

AVALIAÇÃO DA FORÇA DE EXTRAÇÃO EM MOLDES DE INJEÇÃO

Gabriel F. Hübner, Marcos A. Luciano

Universidade de Caxias do Sul. Caxias do Sul – Brazil. Correo electrónico: marcos.luciano@ucs.br

Recibido: Noviembre de 2018 Aceptado: Enero de 2019

RESUMO

Este trabalho estudou alguns fatores que influenciam a força de extração de gavetas de moldes de injeção. Após a realização de pesquisa bibliográfica, foram definidos quatro fatores para ensaios – polímero, acabamento do inserto, pressão de recalque e comprimento da peça. Foram avaliadas duas peças com geometria circular e foi projetado um molde protótipo para a realização dos ensaios. Por fim, foi feita a avaliação do efeito dos fatores estudados e foi realizada uma comparação com a literatura. Foi utilizado Planejamento de Experimentos, aplicando a técnica de planejamento fatorial 2^k . Foram realizados dois ensaios com diferentes polímeros. Foi observado que em um dos ensaios o polímero é o fator de maior efeito e, no outro, o comprimento da peça. Também foi possível observar que a variação em níveis extremos do polímero tem maior impacto na força de extração em relação à variação em níveis extremos dos outros fatores. Outra observação possível foi que a interação de fatores pode resultar em efeito maior que a utilização destes de forma isolada.

Palavras chaves: Moldes de injeção, Força de extração, Produtos poliméricos, Moldes de engenharia.

ABSTRACT

This work aims to study factors that influence the ejection force of injection molds slides. Based on bibliographical research, four testing factors were defined – polymer, insert finish, holding pressure and part's length. Analysis of circular geometry parts was defined and a prototype mold was designed for the tests. Finally, the effect of the studied factors was evaluated and a comparison with the literature was performed. Design of Experiments was used, applying 2^k factorial design technique. Two tests with different polymers were performed. It was observed that in one of the tests the polymer is the factor of greatest effect and, in the other, the part's length. It was also possible to observe that the variation of the polymer in extreme levels has greater impact on the ejection force compared to the variation of the other factors in extreme levels. Another possible observation was that the combination of factors may result in greater effect than the use of these factors in isolation.

Keywords: Injection molds, Ejection force, Polymer Products, Mold Engineering.

INTRODUÇÃO

O molde de injeção é uma ferramenta capaz de produzir peças moldadas que contenham todos os detalhes desejados, evitando assim processos posteriores que aumentam o custo de fabricação [1]. Alguns moldes, entretanto, necessitam de um mecanismo para viabilizar a extração lateral, que é conhecido por gaveta [2].

Para realizar o movimento da gaveta, são utilizados diferentes tipos de mecanismo, dentre os quais se podem citar: pino acionador (também chamado de coluna) e cilindro hidráulico. O sistema com pino acionador é simples e de menor custo quando comparado ao sistema com cilindros hidráulicos [2]. A utilização destes mecanismos laterais exige o conhecimento da força necessária para realizar sua movimentação, principalmente no movimento de recuo (abertura) da gaveta. Isto se deve ao fato de que, durante a etapa de resfriamento, o polímero contrai, o que gera a necessidade de aplicação de forças capazes de realizar a extração da peça no momento em que a gaveta é movimentada. Já no movimento de avanço (ou fechamento) da gaveta, a força necessária é menor, pois as forças de reação ao movimento são causadas apenas pelo atrito entre as peças de aço – estas forças também estão presentes na abertura.

O conhecimento das forças envolvidas no movimento das gavetas permite uma maior confiabilidade no projeto do sistema de movimentação, seja por colunas ou por cilindros. Alguns fatores podem influenciar a magnitude desta força, dentre eles: área de contato entre peça e molde, tipo de polímero, parâmetros de processo de injeção relacionados com compactação do polímero e o acabamento do molde.

Devido a complexidade dos fatores envolvidos este é um processo ainda intuitivo, suscetível a falhas e que pode ser aperfeiçoado a partir da possibilidade de cálculo ou estimativa das forças envolvidas.

Este trabalho tem como objetivo avaliar a força de extração de gavetas de moldes de injeção. Para tanto foram pesquisados os fatores que podem influenciar a força de extração; e a partir desses foi definido um conjunto de fatores para ensaios. Na sequência foi realizado o planejamento dos experimentos e definidas as geometrias a serem analisadas. Foi projetado e construído um molde protótipo que permitiu realizar os testes e avaliar o efeito dos fatores selecionados para compará-los a resultados descritos na literatura.

FORÇA DE EXTRAÇÃO

O ciclo de injeção é dividido em sete etapas: fechamento do molde, injeção do material plastificado, recalque, dosagem, resfriamento, abertura do molde e extração da peça [1–5]. Após a extração, inicia-se um novo ciclo. A extração das regiões moldadas por gavetas se dá no momento da abertura do molde (para moldes com gavetas movimentadas por colunas) ou no momento do acionamento dos cilindros hidráulicos (para moldes gavetas movimentadas por cilindros). Durante a extração é necessário superar as forças de atrito resultante da contração da peça moldada contra o molde [6]. Algumas variáveis e considerações que devem ser consideradas na magnitude da força são:

- a) A força de extração resulta da interação entre geometria da peça injetada, geometria do molde e material, material injetado e condições de processo;
- b) A força de extração aumenta com o aumento do tempo de resfriamento e com o aumento da rugosidade da parede do molde;
- c) O coeficiente de atrito entre a peça injetada e o núcleo do molde influencia de forma significativa no processo de extração;
- d) Há um ponto ótimo de tempo de resfriamento para o qual a força de extração é menor;
- e) Ocorre aumento da força de extração quando se aumenta a espessura e o diâmetro de um tubo cilíndrico injetado e ocorre uma redução da força de extração quando se aumenta o ângulo de extração.

A literatura apresenta estudos para a melhor compreensão dos fatores que influenciam a força de extração de moldes de injeção. O quadro 1 apresenta de forma sintetizada estes fatores. Na terceira coluna, são apresentadas as variáveis com que cada fator se relaciona – molde, polímero ou processo.

Quadro 1. Fatores que influenciam a força de extração.

<i>Fatores</i>	<i>Autor</i>	<i>Variável</i>
Acabamento superficial da peça injetada	[8]	Molde e polímero
Ângulos de saída	[3]; [6]; [9]; [10]	Molde
Área de contato entre peça injetada e molde	[3]; [10]	Molde
Características dos rebaixos da peça injetada	[3]	Molde
Coeficiente de atrito entre peça injetada e molde	[3]; [6]; [9]; [10]	Molde, polímero e processo
Comprimento da peça injetada	[10]	Molde
Contração do polímero injetado	[3]; [6]; [9]; [11]	Polímero
Diâmetro da peça injetada	[6]; [10]	Molde
Diferença de temperatura entre o produto e o macho	[12]	Polímero e processo
Dimensões da peça injetada	[10]; [12]	Molde
Espessura da peça injetada	[6]; [10]	Molde
Forças de fricção	[6]; [11]	Molde, polímero e processo
Forma da peça injetada	[8]	Molde
Interação entre geometria da peça e do molde e seu material, material injetado e condições de processo	[6]	Molde, polímero e processo
Módulo de elasticidade do polímero injetado	[3]; [10]	Polímero
Polímero injetado	[8]	Polímero
Presença de nervuras na peça injetada	[10]	Molde
Pressão de recalque	[10]	Processo
Problemas de vácuo gerados na extração	[3]	Molde, polímero e processo
Propriedades do polímero injetado	[9]	Polímero
Rigidez do polímero injetado	[10]	Polímero
Rugosidade superficial do molde	[3]; [6]; [7]; [9]	Molde
Temperatura da superfície do molde em contato com a peça injetada no momento da extração	[10]	Polímero e processo
Temperatura de injeção	[10]	Polímero e processo
Tempo de resfriamento	[6]; [13]	Polímero e processo
Tipo de acionamento de extração	[9]	Molde

A influência de parâmetros geométricos e de propriedades do material na força de extração pode ampliar ou reduzir a mesma [10]. O quadro 2 sintetiza o efeito destes parâmetros na magnitude da força.

Quadro 2. Efeito dos parâmetros geométricos e propriedades do material na força de extração.

<i>Variável</i>	<i>Tipo de Variável</i>	<i>Variação</i>	<i>Força de Extração</i>
Espessura	Geométrico	↑	↑
Ângulo de saída	Geométrico	↑	↓
Comprimento	Geométrico	↑	↑
Diâmetro	Geométrico	↑	—
Coeficiente de atrito	Polímero/Aço	↑	↑
Módulo de Elasticidade	Polímero	↑	↑
Contração	Polímero	↑	↑

Fonte: Pontes *et al.* (2004)

MOLDE PROTÓTIPO

O molde protótipo (Figura 1) foi projetado com duas cavidades. As peças possuem diâmetro externo de 40 mm e espessura de parede de 2 mm, sendo que uma possui comprimento de 40 mm e a outra de 80 mm, respectivamente 4.545 e 9.108 mm² de área de contato com a gaveta. O movimento das gavetas foi realizado por cilindros hidráulicos, um para cada peça injetada.

Foi instalado um manômetro próximo à entrada de óleo de cada cilindro hidráulico, com o objetivo de verificar a pressão no momento da extração. Foram utilizados manômetros equipados com ponteira de arraste, que registra o pico de pressão. Um com faixa de leitura entre 0 e 250 bar e outro entre 0 e 280 bar.

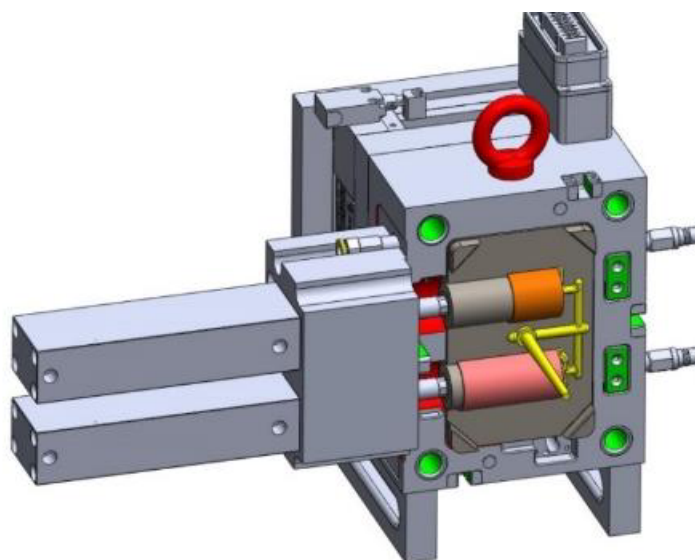


Figura 1. Projeto do molde e as peças projetadas com o canal de injeção.

PLANEJAMENTO DE EXPERIMENTOS

Com base na pesquisa bibliográfica verificou-se que os fatores mais citados por diferentes autores são: polímero, acabamento, pressão de recalque e comprimento. Estes fatores estão descritos no quadro 3 bem como o objetivo de analisar cada um dos fatores. Isto permitiu também definir o planejamento dos

experimentos.

Quadro 1. Fatores analisados e objetivos.

<i>Fatores Analisados</i>	<i>Objetivo</i>
Injeção de peças de dois tamanhos diferentes	Avaliar a influência da área de contato entre a peça injetada e o molde na força de extração
Injeção com dois polímeros diferentes	Avaliar o comportamento de cada um em relação à força de extração
Variação de pressão de recalque	Avaliar a força de extração em função da compactação da peça injetada
Injeção de peças com dois níveis de acabamento superficial	Avaliar a força de extração em função do acabamento superficial

Utilizando o planejamento fatorial 2^k com quatro fatores, se obtém 2^4 combinações de testes. Inicialmente, foi planejada a realização dos testes conforme os fatores, limites e níveis indicados na tabela 1. Foram injetadas cinco peças em cada condição – cinco réplicas – o que resultou em 80 peças injetadas. Visto que o molde foi projetado com duas cavidades, foram necessários 40 ciclos de injeção para realizar este ensaio.

Foram escolhidos níveis considerados extremos para os fatores ensaiados, com o objetivo de identificar seus efeitos na força de extração em situações opostas. A peça maior foi projetada com o dobro do comprimento da peça menor. Foram escolhidos dois polímeros o polioximetileno (POM) e o policarbonato (PC). Para o primeiro são esperados baixos valores de força enquanto para o segundo altos valores de força de extração. Foram determinadas pressões de recalque com grandes diferenças sendo que a maior é aproximadamente 3,4 vezes a menor. Também foram confeccionados insertos com acabamentos de níveis consideravelmente diferentes – a lixa 600 proporciona um acabamento substancialmente melhor do que a lixa 80.

Tabela 1. Fatores, limites e níveis do primeiro ensaio

<i>Fator</i>	<i>Variável</i>	<i>Limites (grandezas)</i>	<i>Níveis</i>	
			<i>I</i>	<i>II</i>
A	Polímero injetado	POM – PC	POM	PC
B	Acabamento superficial	Lixa 80 – Lixa 600	Lixa 80	Lixa 600
C	Pressão de recalque	350 – 1.200 bar	350	1.200
D	Comprimento da peça	40 – 80 mm	40	80

Ao analisar os resultados dos testes, se verificou que o efeito do polímero foi significativamente maior que os efeitos comprometendo a análise. Em função disto, se optou por ensaiar mais um polímero para verificar se este comportamento se repetia. No entanto, a aplicação do planejamento fatorial 2^k exige a mesma quantidade de níveis para todos os fatores.

Desta forma, para a aplicação deste planejamento nesta situação, seria necessário três níveis

para todos os fatores, o que não foi possível nesta etapa dos testes, pois seria necessário fabricar cavidade e macho novos para realizar ensaios com mais um nível de comprimento. Foi optado, então, pela realização de mais um planejamento fatorial 2^k , mantendo o POM e substituindo o PC por outro polímero, o ABS. A tabela 2 mostra os fatores, limites e níveis deste teste.

Tabela 2. Fatores, limites e níveis do segundo ensaio.

<i>Fator</i>	<i>Variável</i>	<i>Limites (grandezas)</i>	<i>Níveis</i>	
			<i>I</i>	<i>II</i>
A	Polímero injetado	POM – ABS	POM	ABS
B	Acabamento superficial	Lixa 80 – Lixa 600	Lixa 80	Lixa 600
C	Pressão de recalque	350 – 1.200 bar	350	1.200
D	Comprimento da peça	40 – 80 (mm)	40	80

EQUIPAMENTOS E ENSAIOS

Os testes foram realizados em uma injetora marca *Arburg* com força de fechamento de 80 toneladas. Os cilindros hidráulicos foram acionados pelos comandos da injetora. O ciclo foi interrompido após a abertura da injetora, para que fosse feito o acionamento do comando para movimentação dos cilindros hidráulicos. Para possibilitar a verificação da força mínima necessária para a extração, antes do início das medições para cada sequência de réplicas foi ajustada uma pressão inicial de 5 bar, incrementando-se 5 bar até que a pressão fosse suficiente para realizar a extração.



Figura 2. Molde instalado na injetora.

Em seguida, foi feita a injeção de mais um ciclo e a pressão inicial foi definida em 10 bar a menos que a pressão mínima registrada no teste anterior para cada peça. Havendo a confirmação de que esta pressão não produziu força foi suficiente para extração, os testes foram iniciados com esta pressão nos cilindros hidráulicos e incremento de 5 bar, até que a força fosse suficiente para realizar a extração. Então foi feita a leitura da pressão nos manômetros. O objetivo foi minimizar as diferenças de tempo de extração nos diferentes testes, pois estas diferenças poderiam influenciar a força de extração, devido às diferenças de contrações que poderiam ocorrer. A Figura 2 mostra a parte móvel do molde instalada na injetora.

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Efeito dos fatores ensaiados. Após a realização dos ensaios, os efeitos dos fatores foram analisados, cuja ordem e interações estão mostrada no quadro 4. avaliando os resultados percebe-se que o fator polímero (a) quando analisado de forma isolada para os materiais pom e pc é o mais importante, já quando avaliado comparando os materiais pom e abs foi o décimo terceiro mais significativo. quando avaliados os materiais pom e abs o fator comprimento (d) é o mais significativo ficando em segundo lugar quando comparados os materiais pom e PC.

Quadro 4. Efeito dos fatores nos testes

Termo	Fator	Ordem nos testes	
		POM e PC	POM e ABS
A	Polímero	1°	13°
B	Acabamento	11°	6°
C	Pressão de recalque	9°	8°
D	Comprimento	2°	1°
AB	Interação: polímero e acabamento	8°	5°
AC	Interação: polímero e pressão de recalque	12°	14°
AD	Interação: polímero e comprimento	3°	11°
BC	Interação: acabamento e pressão de recalque	4°	2°
BD	Interação: acabamento e comprimento	6°	12°
CD	Interação: pressão de recalque e comprimento	10°	15°
ABC	Interação: polímero, acabamento e pressão de recalque	5°	3°
ABD	Interação: polímero, acabamento e comprimento	7°	7°
ACD	Interação: polímero, pressão de recalque e comprimento	14°	10°
BCD	Interação: acabamento, pressão de recalque e comprimento	13°	9°
ABCD	Interação: polímero, acabamento, pressão de recalque e comprimento	15°	4°

A Figura 3 apresenta o teste estatístico (F_0) para os testes realizados com POM e PC, considerando um intervalo de confiança (I_c) de 99%. Os fatores com F_0 maior que 7,06 são considerados significativos – neste caso, todos os fatores e interações de fatores são significativos. O gráfico mostra que o F_0 do polímero é maior do que dos outros fatores – aproximadamente quatro vezes o do comprimento, 88 vezes o da pressão de recalque e 100 vezes o do acabamento.

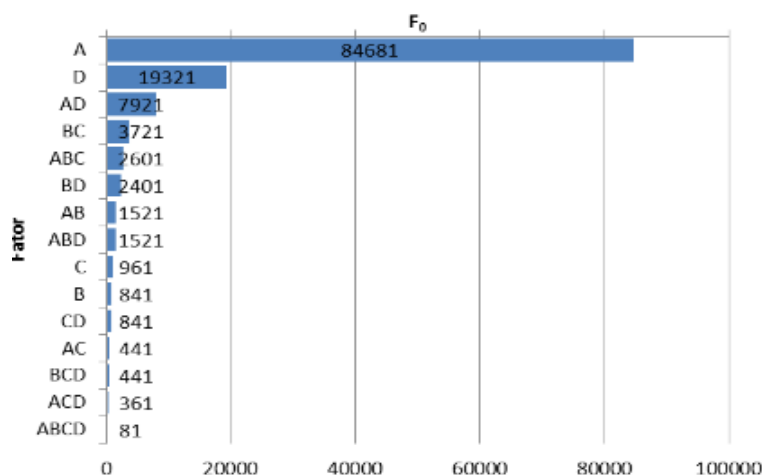


Figura 3. Gráfico de Pareto de F_0 para o Ensaio com POM e PC.

A Figura 4 mostra o gráfico para os testes realizados com POM e ABS. Considerando um intervalo de confiança de 99%, o valor tabelado de F_0 permanece 7,06 como limite mínimo de confiança. Neste caso, apenas as interações AC (polímero e pressão de recalque) e CD (polímero e comprimento) não são significativas. O gráfico mostra que o F_0 do comprimento é maior do que dos outros fatores – aproximadamente quatro vezes o do acabamento, 17 vezes o da pressão de recalque e 93 vezes o do polímero.

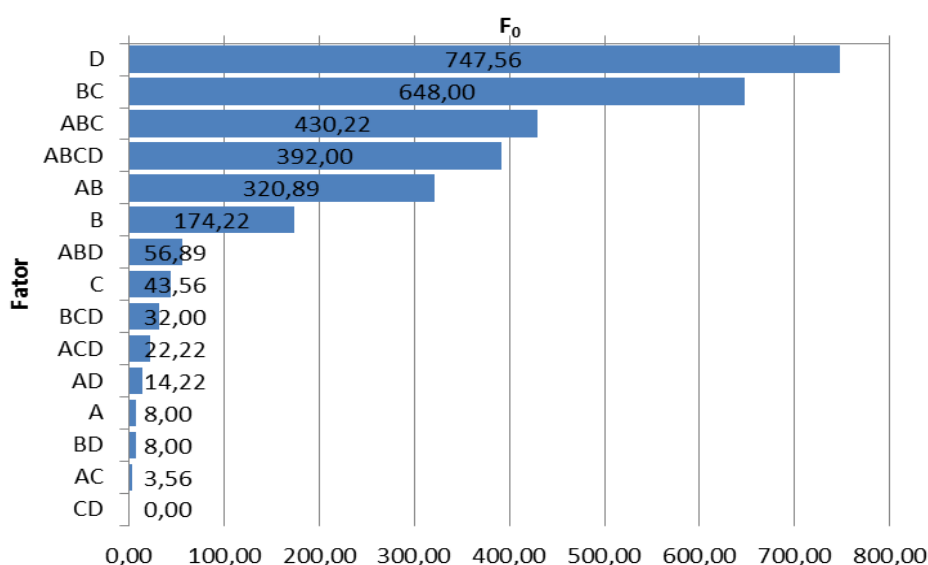


Figura 4. Gráfico de Pareto de F_0 para o Ensaio com POM e ABS.

Ao comparar os resultados dos dois ensaios, é possível observar que o polímero foi indicado como o fator de maior efeito para POM e PC. De fato, o PC é “conhecido empiricamente” como um polímero que necessita maiores esforços para extração em relação à maioria dos outros polímeros. Já para o ensaio com POM e o ABS, que são conhecidos por apresentarem comportamento semelhante em relação à força de extração, o polímero foi indicado como o fator de menor efeito.

Também é possível constatar que a variação em níveis extremos do polímero tem maior impacto em relação à variação em níveis extremos dos outros fatores ensaiados. O acabamento apresenta efeito mais significativo no ensaio com POM e ABS, que necessitam de uma menor força para a extração. No ensaio com POM e PC, o efeito do acabamento é menor. Observando a Figura 3 é possível perceber um comportamento exponencial dos fatores. Já a Figura 4 apresenta um comportamento mais homogêneo dos efeitos.

Analisando o quadro 4 e as Figuras 3 e 4, é possível verificar diferenças nos fatores indicados como significativos para cada ensaio. O polímero é o fator de maior efeito para o ensaio com POM e PC. Já no ensaio com POM e ABS, está entre os três fatores com menor efeito. O acabamento não é indicado entre os fatores de maior efeito em nenhum dos ensaios, embora tenha maior relevância para o ensaio com POM e ABS. A pressão de recalque está em posição intermediária nos dois ensaios. O comprimento é indicado como o fator de maior efeito no ensaio com a POM e ABS e segundo maior no ensaio com POM e PC.

Apesar de fatores isolados apresentarem efeito menor em alguns ensaios, suas interações podem ter maior efeito. É o que se observa para as interações AD (polímero e comprimento), BC (acabamento e pressão de recalque) e ABC (polímero, acabamento e pressão de recalque), que estão entre os cinco fatores de maior efeito no ensaio com POM e PC.

No ensaio com POM e ABS, isto se observa para as interações BC (acabamento e pressão de recalque), ABC (polímero, acabamento e pressão de recalque), ABCD (polímero, acabamento, pressão de recalque e comprimento) e AB (polímero e acabamento).

No teste com POM e PC, os dois menores efeitos são os das interações ACD (polímero, pressão de recalque e comprimento) e ABCD (polímero, acabamento, pressão de recalque e comprimento).

No teste com POM e ABS, são os das interações AC (polímero e pressão de recalque) e CD (pressão de recalque e comprimento).

Em um projeto de molde, o polímero, na maioria das situações, é definido pelo cliente, portanto é uma alteração que geralmente não está ao alcance do projetista do molde. Da mesma forma, raramente é possível alterar o comprimento ou outra dimensão da peça – visando reduzir a área de contato com o molde – pois sua geometria é definida pelo cliente. Na maioria das vezes, a peça faz parte de uma montagem onde há outros componentes.

O projetista pode sugerir a alteração do acabamento, que é apontado como tendo o maior efeito nos ensaios com POM e ABS, porém pouco efeito nos ensaios com POM e PC. A pressão de recalque pode ser avaliada durante os *try-outs* do molde ou com o uso de simulações de injeção com softwares CAE.

Comparação com literatura. O polímero, que é o fator de maior efeito no ensaio com POM e PC e 13º maior efeito no ensaio com POM e ABS, é indicado por quatro autores, considerando os que mencionam polímero injetado, módulo de elasticidade do polímero injetado, propriedades do polímero injetado e rigidez do polímero injetado.

O acabamento, que é o fator com 11º maior efeito no ensaio com POM e PC e 6º maior efeito no ensaio com POM e ABS, é indicado por cinco autores, considerando os que mencionam acabamento superficial da peça injetada e rugosidade superficial do molde.

A pressão de recalque, que é o fator com 9º maior efeito no ensaio com POM e PC e 8º maior efeito no ensaio com POM e ABS, é indicado por um autor. O comprimento, que é o fator com segundo maior efeito no ensaio com POM e PC e maior efeito no ensaio com POM e ABS, é indicado por um autor.

Além disso, quatro autores mencionam o coeficiente de atrito entre peça injetada e molde, que pode ser função do polímero injetado, do acabamento do molde e da pressão de recalque.

Três autores mencionam a contração do polímero injetado, que é função do polímero e pode ser influenciada pela pressão de recalque. Um autor menciona interação entre geometria da peça injetada, geometria do molde e material, material injetado e condições de processo. Dois autores mencionam a área de contato entre peça injetada e molde e um menciona as dimensões da peça injetada.

Também é importante observar que um autor cita a diferença de temperatura entre o produto e o macho do molde e um autor cita a temperatura da superfície do molde em contato com a peça injetada no momento da extração, o que está de acordo com o comportamento verificado nos pré-testes.

CONCLUSÕES

O objetivo foi estudar fatores que influenciam a força de extração de gavetas em moldes de injeção. Após a pesquisa bibliográfica foram definidos os fatores para os ensaios – polímero, acabamento, pressão de recalque e comprimento – o que permitiu o planejamento dos experimentos, que foi realizado utilizando DOE.

Foi aplicada a técnica de planejamento fatorial 2^k , com o objetivo de identificar os efeitos dos fatores analisados nos ensaios, buscando entender quais fatores são significativos. A realização de ensaios com quatro fatores resultou em um planejamento fatorial 2^4 .

Inicialmente, foram realizados ensaios com os polímeros POM e PC, acabamento com lixa

80 e lixa 600, pressão de recalque de 350 e 1.200 bar e comprimento da peça injetada de 40 e 80 mm. Após a análise dos resultados deste ensaio, foi realizado outro DOE substituindo o PC por ABS e mantendo os demais parâmetros.

Foi definida geometria circular para as peças injetadas e foi projetado um molde protótipo, com duas cavidades, uma para injeção da peça com 40 mm e outra para a peça com 80 mm de comprimento.

Foram realizados os testes, que permitiram a análise do efeito dos fatores selecionados, que foram comparados com os fatores pesquisados. A realização de dois planejamentos fatoriais permitiu concluir que a força de extração pode ser influenciada de forma significativa por diferentes fatores, dependendo do polímero injetado.

No ensaio com POM e PC, o fator de maior efeito é o polímero, seguido de comprimento, pressão de recalque e acabamento. No ensaio com POM e ABS, o fator de maior efeito é o comprimento, seguido de acabamento, pressão de recalque e polímero.

Além das análises dos fatores de forma isolada, foram feitas análises das interações. Foi observado que fatores que isoladamente apresentam baixo efeito, quando combinados podem ter efeitos mais significativos.

REFERÊNCIAS

- [1] Harada J “*Moldes para injeção de termoplásticos: projetos e princípios básicos*”. Artliber, São Paulo 2004
- [2] Cruz S “*Moldes de Injeção*”. Curitiba, Hemus, 2002
- [3] Amorim F “*Tópicos especiais em projeto de sistemas mecânicos: Projeto de componentes moldados por injeção de pós metálicos e resinas plásticas*”. Dezembro de 1997. Trabalho Acadêmico
- [4] Manrich S “*Processamento de Termoplásticos: rosca única, extrusão e matrizes, injeção e moldes*”. São Paulo: Artliber, 2005.
- [5] Menges G, Michaeli W, Mohren P “*How to make injection molds*”. 3ª ed. Munich, Alemanha. Hanser Publishers, 2001
- [6] Pontes, Antônio José Vilela “Shrinkage and ejection forces in injection moulded products”. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Polímeros) – Universidade do Minho, Guimarães, 2002
- [7] Sasaki, Tetsuo et al. “An experimental study on ejection forces of injection molding”, *J. International Societies for Precision Engineering and Nanotechnology*, 270 (1999)
- [8] Rees H “*Mold Engineering*”. 2ª Ed. New York: Hanser; Cincinnati: Hanser/Gardner, 2002.
- [9] Pouzada AS, Ferreira EC, Pontes AJ “*Friction properties of moulding thermoplastics*”, *Polymer Testing*, Guimarães, 1017–1023 (2006)
- [10] Pontes AJ et al. “*Manual da Projectista para moldes de injeção de plástico*”, Volumen 8. Guimarães: Cenfimfe, 2004.
- [11] Wang H, Kabanemi KK, Salloum G “*Numerical and Experimental Studies on the Ejection–Molded Plastic Products*”. National Research Council of Canada, 2000
- [12] Sorz L, Bardócz L, Radnóti I “*Plásticos: moldes e matrizes*”. Curitiba, Hemus, 2002
- [13] Hopkinson N, Dickens P “Predicting stereolithography injection mould tool behavior using models to predict ejection force and tool strength”, *International j. production research*, 3747 (2000). Disponível em: <<https://dspace.lboro.ac.uk/dspace-jspui/handle/2134/3544>>. Acesso em: 03 out. 2016.