

QUALIFICAÇÃO DAS PROPRIEDADES LUBRIFICANTES DE FLUÍDOS DE FONTES RENOVÁVEIS E DO SEU DESEMPENHO NA INTEGRIDADE SUPERFICIAL DE PRODUTOS EXTRUDADOS

Thiago Luiz Lara de Oliveira, lara.thiago@yahoo.com.br¹
Frederico Ozanan Neves, Fred@ufs.br¹
Durval Uchoas Braga, durval@ufs.br¹

¹Universidade Federal de São João del Rei – Praça Frei Orlando, 170 - CEP: 36.307-352 São João del-Rei – MG

Resumo: *A integridade de uma superfície deve ser entendida como a inexistência de quaisquer fatores que reduzam a resistência mecânica do produto em serviço, assim como a inexistência de falhas que comprometam visualmente a sua aparência, tornando-o aceitável. Dentre estes fatores podemos destacar a rugosidade, trincas e tensões residuais. Este trabalho investiga a substituição de lubrificantes à base de óleos minerais por lubrificantes de fontes renováveis, no caso, óleos de milho, soja, canola e girassol e os seus efeitos sobre a integridade superficial de peças e extrudadas. Os óleos foram qualificados em função de sua lubrificidade (viscosidade, densidade e tensão superficial) e de sua estabilidade após tempo em serviço. Corpos de prova de alumínio AISI 7015, de 16 mm de diâmetro foram extrudados a frio segundo uma redução de área de 23,4 % e semiângulo de trabalho de 3,8° usando-se como lubrificantes os óleos anteriormente citados e um óleo mineral para contraste. Foram medidas a rugosidade superficial e as tensões residuais, estas valendo-se do ensaio de indentação. Foram observados os aspectos superficiais de produto. Os resultados estatisticamente tratados mostram que a integridade superficial do produto é mantida quando se substitui lubrificantes de base mineral por lubrificantes de base de fontes renováveis na extrusão do alumínio.*

Palavras-chave: *Lubrificantes de base renovável; lubrificação; tensões residuais; alumínio; extrusão a frio*

1. INTRODUÇÃO

A integridade da superfície deve ser entendida como a inexistência de quaisquer fatores que possam reduzir a resistência mecânica do produto em serviço, assim como também a inexistência de falhas que comprometam visualmente a aparência do produto, tornando-o inaceitável. Dentre os diversos fatores que podem comprometer a integridade superficial do produto podem ser arrolados a rugosidade, trincas e micro-trincas, micro-dureza e tensões residuais. O efeito dos lubrificantes e da lubrificação sobre a integridade das superfícies vem sendo estudado com certa ênfase para os processos de fabricação por usinagem (Kannan e Kishawy, 2008; Rech, et al, 2008). Porém, para a conformação mecânica, estes estudos se iniciam.

Dentre os fatores que caracterizam a integridade superficial, as tensões residuais apresentam um papel importante porque, dependendo de sua intensidade e da natureza tratativa, elas reduzem significativamente a vida em serviço do produto, além de estabelecer parâmetros de processamento para a fabricação que minimizem os efeitos prejudiciais dela decorrentes.

Tensões residuais são aquelas tensões que existem no corpo quando não há cargas externas aplicadas sobre ele. Tais tensões são conseqüências de tratamentos térmicos de deformações mecânicas, de usinagem ou outros processos de fabricação, como a soldagem. Nas peças mecânicas, as tensões residuais se apresentam na superfície trabalhada e podem ser de natureza tratativas ou compressiva. As tensões residuais tratativas devem ser evitadas em peças submetidas a esforços mecânicos cíclicos devido ao fato de, por sua natureza, facilitarem a nucleação e a propagação de trincas, levando-as a falharem por fadiga mecânica (Bianchi et al, 2000).

Os processos de conformação mecânica a frio também induzem tensões residuais nas peças conformadas na região deformada. As peças conformadas a frio apresentam boa qualidade superficial, tolerâncias dimensionais mais fechadas e controladas, além do aumento da resistência mecânica por causa da estrutura de distribuição das fibras e encruamento (Monezi., 2005). Aqui também, deseja-se minimizar as tensões residuais tratativas em elementos submetidos a esforços mecânicos cíclicos, pelas mesmas razões de que tais tensões facilitam a falha desses elementos por fadiga. O método tradicional de se medir as tensões residuais utiliza a difração de raios-x. Entretanto uma nova técnica vem sendo estudada através da qual se permite determinar a presença de tensões residuais através de ensaios de indentação (Oliveira et al, 2009). O método se baseia no conceito de que, se existe uma tensão residual de compressão na superfície, esta dificultará a penetração do indentador, resultado em uma tensão residual maior do que em uma

superfície livre destas tensões. Em caso contrário, se existirem tensões residuais trativas na superfície, a dureza resultará menor.

Por outro lado, a conformação a frio exige a presença de lubrificação com o fito de reduzir as forças envolvidas e o desgaste das ferramentas. Entretanto, este elemento é, via de regra, agressivo ao homem e a natureza. Recentemente, tem-se dado atenção à substituição de lubrificantes de base mineral por lubrificantes de base renovável (Willing, A., 2001; Wagner, H. at all, 2001). Os estudos tem se concentrado nos efeitos deste tipo de lubrificante sobre a natureza e sobre o ser humano, tendo ficado bem estabelecido o benefício advindo da sua aplicação. Além de serem oriundos de fontes renováveis, tais lubrificantes são biodegradáveis, com um tempo de degradação curto. Contudo, um estudo da eficiência de tais lubrificantes nos processos de fabricação, no sentido de redução dos esforços e qualidade do produto no que tange a sua integridade superficial, livre de defeitos e tensões residuais, não foi ainda estabelecido.

O processo de extrusão de alumínio é comum e útil para a produção de extrudados com forma de seção complexa e parede fina. No estudo acerca do efeito da utilização de óleos vegetais no processo de extrusão a frio é importante salientar que, ao contrário de outros processos de conformação, tais como forjamento e laminação, o processo de extrusão de perfis de liga de alumínio tem geralmente grandes reduções de área e, conseqüentemente, grandes deformações.

A extrusão é um processo de conformação plástica que consiste em fazer passar um tarugo (colocado dentro de um recipiente, pela abertura existente no meio de uma ferramenta alocada na extremidade do recipiente, por meio da ação de compressão de um pistão acionado. A extrusão fornece comumente produtos como perfis e tubos e como no caso deste estudo, barras de seção circular.

A lubrificação nestes processos é de grande importância visto que existe um contato direto entre o tarugo e a ferramenta e, portanto atrito entre as duas superfícies. O efeito do lubrificante no processo é bem vindo pois, diminuindo o atrito entre as duas superfícies, é possível diminuir tanto a força aplicada no processo para que o tarugo escoe, bem como proporciona um melhor acabamento superficial (Bresciani, 1991). O valor do coeficiente de atrito é função direta da viscosidade do fluido lubrificante.

Para cada produto com uma determinada finalidade existe uma superfície mais adequada, a fim de atender melhor as especificações do projeto. Nos processos de fabricação a frio o estudo da rugosidade na peça extrudada é de grande importância, visto é um dos fatores que qualificam a qualidade superficial do produto. A rugosidade é definida pela existência de erros microgeométricos da superfície do material, isto é, pequenas saliências e reentrâncias que definem a superfície. Vários parâmetros são utilizados na medição de rugosidade superficial. Alguns dos parâmetros de avaliação medem a variação vertical (amplitude do perfil) ou a variação horizontal (espaçamento), enquanto outros são uma combinação dessas duas variações.

Assim, esta pesquisa tem por objetivo levantar as propriedades lubrificantes de fluidos de fontes renováveis, tais como a lubrificidade, viscosidade, estabilidade. Quer, ainda, investigar o desempenho desses fluidos sobre os esforços de conformação e sobre a integridade superficial de produtos extrudados, comparado a produtos extrudados com o lubrificante convencional. Espera-se com esta pesquisa poder estabelecer critérios para substituição de lubrificantes de base mineral por lubrificantes alternativos de fontes renováveis, com garantia da integridade superficial do produto, com manutenção ou redução do nível de tensões residuais, sem aumento dos esforços de conformação que comprometam o planejamento do processo do ponto de vista operacional e econômico.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 – Ferramental

A matriz foi confeccionada em aço 1045 temperado e revenido.

As principais características da matriz são diâmetro de entrada = 16 mm, diâmetro de saída = 14 mm, semi-ângulo de trabalho = 4° e comprimento da zona de calibração = 3 mm. A rugosidade Ra na zona de deformação e na zona de calibração da matriz apresentou valor de 1,7 µm. A ferramenta produz uma redução de área de 23,8%. Na Fig. (1) pode-se ver uma representação esquemática do procedimento de extrusão.

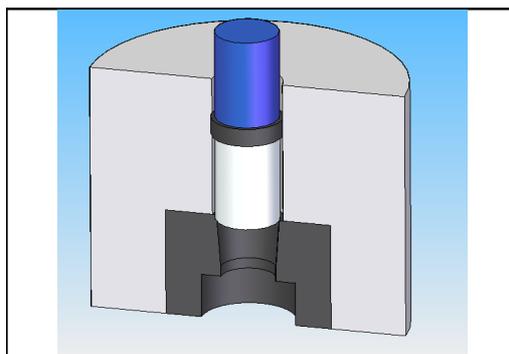


Figura 1– Esquema da extrusão

A matriz e o punção sofreram tratamento térmico de têmpera e revenido, com dureza de 520HV.

2.2 - Corpos de prova

O material escolhido para o presente estudo é o Alumínio 7015. Os corpos de prova foram confeccionados no formato de tarugos cilíndricos de alumínio com dimensões de 16 mm de diâmetro e 25 mm de altura. Os tarugos foram torneados no Laboratório de Fabricação do DEMEC. A escolha por este método de obtenção do tarugo foi em virtude do maior controle dimensional e o acabamento superficial da peça.

2.3 – Lubrificantes

Foram empregados cinco tipos de Lubrificantes. O primeiro deles é um óleo mineral comum de viscosidade 68 SSU à temperatura ambiente, com denominação comercial Rando HD 68. Os outros lubrificantes empregados foram óleos de fontes vegetais: de milho, de canola, de soja e de girassol, adquiridos diretamente do mercado comercial a varejo. Os lubrificantes foram utilizados no estado como recebido e no estado trabalhado. Este último consistiu em submeter o lubrificante a uma agitação dentro de caixa de engrenagens de um moto-redutor, durante um período ininterrupto de 24 horas.

2.4 – Ensaios de extrusão

Os corpos de prova foram extrudados no Laboratório de Fabricação do Departamento de Mecânica da UFSJ. Foram executadas três réplicas com cada tipo de óleo lubrificante.

2.5 - Ensaio dos lubrificantes

Nesta etapa definimos as três variáveis de influência como sendo o tipo do óleo para lubrificação, a temperatura de operação e o estado do óleo (antes ou depois de ser trabalhado), a fim de verificar a influência que essas três variáveis exercem sobre a viscosidade do fluido. Para a variável temperatura foram escolhidos três níveis: 25 °C, 50 °C e 75 °C.

2.6– Ensaios de rugosidade da peça

De forma semelhante a etapa anterior, definimos o tipo de óleo lubrificante e o estado da peça (antes ou depois do processo de conformação) como as variáveis de influência sobre a rugosidade apresentada na peça. Para a análise da rugosidade é necessário definir qual ou quais os parâmetros de medição da mesma devem ser utilizados. Os parâmetros Ra e Rz que definem de formas diferentes a rugosidade média da peça são amplamente utilizados e por esse motivo foram selecionados para este estudo. As peças foram medidas empregando-se um rugosímetro da marca Mitotoyo SJ 2000, do laboratório de Metrologia do Departamento de Mecânica da UFSJ.

2.7 Ensaios de dureza do produto extrudado

Para os ensaios de indentação o padrão escolhido foi o de dureza Vickers, por ser o único com escala que pode conter os valores de dureza tanto para o alumínio dos tarugos quanto para o aço da ferramenta. O ensaio de dureza Vickers consiste na resistência que o material oferece à penetração de uma pirâmide de diamante de base quadrada, sob uma determinada carga. O modelo de microdurômetro utilizado foi um Mitotoyo MVK – G1, alocado no Laboratório de Caracterização de Materiais da UFSJ.

A carga utilizada no ensaio, e o seu tempo de aplicação foram fixadas em 500 gramas e 10 segundos, por se tratar de material relativamente macio.

2.4 – Planejamento experimental

Neste trabalho foi utilizado um Planejamento Fatorial aleatorizado por níveis. Foram avaliadas as seguintes variáveis de resposta: Força de extrusão, viscosidade do fluido lubrificante, rugosidade superficial da peça, dureza superficial.

As variáveis de respostas foram submetidas as seguintes variáveis de influência:

Variável A – Lubrificante, em cinco níveis (óleo mineral comum, óleos de milho, canola, soja e girassol)

Variável B – Estado do Lubrificante, em dois níveis (trabalhado e como recebido)

Em todos os testes foram feitas 3 réplicas, no mínimo. Na Tab. (1) está mostrado um sumário do planejamento experimental.

Tabela 1 – Planejamento Fatorial Aleatorizado por Níveis

		variável B					
		b1			b2		
		Réplica 1	réplica 2	réplica 3	réplica 1	réplica 2	réplica 3
Variável A	a1	x	x	x	x	x	x
	a2	x	x	x	x	x	x
	a3	x	x	x	x	x	x
	a4	x	x	x	x	x	x
	a5	x	x	x	x	x	x

Foi utilizada a técnica da aleatorização dos ensaios, de modo que cada ensaio foi sorteado.

3 – ANÁLISE DOS RESULTADOS

3.1 – Análise da viscosidade dos óleos

Na Tab. (2) estão registrados os resultados para a viscosidade dinâmica dos lubrificantes examinados. Os lubrificantes foram examinados em função da temperatura e do seu estado (como recebido e trabalhado). Observa-se na Fig. (2) os resultados para as médias das réplicas do ensaio dos lubrificantes.

Tabela 2 – Resultado do ensaio de viscosidade dos lubrificantes

Viscosidade Dinâmica mPas			Óleo				
			Girassol	Soja	Milho	Canola	Rando HD 68
Estado do óleo	Recebido	25 °C	54,5	50,33	53,05	60,44	120,54
			54,14	50,33	53,05	59,52	120,54
			53,95	49,42	52,5	58,51	121,46
		50 °C	22,92	20,17	22,94	23,75	32,29
			22,56	21,09	22,94	23,67	31,36
			22,56	21,09	22,02	24,03	31,36
		75 °C	11,76	11,03	11,58	12,86	12,1
			11,76	11,03	11,4	12,31	12,01
			11,57	10,84	11,21	12,04	12,01
	Trabalhado	25 °C	49,05	46,48	52,98	56,68	99,38
			49,42	46,85	57,6	56,32	99,38
			49,23	47,77	57,8	56,04	99,38
		50 °C	20,63	18,34	17,71	21,84	27,85
			20,17	18,43	17,99	21,84	28,21
			20,27	18,34	17,99	21,47	27,66
		75 °C	10,48	9,74	10,48	11,03	11,08
			10,2	9,56	10,3	11,03	11,08
			10,1	9,64	10,3	11,03	11,08

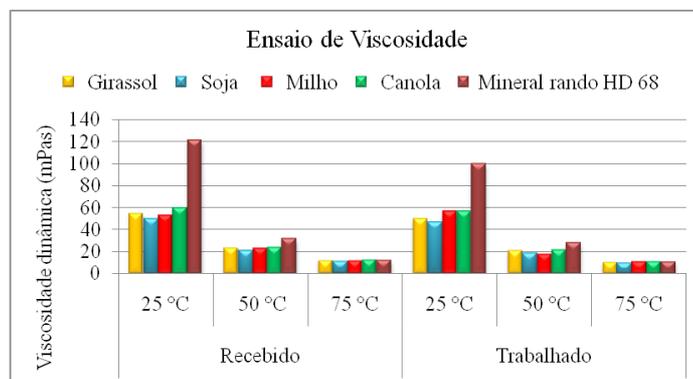


Figura 2 – Resultado do ensaio dos lubrificantes – Viscosidade dinâmica (mPas)

Os lubrificantes comportaram-se como esperado em relação à temperatura, isto é, a viscosidade dinâmica diminuiu com o aumento da temperatura. Pode-se ver também que o óleo mineral apresenta viscosidade muito superior aos óleos vegetais nas temperaturas de 25 °C e 50 °C. Isto não ocorre à temperatura de 75 °C.

Verifica-se na Tab. (3) a Análise da Variância para este caso em estudo, onde a variável A é o tipo de óleo, a Variável B é a temperatura e a variável C é o estado do lubrificante. Ftab é o valor tabelado da estatística de Fisher, para o nível de significância de 5% e Fcalc é o valor da estatística de Fisher calculada.

Ho é a hipótese nula da igualdade das médias. Conforme se verifica, rejeitamos a igualdade das médias das viscosidades dos lubrificantes, entre os óleos estudados, entre as temperaturas e entre os estados do óleo. Isto significa que a viscosidade do óleo varia com a temperatura, sendo menor para temperaturas maiores. O óleo no estado recebido é mais viscoso do que o óleo depois de trabalhado, para o mesmo tipo de óleo e para a mesma temperatura. O teste de contraste mostrou que a viscosidade do óleo de milho é igual a do óleo de soja, ambos no estado recebido. Nos demais casos, os óleos se mostraram diferentes quanto a viscosidade, independente do estado do mesmo. O óleo de soja apresenta a menor viscosidade, enquanto o óleo mineral apresenta a maior viscosidade.

Tabela 3 – Análise da Variância da viscosidade dos lubrificantes

		Medias	Fcalc	Ftab	
SST	64553,93				
SSA	7230,221	1807,555	4876,776	2,525215	REJEITA Ho
SSB	257,7593	257,7593	695,4334	4,001191	REJEITA Ho
SSC	47403,3	23701,65	63946,94	3,150411	REJEITA Ho
SSAB	170,9196	42,7299	115,2851	2,525215	REJEITA Ho
SSAC	9035,918	1129,49	3047,358	2,096968	REJEITA Ho
SSBC	81,72974	40,86487	110,2532	3,150411	REJEITA Ho
SSABC	351,8515	43,98144	118,6617	2,096968	REJEITA Ho
SSErro	22,23873	0,370646			

Observa-se na Fig. (3) a viscosidade média de cada óleo à temperatura ambiente, antes e depois de trabalhado. Conforme se pode notar, a viscosidade do óleo diminui após o uso, podendo-se afirmar que esta diferença é maior para o óleo mineral.

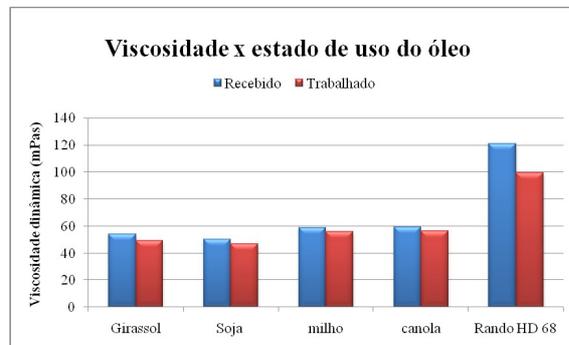


Figura 3 – Interação do tipo de óleo e seu estado de uso

3.2 – Análise da Rugosidade superficial da peça

Na Tab. (4) estão registrados os resultados da medição de rugosidade superficial da peça antes e após a extrusão. Observa-se na Fig. (4) a variação das médias das replicas obtidas para a rugosidade.

Tabela 4 – Rugosidade Rz (µm) da peça

Rugosidade Rz (µm)	Estado da peça											
	Antes da extrusão						Após a extrusão					
Óleo de Girassol	5,3	5,8	5,8	5,3	4,2	4,3	3,7	3,5	1,7	2,5	5,6	3,8
Óleo de Soja	5,3	5,8	5,8	5,3	4,2	4,3	5,5	4,3	6,5	5,9	4,2	5,4
Óleo de Milho	5,3	5,8	5,8	5,3	4,2	4,3	3,6	3,7	2,2	4,1	7,7	2,5
Óleo de Canola	5,3	5,8	5,8	5,3	4,2	4,3	1,7	3,3	1,3	6,8	2,4	3,4
Óleo Mineral rando HD 68	5,3	5,8	5,8	5,3	4,2	4,3	6,0	9,4	8,1	1,2	0,8	6,0

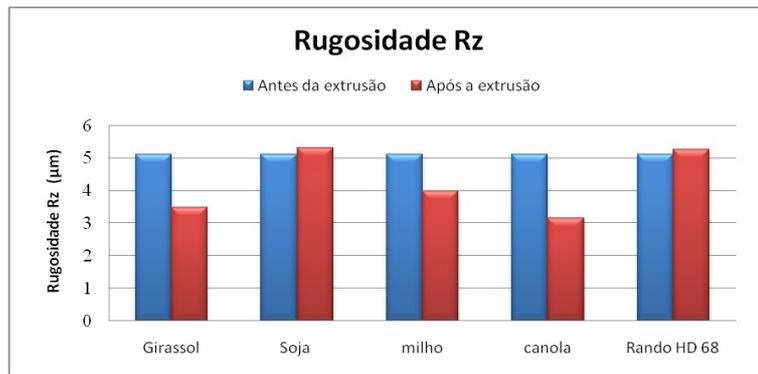


Figura 4 – Médias das réplicas da Rugosidade Rz

Conforme podemos verificar, os óleos vegetais apresentam rugosidade Rz menor do que o óleo mineral, exceto o óleo de soja, quando se compara a rugosidade inicial (antes da extrusão, com a rugosidade final (após a extrusão). No caso do óleo de soja seu comportamento se assemelhou ao do óleo mineral, aumentando a rugosidade após a conformação. Isto foi comprovado pelo exame da Análise de Variância. Entretanto, ao nível de significância de 5%, não houve alteração de Rugosidade Rz da peça após a extrusão, independente do tipo de óleo utilizado. Este fato indica que, em termos de Rugosidade superficial Rz, o óleo vegetal pode ser utilizado em substituição ao óleo mineral.

O mesmo estudo foi feito para a rugosidade Ra da peça e os resultados estão mostrados na Tab. (5) e na Fig. (5).

Tabela 5 – Rugosidade Ra da peça (µm)

Rugosidade - Ra	Estado da peça											
	Antes da extrusão						Após a extrusão					
Óleo de Girassol	0,67	0,72	0,73	0,64	0,68	0,71	0,51	0,62	0,32	0,38	0,96	0,57
Óleo de Soja	0,67	0,72	0,73	0,64	0,68	0,71	0,55	1,03	0,99	0,92	0,5	0,84
Óleo de Milho	0,67	0,72	0,73	0,64	0,68	0,71	0,58	0,57	0,27	0,47	0,89	0,28
Óleo de Canola	0,67	0,72	0,73	0,64	0,68	0,71	0,19	0,4	0,15	1,49	0,39	0,45
Mineral Rando HD 68	0,67	0,72	0,73	0,64	0,68	0,71	1,01	1,65	0,26	0,13	0,1	1,01

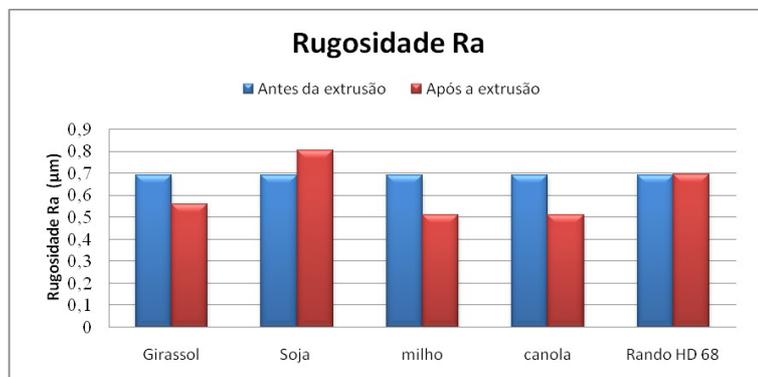


Figura 5 – Médias das réplicas da Rugosidade Ra

Na Fig. (6) podemos observar que se repetiu o resultado obtido para Rz, agora para Ra. O óleo de soja tem comportamento semelhante ao do óleo mineral, aumentando a rugosidade da peça conformada. Os demais óleos vegetais reduzem a rugosidade final da peça após a conformação. A análise da variância mostrou que, em relação à peça extrudada, a rugosidade Ra é a mesma, independente do tipo de óleo utilizado.

3.3 Análise da dureza superficial

Os resultados para a dureza superficial estão registrados na Tab. (6) e, na Fig. (6), observamos a variação média da dureza superficial medida. Conforme se pode observar, a dureza superficial do produto aumentou após a conformação para todos os tipos de óleo. Isto se deve ao encruamento do material durante a conformação. Uma parcela da força de extrusão é devido ao atrito entre a superfície do produto e a ferramenta, indicando que os óleos produzem atritos diferentes, devido à sua viscosidade. Testes de contraste mostram que o óleo que menos induz tensões residuais, medidas através da dureza superficial é o óleo de Milho. O teste também mostra que não existe diferença significativa entre os óleos de soja e de Girassol, para a dureza superficial, sendo estes os que mais introduzem tensões residuais.

Tabela 6 – Dureza superficial da peça

Dureza HV	Estado da Peça							
	Antes da extrusão				Após a extrusão			
Óleo de Milho	54,9	53,3	54,1	53,3	62,3	54,4	60,1	64,2
	53,6	54,9	54,9	53,9	54,4	63,4	60,6	59,1
Óleo de Soja	54,9	53,3	54,1	53,3	77,5	84,6	85,2	88,3
	53,6	54,9	54,9	53,9	82,6	80,2	83,6	84,6
Óleo de Girassol	54,9	53,3	54,1	53,3	85,2	84,6	85,7	83,6
	53,6	54,9	54,9	53,9	80,2	79,7	81,6	81,2
Óleo de Canola	54,9	53,3	54,1	53,3	81,6	78,4	77,9	81,6
	53,6	54,9	54,9	53,9	78,4	78,8	81,6	78,8
Rando HD 68	54,9	53,3	54,1	53,3	80,2	78,8	77	80,7
	53,6	54,9	54,9	53,9	74,4	74	73,6	72,8

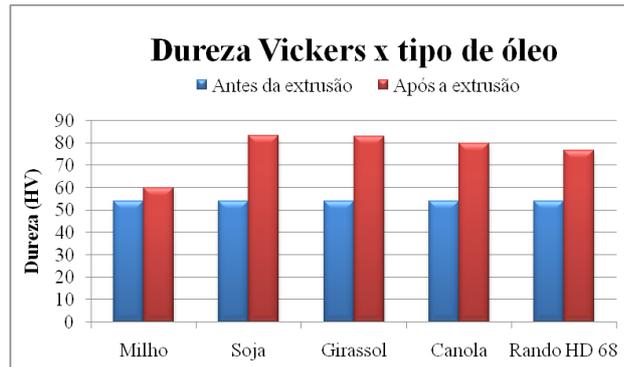


Fig. 6 – Dureza Vickers antes e após a extrusão

3.3 Análise da Força de extrusão

Os resultados obtidos para a força de extrusão podem ser observados na Fig. (7) em função do tipo de lubrificante. A variação da força. Verifica-se que o óleo de soja apresentou a maior força, enquanto o óleo de milho apresentou a menor força. Os testes de contraste confirmam isso, podendo-se afirmar que os resultados obtidos com óleo de milho é significativamente menor que com todos os outros óleos. Já os resultados obtidos com óleo de soja são significativamente maiores do que os obtidos com todos os outros óleos. Já os testes entre os óleos de canola, de girassol e Rando HD 68 mostram que os resultados não apresentam diferenças significativas.

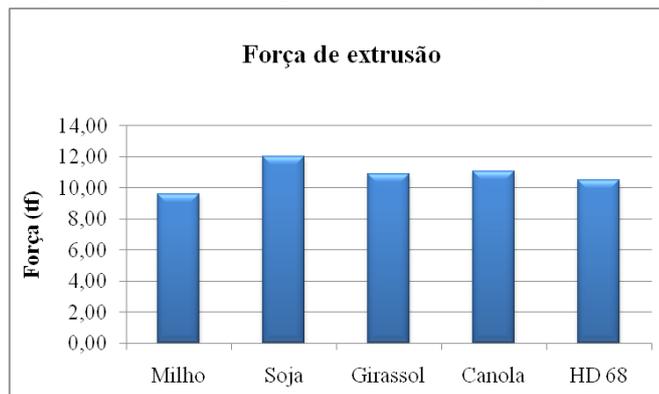


Fig. 7 – Força de extrusão por tipo de óleo lubrificante

4. CONCLUSÕES

1. A viscosidade do óleo mineral é maior do que a viscosidade dos óleos vegetais. A viscosidade decresce com a temperatura e decresce com o uso do óleo. A perda de viscosidade devido ao uso é maior no óleo mineral estudado.

2. A rugosidade máxima (Rz) e a Rugosidade média (Ra) diminuí para os óleos de girassol, milho e canola. Manteve-se constante para o óleo mineral e apresentou um acréscimo para o óleo de soja.

3. As tensões residuais foram avaliadas através da dureza superficial da peça. As tensões residuais aumentaram devido ao encruamento, após a extrusão. O óleo de milho é o que introduz menos tensões residuais, enquanto o óleo de soja é o que mais introduz tensões residuais. Considerando o aumento da dureza, pode-se afirmar que o acréscimo de tensões residuais é de natureza compressiva, o que é benéfico para a resistência da peça à fadiga.

4. A força de extrusão com óleo de milho é menor do que a força necessária para extrudar com o óleo mineral. Porém é maior, quando se emprega o óleo de soja. Para os outros óleos não houve mudança significativa.

Considerando a rugosidade superficial, as tensões residuais de natureza compressiva e a força de extrusão o estudo aponta para a possibilidade de substituição do óleo mineral por óleos vegetais, sem perda da integridade superficial da peça.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores desejam agradecer FAPEMIG pelo apoio financeiro à pesquisa

6. REFERÊNCIAS

- Oliveira, R. A. ; Braga, D. U.; Neves, F. O. . Residual Stress Evaluation In Cold Forming Using Indentation Test. In: 20th International Congress of Mechanical Engineering, 2009, Gramado. Proceedings of COBEM 2009. Rio de Janeiro : ABCM, 2009. v. 1. p. 1-7.
- Bianchi, E. C., Monici, R. D., Silva, E. J., Aguiar, P. R., Valarelli, I. D.D. Análise do Comportamento da Microestrutura de Materiais Endurecidos Retificados com Rebolos de CBN. Revista Materials Research, v. 3 n. 4, p. 147-154, 2000.
- Monezi, C. Temas de Produção e Controle II, seminários 1o semestre de 2005. São Paulo: Mackenzie. Disponível em http://meusite.mackenzie.com.br/carlosmonezi/seminarios/1o_semestre/1_2005/forjamento.pdf. Acesso em: 31 de maio 2006.
- Callister Jr., W. D. Ciência e Engenharia de Materiais: uma introdução. 5.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002. p-94-95-96.
- Bresciani Filho, E. Conformação Plástica dos Metais. 4.ed. Campinas: LTC, 1991. p. 63-89.
- White Frank, M. Mecânica dos Fluidos. 4.ed. Rio de Janeiro: McGraw-Hill, 2002. p. 14-18.
- Kannan, S. and Kishawy, H.A. Effect of tool wear progression on cutting forces and surface quality during cutting metal matrix composites. International Journal of Machining and Machinability of Materials. Vol. 3, n. 3-4 / 2008 pp. 241 – 251
- Rech, J and Claudin, C. Influence of cutting tool constitutive parameters on residual stresses induced by hard turning. International Journal of Machining and Machinability of Materials. Vol. 4, n.1, 2008, pp. 39-50

1. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

PROPERTIES OF LUBRICANTS FROM RENEWABLE SOURCE AND ITS PERFORMANCE ON THE SURFACE INTEGRITY OF COLD EXTRUDED PARTS

Thiago Luiz Lara de Oliveira, lara.thiago@yahoo.com.br¹
Frederico Ozanam Neves, Fred@ufsj.edu.br¹
Durval Uchoas Braga, durval@ufsj.edu.br¹

¹Universidade Federal de São João del-Rei – Praça Frei Orlando, 170 - CEP: 36.307-352 São João del-Rei – MG

Abstract: *The surface integrity must be understood as the nonexistence of any factors that reduce the mechanical resistance of the product in service, as well as the nonexistence of imperfections that compromise its visual appearance becoming it acceptable. Among these factors we can point the roughness, cracks and residual stresses. This work investigates the substitution of mineral oil base lubricant by lubricant from renewable sources such as oils from corn, soy, canola and sunflower and its effect on the surface integrity of extruded parts. The oils had been qualified as function of its lubricity and stability after time in service. Workpieces of aluminum AISI 7015 with 16 mm of diameter had been cold extruded to a reduction of area of 23,4% and angle of work of 3,8° using vegetables oils previously cited and a mineral oil for contrast. Roughness and the residual stresses had been measure using an indentation test. The superficial aspects of product had been observed. The results statistically treated show that the surface integrity of the product is kept when the mineral base lubricant is substituted by a lubricant from renewable source.*

keywords: *Lubricant from renewable sources; lubrication; residual stresses; aluminum; cold extrusion*