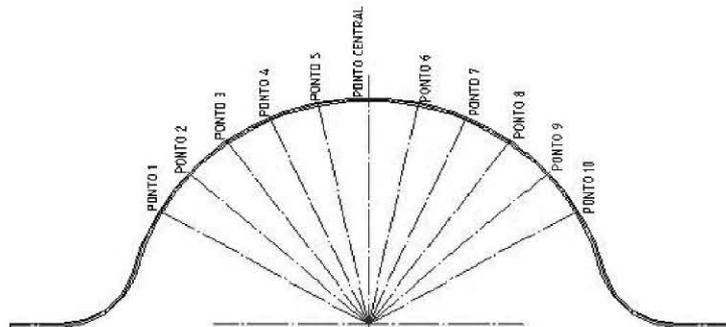


Figura 1. Coleta das espessuras ao longo da seção transversal da calota.

Tabela 1. Valores do perfil de espessura para o aço EEP

corpos de prova	Valores de espessura em (mm) para aço EEP com 0,8 mm								
	SEM LUBRIFICAÇÃO - L1			LUBRIFICANTE - L2			LUBRIFICANTE - L3		
	SL-1	SL-2	SL-3	L2-1	L2-2	L2-3	L3-1	L3-2	L3-3
Nominal	0,8180	0,8166	0,8176	0,8170	0,8160	0,8160	0,8158	0,8128	0,8158
ponto 1	0,5920	0,5864	0,5748	0,5552	0,5488	0,5620	0,6554	0,7040	0,6902
ponto 2	0,4964	0,4814	0,4986	0,4724	0,5008	0,4770	0,4474	0,4302	0,5244
ponto 3	0,4910	0,5144	0,5144	0,5366	0,5632	0,5134	0,3676	0,3580	0,3940
ponto 4	0,5740	0,5840	0,5812	0,5946	0,6128	0,6200	0,5214	0,4788	0,5014
ponto 5	0,6440	0,6522	0,6492	0,6514	0,6368	0,6588	0,5676	0,5344	0,5640
PONTO CENTRAL	0,6752	0,6864	0,6884	0,6720	0,6854	0,6904	0,6098	0,5648	0,6274
ponto 6	0,6584	0,6572	0,6498	0,6706	0,6688	0,6552	0,5562	0,5354	0,5708
ponto 7	0,5964	0,5940	0,5884	0,6260	0,6000	0,6006	0,5042	0,4722	0,4922
ponto 8	0,5388	0,5336	0,5252	0,5838	0,5338	0,5212	0,4184	0,3776	0,3970
ponto 9	0,4482	0,4392	0,4298	0,4562	0,4200	0,4272	0,4452	0,4470	0,4780
ponto 10	0,5944	0,5784	0,5892	0,5378	0,5288	0,5372	0,6888	0,6822	0,6936

Tabela 2. Valores do perfil de espessura para o aço IF

corpos de prova	Valores de espessura em (mm) para o aço IF com 0,7 mm								
	SEM LUBRIFICAÇÃO - L1			LUBRIFICANTE - L2			LUBRIFICANTE - L3		
	SL-1	SL-2	SL-3	L2-1	L2-2	L2-3	L3-1	L3-2	L3-3
Nominal	0,7058	0,7180	0,7084	0,7170	0,7180	0,7160	0,7174	0,7130	0,7122
ponto 1	0,5900	0,6198	0,5696	0,6930	0,6920	0,6302	0,6780	0,6400	0,5820
ponto 2	0,4182	0,4216	0,3962	0,4420	0,4618	0,4080	0,4008	0,5054	0,3984
ponto 3	0,4474	0,3996	0,4468	0,3910	0,3880	0,4290	0,3730	0,3522	0,3272
ponto 4	0,5188	0,4584	0,5220	0,4760	0,4950	0,5236	0,4392	0,4434	0,3824
ponto 5	0,5788	0,4996	0,5516	0,5186	0,5280	0,5540	0,4752	0,4892	0,4404
PONTO CENTRAL	0,6106	0,5506	0,5870	0,5762	0,5732	0,5850	0,5042	0,5180	0,4808
ponto 6	0,5646	0,5386	0,5674	0,5758	0,5554	0,5660	0,4536	0,4774	0,4360
ponto 7	0,5190	0,4742	0,5228	0,5276	0,5126	0,5280	0,4176	0,4520	0,3952
ponto 8	0,4464	0,4120	0,4644	0,4430	0,4620	0,4762	0,3254	0,3140	0,3132
ponto 9	0,3990	0,3992	0,3976	0,3944	0,4068	0,3942	0,5088	0,4056	0,4450
ponto 10	0,6390	0,6648	0,5564	0,6280	0,6936	0,6582	0,6860	0,6922	0,6198

Por se tratar de avaliação inicial, é tomada apenas a média da variação das espessuras, para cada uma das condições de lubrificação, não tendo sido trabalhado o desvio-padrão para estes resultados iniciais. A Tabela 3 apresenta a média de espessura para o aço EEP e a Tabela 4, a média a média para o aço IF.

Tabela 3. Média do perfil de espessura para o aço EEP

corpos de prova	EEP 0,8 mm		
	Valores de espessura em mm		
	L1	L2	L3
Nominal	0,8174	0,8163	0,8148
ponto 1	0,5844	0,5553	0,6832
ponto 2	0,4921	0,4834	0,4673
ponto 3	0,5066	0,5377	0,3732
ponto 4	0,5831	0,6091	0,5005
ponto 5	0,6485	0,6560	0,5554
PONTO CENTRAL	0,6827	0,6826	0,6007
ponto 6	0,6551	0,6649	0,5541
ponto 7	0,5963	0,6089	0,4895
ponto 8	0,5319	0,5463	0,3970
ponto 9	0,4383	0,4345	0,4567
ponto 10	0,5867	0,5346	0,6849

corpos de prova	IF 0,7 mm		
	Valores de espessura em mm		
	SL	L2	L3
200 x 90			
Nominal	0,7107	0,7163	0,7142
ponto 1	0,5931	0,6717	0,6333
ponto 2	0,4120	0,4373	0,4349
ponto 3	0,4313	0,4027	0,3508
ponto 4	0,4997	0,4982	0,4217
ponto 5	0,5433	0,5335	0,4683
PONTO CENTRAL	0,5827	0,5781	0,5010
ponto 6	0,5569	0,5657	0,4557
ponto 7	0,5053	0,5227	0,4216
ponto 8	0,4409	0,4604	0,3175
ponto 9	0,3953	0,3985	0,4531
ponto 10	0,6201	0,6599	0,6660

Para uma melhor visualização da geometria final das chapas ensaiadas a Figura 2 apresenta dois corpos de prova após o ensaio Erichsen ter sido realizado, tendo sido escolhidos aleatoriamente entre os corpos de prova avaliados.



Figura 2. Corpos de prova ensaiados

A seguir são apresentados gráficos com os perfis de espessura ao longo da seção transversal produzida pelo ensaio. A Figura 3 apresenta os resultados para o aço EEP, enquanto que a Figura 4 apresenta os resultados para o aço IF.

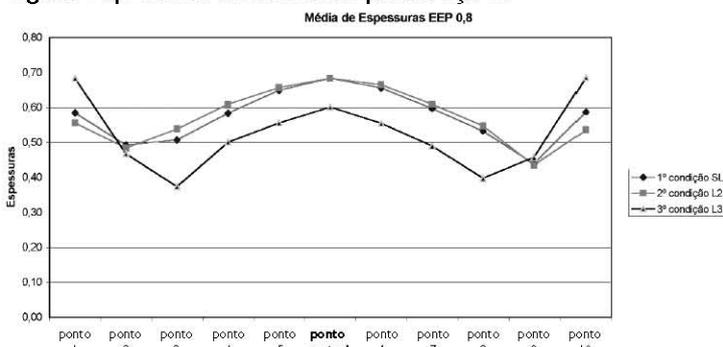


Figura 3. Média de espessura do aço EEP.

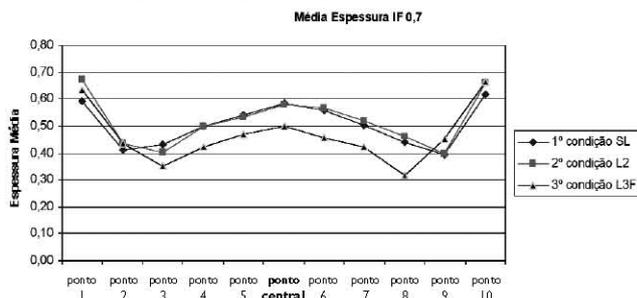


Figura 4. Média de espessura do aço IF.

Avaliando-se os perfis de espessura, obtidos com micrômetro, verifica-se que, tanto para o material EEP como para o IF, a média das espessuras obtidas pelo uso do tratamento de superfície desenvolvido pela Betim Química (L3) é inferior à obtida pelo emprego da condição (L2) sem lubrificação. Porém, é observada uma significativa variação na profundidade do punção para terceira condição (L3).

4 CONCLUSÕES

Deve ser ressaltado que todas as conclusões apresentadas são preliminares, já que se referem a resultados obtidos de uma avaliação inicial, estando os estudos sendo aperfeiçoados e realizados em maior número de corpos de prova.

A avaliação do perfil de espessura do aço EEP para a primeira e segunda condições (L1 e L2) mostra uma variação de espessura muito pequena entre ambas. A segunda condição (L2) tem uma melhor distribuição de espessura em relação a primeira condição (L1), pois o perfil de espessura ao longo da calota para a segunda condição (L2) indica um ganho em relação a primeira condição (L1).

Para a terceira condição (L3), o perfil de espessura do aço EEP obtido através do ensaio Erichsen mostra que se obteve uma melhor distribuição de espessura. Isto implica que a terceira condição (L3) proporciona uma condição de trabalho melhor do que a encontrada na primeira e segunda condição (L1 e L2). Esta conclusão foi reforçada pela maior penetração do punção.

Análogo aos resultados do aço EEP, é mostrado que também para o aço IF a terceira condição (L3) tem uma resposta superior às demais condições. Conseqüentemente, isto implica que o uso da terceira condição (L3), tratamento de superfície desenvolvido pela Betim Química, oferece melhores condições para o processo de estampagem, principalmente para as condições um pouco mais severas, onde se exige um material com uma maior estampabilidade.

Agradecimentos

Agradecemos à Betim Química pelo financiamento da pesquisa e da bolsa concedida ao aluno para a realização dos trabalhos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. KOBAYASHI, S.; OH, S.-I.; ALTAN, T. **Metal forming and the finite-element method**. New York: Oxford University Press, 1989.
2. EVANGELISTA, S.H. **Diagramas de limite de conformação aplicados à análise por elementos finitos de um processo de estampagem em chapas metálicas**. 2000. 154p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2000.
3. CARRETEIRO, R.P.; MOURA, C.R.S. **Lubrificante e lubrificação**. 2 ed. São Paulo: Makron Books, 1998.
4. DIETER, G.E. **Metalurgia mecânica**, 2 ed. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 1981.
5. Lubliner, J. **Plasticity Theory**, California, Macmillan Publishing Company, 1990.
6. Schuler. **Metal Forming Handbook**, 1ed., Germany, Springer, 1998.