

ESTUDO DAS MUDANÇAS NO PROCESSO PRODUTIVO DE PEÇAS DE POLICARBONATO PARA O POLIPROPILENO

MIZAEL, Luciane

Luciane_mizael20@hotmail.com

Centro de Pós-Graduação Oswaldo Cruz

Resumo: *O presente estudo surgiu da necessidade de compreender o processo de substituição de uma resina, no caso o Policarbonato para o Polipropileno. A modificação de uma resina pode ocasionar diversas alterações no processo produtivo, nos quais alguns parâmetros como: molde, tempo de enchimento da cavidade, temperatura do material, pressão, tempo de resfriamento da peça, aprisionamento de gases, dentre outros, devem ser levados em consideração, durante a substituição do polímero. Essa pesquisa tem como objetivo entender as principais alterações no processo produtivo, criando diretrizes para desenvolvimento de um molde e possíveis correções e soluções em processos produtivos.*

Palavras chaves: *Policarbonato, Polipropileno, Injeção, Mamadeiras.*

Abstract: *The present study arose from the need to understand the process of replacing a resin, in this case for Polycarbonate Polypropylene, modification of a resin can cause several changes in the production process. In which some parameters such as mold filling time of the cavity, the material temperature, pressure, cooling time of the play, trapping gases, among others, should be considered during the replacement of the polymer. This research aims to understand the major changes in the production process, creating guidelines for development of a mold and possible fixes and solutions in production processes.*

Keywords: *Polycarbonate, Polypropylene, Injection, Bottles.*

1 INTRODUÇÃO

O policarbonato (PC) foi utilizado durante muitos anos pela indústria de puericultura leve, devido a sua resistência, processabilidade e cristalinidade. Entretanto, estudos recentes apontaram que durante a fervura das peças de policarbonato, ocorre à liberação de uma substância chamada *Bisfenol A* (BPA), que de acordo Rocha (2001), pode causar efeitos adversos como: diabetes, câncer, obesidade, puberdade precoce, distúrbios no comportamento e doenças cardíacas.

Em 15/09/2011 a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) proibiu a fabricação de mamadeiras de policarbonato no Brasil, dando 90 dias para os fabricantes adequar-se as novas normas obrigando assim a indústria a procurar novas alternativas de matéria prima para produção de mamadeiras, para substituir o policarbonato. Durante o processo de transição do *Policarbonato* (PC) para *Polipropileno* (PP), a indústria teve que realizar uma série de mudanças em seu processo, para adequar-se à nova resina, como: mudança na máquina injetora e molde.

O objetivo desse estudo é entender as principais alterações no processo produtivo industrial com a substituição de uma resina pela outra, no caso, o policarbonato pelo polipropileno, o polímero é um dos alicerces do processo produtivo, no qual interfere diretamente na qualidade, armazenamento, molde, maquina injetora e pós-processamento

(montagem).

A indústria muitas vezes escolhe por utilizar o método do erro e acerto, não atendo-se aos detalhes técnicos, e assim produzindo peças de baixa qualidade e pouca resistência. Entender as resinas e como reagem a determinadas condições de processamento pode evitar perda de dinheiro, tempo e aperfeiçoar o processo produtivo gerando peças de qualidade, evitando refugo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Segundo Francisco (2009) a história do plástico está diretamente ligada à história da borracha, antes do surgimento dos plásticos, os únicos materiais que podiam ser moldados eram os vidros e as argilas (materiais cerâmicos). A borracha natural, de origem vegetal era obtida através do látex da árvore *Hevea Brasiliensis* (Seringueira), foi apresentada ao mundo em 1740 pelo francês Charles de La Condamine.

Entretanto, este material apresentava problemas, na qual as peças tornavam-se moles e pegajosas quando submetidas ao calor e inflexíveis no frio, além de desenvolver odores desagradáveis após um período curto de tempo. Somente em 1839 que Charles Goodyear e Thomas Hancock descobriram a vulcanização da borracha, que provocava a melhoria das propriedades químicas e físicas em relação ao material não vulcanizado (FRANCISCO, 2009).

A insegurança do abastecimento da borracha natural no mundo fez com que cientistas iniciassem um estudo sobre um possível substituto a tal material: a borracha sintética. Em 1826, Faraday comprovou que a borracha é um hidrocarboneto e logo depois, técnicos continuaram estudando sua estrutura química para conseguir produzir a borracha sintética com propriedades semelhantes. Em 1846, Christian Schönbien (químico alemão), tratou o algodão com ácido nítrico. Os grupos hidroxila da fibra celulose do algodão foram convertidos em grupos nitrato, através da catálise por enxofre dando origem a nitrocelulose, o primeiro polímero semi-sintético. Em 1862, Alexander Parker dominou completamente esta técnica, patenteando a nitrocelulose, que ainda é conhecida como Parquetina (CANEVAROLO, 2006).

Ainda de acordo com Canevarolo (2006) em 1912 Leo Baeckeland produziu o primeiro polímero sintético através da reação entre fenol e formaldeído. Esta reação gerava um produto sólido (resina fenólica), hoje conhecido por *Baquelite*. Em 1929, um químico norte-americano chamado Wallace H. Carothers, que trabalhava na empresa DuPont, formalizou as reações de condensação que deram origem aos poliésteres e às poliamidas: o Nylon.

Durante o século XX ocorreu a descoberta de novos polímeros (Tabela 1), assim foram diversos materiais, cuja utilização é essencial nos dias de hoje (CANEVAROLO, 2006).

Segundo Callister (2002) os polímeros são macromoléculas compostas por entidades estruturais conhecidas por unidades *meros*, nas quais se repetem sucessivamente ao longo da cadeia. O termo “mero” tem sua origem na palavra grega *meros*, que significa parte, sendo assim, um único mero é chamado de monômero. A palavra polímero significa muitos meros, assim: poli (muitos) meros (unidade de repetição).

Tabela 1- Primeira ocorrência e primeira produção industrial de alguns polímeros comerciais

Polímero	1ª Ocorrência	1ª Produção Industrial
PVC	1915	1933
PS	1900	1936/7
PEBD (LDPE)	1933	1939
NYLON	1930	1940
PEAD (HDPE)	1953	1955
PP	1954	1959
PC	1953	1958

Fonte: (CANEVAROLO, 2006)

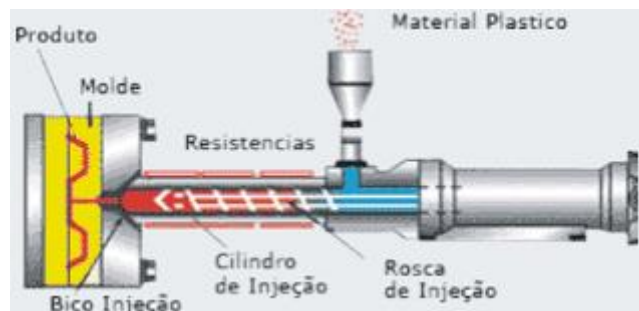
Os polímeros são divididos em três classes: plásticos, borrachas e fibras. Possivelmente, a maioria dos materiais poliméricos enquadra-se na classificação dos plásticos. Nos quais possuem uma grande variedade de combinações de propriedades e alguns plásticos são muito rígidos e frágeis, outros são flexíveis, exibindo tanto deformações elásticas como plásticas ao serem tensionadas e, algumas vezes experimentam uma considerável deformação antes da fratura. (CALLISTER, 2002).

Moldagem por injeção

O método adequado para a utilização um polímero, depende de diversos fatores, como por exemplo, sua classificação polimérica (termoplástico ou termo fixo), no caso de termoplástico, a temperatura na qual polímero amolece, a estabilidade atmosférica do material, a geometria e o tamanho do produto acabado (CALLISTER, 2002).

Segundo Harada (2004) os termoplásticos que são conformados acima da sua temperatura de transição vítrea são considerados amorfos e acima da temperatura de fusão os semicristalinos. No caso de polímeros semicristalinos, a pressão deve ser mantida à medida que a peça é resfriada, para manter item conformado. A moldagem (Figura 1) é o método mais comum para conformação de polímeros plásticos, tendo diversas técnicas de moldagem como: compressão, transferência, insuflação, injeção e extrusão.

Figura 1 Moldagem por injeção.



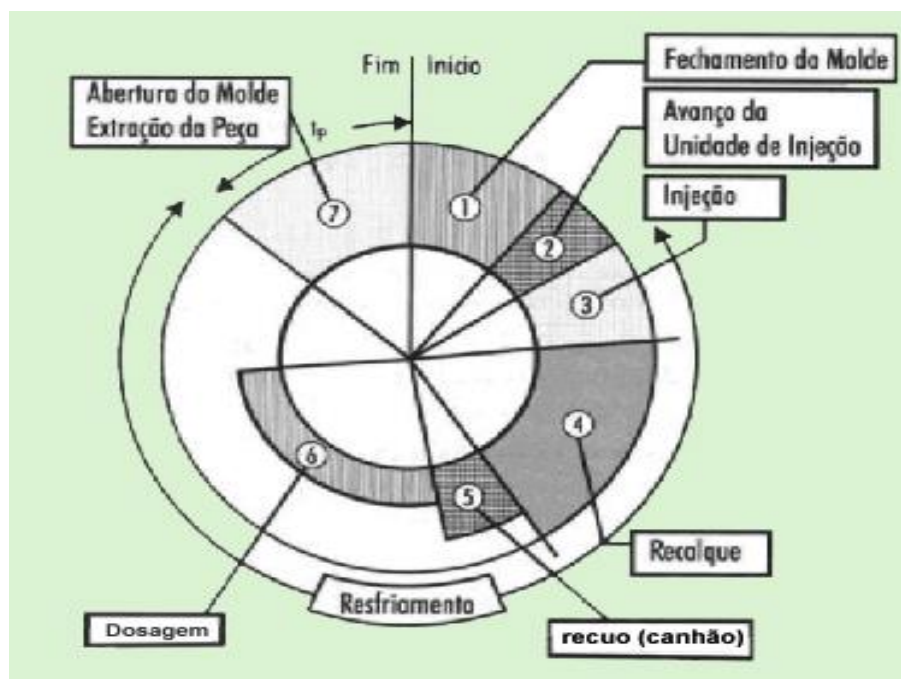
Fonte: <http://moldes-unisc.blogspot.com/>

Ciclo de Moldagem por Injeção

Segundo Callister (2006) a característica básica do processo de moldagem por injeção (Figura 2) é que um processo cíclico, isto é, não contínuo. Como etapas básicas podem identificar:

- Fusão ou plastificação do polímero;
- Transporte do polímero fundido para junto do molde;
- Injeção na cavidade do molde a elevadas pressões;
- Resfriamento da peça moldada;
- Remoção da peça no molde.

Figura 2 Esquema do ciclo de injeção.

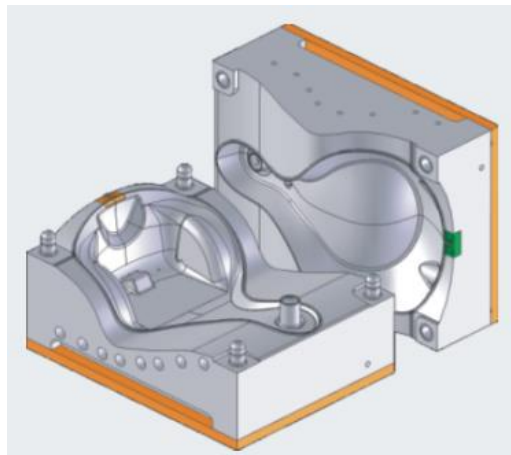


Fonte: Sabó (2002)

Moldagem por sopro

A construção do molde de sopro não é tão crítica como a do molde de injeção. Isto porque as pressões usadas no processo, como a pressão de fechamento e a de insuflamento são baixas. Consequentemente, os materiais para a construção do molde não precisam ter resistência mecânica especial. O molde é composto de duas placas móveis que quando fechadas formam no seu interior, uma ou mais cavidades com o formato da peça (Figura 3). Faz parte do molde o sistema de alinhamento (colunas e buchas), que atuam como macho e fêmea no fechamento das duas placas, objetivando um perfeito ajuste das duas metades. Na base ou fundo da cavidade é construída uma “área de corte”, que comprime e corta a pré-forma. Esta área requer um espaço formado por um ângulo de, no mínimo, 15° para que depois da pré-forma comprimida (HARADA, 2004³).

Figura 3 Modelo do molde para sopro.

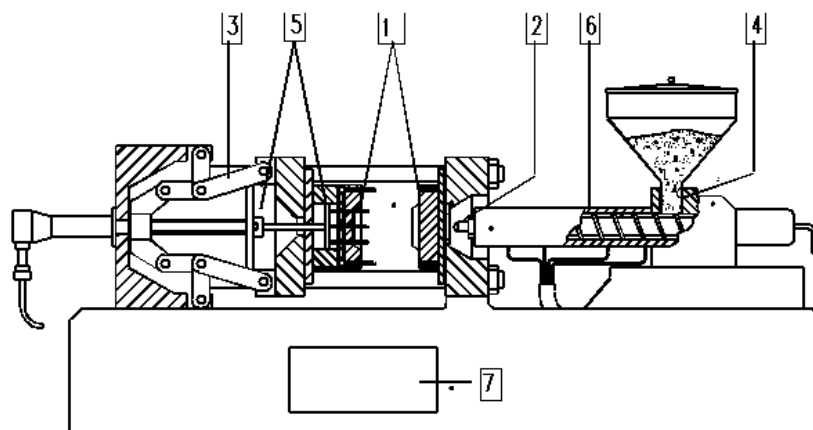


Fonte <http://moldes-unisc.blogspot.com/>

Maquina injetora

Segundo Harada (2004^a) a moldagem por injeção é a técnica mais amplamente difundida para a fabricação de materiais termoplásticos, sendo composta por uma estrutura, na qual estão fixados o sistema de injeção, sistema de fixação, abertura e fechamento do molde. Em que a quantidade correta de material peletizado alimentada a moega de carregamento para o interior de um cilindro, através do movimento do êmbolo ou pistão. Essa carga é empurrada para frente no interior de uma câmara de aquecimento, em que ocorre a plastificação, devido à rosca e as resistências, na qual a rosca é subdividida em diferentes zonas, o material termoplástico funde-se para formar um líquido viscoso.

Figura 4 Maquina injetora.



- 1 - Área do molde
- 2 - Área da unidade de injeção (movimento do bico)
- 3 - Área do mecanismo de fechamento
- 4 - Área da alimentação de material
- 5 - Área dos extratores de machos e peças (se existentes)
- 6 - Área das resistências de aquecimento
- 7 - Área da descarga de peças

Fonte: <http://vanderbsolidworks.blogspot.com.br/2011/07/preparadores-de-injetoras.html>

Em seguida, o plástico fundido é impelido, novamente pelo movimento de um pistão (ou rosca), através de um bico injetor, para o interior da cavidade fechada do molde e a pressão é mantida até que o material moldado tenha solidificando-se, através da refrigeração. Finalmente o molde é aberto, a peça é ejetada, o molde é fechado e todo o ciclo se inicia novamente (HARADA, 2004^a).

Principais características do Molde

De acordo com Harada (2004^a) o molde é a ferramenta que dará a forma e as dimensões do produto, que para um bom desenvolvimento e desempenho, deve ser classificado pelo tipo de extração e alimentação, sendo influenciado pelos seguintes fatores: forma do produto, material plástico utilizado e máquina injetora. Um molde é constituído de, no mínimo, duas partes. Uma é instalada na placa estacionária e a outra na placa móvel. Possui colunas e buchas guias, que direcionam a placa móvel a se juntar à fixa, num ajuste perfeito. O alinhamento das duas metades é fundamental, evitando-se assim qualquer vazamento do plástico quando o mesmo é injetado sob alta pressão na cavidade. Sempre que possível o molde é projetado de modo que as peças injetadas permaneçam na metade móvel do molde, para facilitar sua remoção. Os canais de alimentação são pontos entre o canal de injeção e a cavidade (Figura 5).

Durante o projeto de molde são considerados o tamanho, tipo e posição destes canais. Também se pode fabricar moldes sem canais de distribuição, o que consiste em moldes com câmara ou bico quente, onde não terá o canal de distribuição e sim em cada cavidade um bico injetor. Na confecção de molde com câmara quente é preciso desenvolver o projeto da ferramenta em conjunto com o fornecedor da câmara quente (HARADA, 2004^a).

Figura 5 Modelo de Molde.



Fonte <http://moldes-unisc.blogspot.com/>

Sistema de alimentação

De acordo com Harada (2004^a) o sistema de alimentação é encarregado por transportar o material fundido da máquina até a cavidade sendo moldado o produto, o sistema divide-se em dois tipos de alimentação: primeiro a entrada indireta, no qual o fluxo do material percorre os canais de injeção da bucha, canal de distribuição (primário e secundário), entradas ou ponto de injeção, moldando o produto. As entradas são classificadas como: Restrita, leque, flash, capilar, aba, submarina e disco. Que ligam o sistema de alimentação à cavidade possui uma dimensão pequena em comparação com o sistema de alimentação.

No segundo sistema o material flui diretamente do canal da bucha para a cavidade, sendo utilizado em grandes peças com alto volume e apenas uma cavidade por molde, podendo ser classificado pelo o tipo de entrada, na qual divide-se em quatro: entrada direta, em que o

produto é retido com o canal da bucha, sendo retido posteriormente removido, entrada restrita com câmara quente o produto sai livre sem o canal da bucha, não havendo necessidade de extração do canal da bucha, entrada restrita com canal isolado é utilizado moldagens simples, produção em alta escalas e evita ajustes no canal de temperatura e entrada com canal quente mantém o material plástico aquecido pronto para ser injeta nos próximos ciclos.

Sistema de extração

Segundo HARADA (2004^a) o sistema de extração inicia-se, quando o produto é resfriado na cavidade do molde sofrendo contração, que acontecerá sobre o macho algumas condições técnicas devem ser seguidas, para que a extração da peça ocorra: O diâmetro do pino extrator deve ser tão largo, o máximo permitido pelo desenho. Deve-se colocar a quantidade de pinos necessária, sem interferir no sistema de refrigeração, os pinos devem empurrar as peças de forma uniforme, extraíndo-as de maneira suave e sem distorções.

A pressão necessária para extrair a peça injetada da cavidade depende dos seguintes fatores: o ângulo de saída nos lados, área de contato, polimento dos lados, pressão de injeção. O sistema de extração subdivide-se em três: o primeiro a placa impulsora, acionada diretamente pela máquina, na qual a mesma descola-se expulsando o produto, esse sistema pode ocorrer por pinos, camisa, lâmina, ação retardada, por placa extratora, tirantes. O segundo por meio de ar comprimido consiste na introdução de ar na cavidade do molde extraíndo o produto do molde, por fim o núcleo rotativo é utilizado em produções com um ciclo muito rápido em que o produto é retirado por meio de cremalheiras e o pinhão, engrenagens helicoidais (HARADA, 2004^a).

Cavidades do molde

O número das cavidades do molde deve ser definido de acordo com a demanda da produção, disponibilidade da máquina injetora, tamanho e complexidade da peça, valor disponível para investimento, retorno financeiro do investimento e custo final da peça. Além dos fatores de custo e investimento, a capacidade de produção do molde deve ser o suficiente para que a demanda seja suprida, com capacidade excedente, que comporte os períodos de manutenção de máquina e do molde.

Em alguns casos quando existem detalhes do produto a ser injetado que provocam retenção de material, no qual só é possível extrair a peça com utilização de gaveta, que geralmente cria um ângulo reto em relação à linha da máquina injetora. Quando existe a necessidade de cavidades com múltiplas, injeção central ou para moldagem de produtos com grande área e entradas múltiplas e utilizada uma com injeção central ou para moldagem de produtos com grande área e entradas múltiplas.

Força de fechamento

Para Harada (2004^a) a força de fechamento opera na máquina injetora com objetivo de manter o molde fechado durante a fase de injeção e compactação. Que acontece quando o polímero fundido é injetado no molde, a pressão exercida sobre o cilindro é que transferida para a cavidade do molde, forçando a abertura. Para determina a força de fechamento: multiplicasse a área projetada da moldagem pela pressão. O cálculo da pressão depende vários fatores: como fluidez, temperatura de plastificação, temperatura do molde entre outros.

O cálculo preciso das resistências das cavidades do molde é quase impossível de ser obtido, sendo comum basear em bases simples e considerar uma ampla margem de segurança, no qual uma cavidade, que é submetida a uma alta pressão interna gerada pelo material

injetado, será necessária determinar uma espessura de parede capaz de manter a deflexão abaixo do máximo especificado, mantendo o nível de tensão do molde, permanecendo dentro dos limites segurança, ou seja, as paredes da cavidade devem ser projetadas e calculadas para oferecer resistência contra a força de fechamento e da pressão de injeção.

Resfriamento do molde

Segundo Harada (2004^a), o resfriamento do molde é necessário para a redução da temperatura do material plástico, injetado na cavidade do molde até um ponto rígido, permitindo a extração da peça.

O tempo de resfriamento inicia-se com o enchimento do molde por completo e termina com a desmoldagem da peça. Este tempo é ajustado para que a peça alcance sua estabilidade térmica, desse modo assegura-se a estabilidade dimensional da peça e reduz-se ao mínimo a possibilidade de contração (SABÓ, 2002).

A fase de resfriamento é a mais significativa de todas as etapas mencionadas anteriormente, na qual para determinar a temperatura de resfriamento é imprescindível, que as propriedades do polímero a ser utilizado sejam conhecidas. O resfriamento influencia a contração do material, o fluxo, a aparência do produto moldado e sua qualidade. A temperatura utilizada no molde depende das propriedades do material e das características do produto. Assim, para obter superfícies brilhantes, por exemplo, utilizamos altas temperaturas no molde (HARADA, 2004^a).

Controlando a velocidade em ocorre o resfriamento do molde, permite condições adequadas ao fluxo do material do interior do molde, garantindo o resfriamento do componente moldado. E conseqüentemente, obtém-se o aumento na produtividade em função da redução do tempo do ciclo de injeção, e a eliminação dos defeitos aparentes e a manutenção das propriedades da matéria-prima usada para formação do componente. No processo de resfriamento do molde, existe a possibilidade da ocorrência de temperaturas desiguais entre as placas do molde. Essa diferença pode criar deformações nos produtos em função de uma placa quente em relação à placa fria. Essa diferença de temperatura entre as placas fixadas, também provoca consideráveis forças nas próprias placas, no sistema de alinhamento, nas guias do molde e nos extratores, que causam desalinhamento na estrutura do molde, necessitando assim, um método mais eficiente de alinhamento (REES, 1995).

O sistema de resfriamento do molde consiste tipicamente nos seguintes itens: unidade de controle de temperatura, bomba, mangueiras, coletores e canais de refrigeração no molde. Para acelerar o processo de transferência de calor, o desenho do molde deve conter canais de refrigeração nas superfícies adjacentes à peça moldada. Estes canais de refrigeração constituem o sistema de refrigeração do molde (MENGES, 2003).

Canais de refrigeração

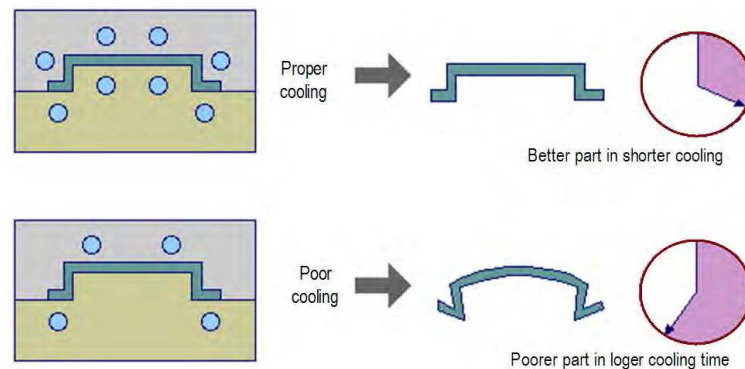
O sistema de resfriamento conta, com mais de dois terços do tempo do ciclo total de produção de uma peça injetada. O projeto de um circuito eficiente de resfriamento reduz o tempo, por sua vez, aumenta a produtividade total do processo de moldagem (Figura 6). Além disso, um sistema de refrigeração uniforme, melhora a qualidade das peças, reduzindo tensões residuais e mantendo a precisão e a estabilidade dimensional do produto final.

Os canais de refrigeração podem ser usinados no molde, para passagem do fluido que pode ser água, óleo ou ar. Os furos devem ter no mínimo 12 mm de diâmetro e devem estar localizados internamente na parede da cavidade com uma distância de no mínimo 25 mm em

relação à peça, por causa do severo resfriamento que ocorre ao redor do furo. Se a cavidade estiver muito próxima do furo, o resfriamento pode ocasionar restrições ao fluxo do material gerando superfícies indesejadas.

Este sistema é feito com tubos de cobre alojados envolvidos com liga de baixo ponto de fusão e é recomendado quando os furos cruzam as linhas junção do molde (HARADA, 2004^a).

Figura 6 Projeto de refrigeração adequada versus refrigeração inadequada



Fonte: PARK, 2010.

Existem muitas configurações de sistemas de refrigeração conhecidas para aplicação em moldes de injeção para termoplásticos. Entretanto, cada uma tem sua aplicação específica que, se bem utilizada, torna a empresa mais competitiva em função da redução do tempo de ciclo e da melhoria da qualidade dos produtos (HARADA, 2004^a).

Saída de ar do molde

As saídas de ar, também chamadas saídas de gases são tão importantes no molde quanto qualquer outro detalhe ou componente. Ainda de acordo com o autor supra citado, uma cavidade deve ser bem ventilada permitindo a saída do ar, e devem ser incorporadas na linha da divisória das duas partes do molde com uma profundidade 0,05mm e largura de 3 a 6 mm estendendo-se até o final do molde. A cavidade deve ser ventilada fazendo uma abertura de 0,02 a 0,05 ao redor do pino extrator ou criando parte planas com 0,05 paralelas ao pino.

Quando a saída de ar não é contemplada, o resultado são peças com zonas queimas, emendas ou junções fracas, mau-acabamento, marcas de fluxo, contração irregular e ainda peças incompletas. Esses problemas tornam-se mais críticos em peças de paredes finas quando se usa alta velocidade de injeção.

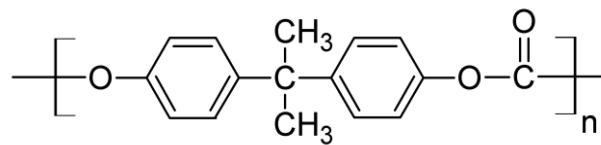
Policarbonato (PC)

Segundo Harada (2004^B) os policarbonatos alifáticos foram obtidos pela primeira vez em 1930, por W.H. Carothers e F.J. Natta, mas não chegaram a ser comercializados devido ao fato de hidrolisarem facilmente e apresentarem baixa temperatura de fusão, o êxito nas pesquisas com a descoberta do Poli (tereftalato de etileno) mais conhecido como PET, fez aumentarem as pesquisas com núcleos aromáticos na cadeia. As pesquisas continuaram paralelamente nos Estados Unidos pela GE (General Electric) e na Alemanha pela Bayer em 1958 o policarbonato era produzido tendo duas nomenclaturas Macrolon e Lexan, desde então

ele é utilizado pela industrial automotiva, eletroeletrônica, embalagens, medica e assim por diante.

Sendo considerado um plástico de engenharia, possui uma alta tenacidade (resistência ao impacto), inodoro, insípido, atóxico, possui transparência assemelha ao vidro e resiste como o aço e com fácil processamento. A Figura 7 mostra a estrutura molecular do monômero do policarbonato.

Figura 7 Estrutura molecular do Policarbonato.



Fonte: HARADA(2004^B).

Para o autor, a sua estrutura dos policarbonatos de *Bisfenol A*, permite definir as propriedades gerais do polímero, tendo uma cadeia muito rígida devido aos anéis benzênicos, nas quais conferem a elevada temperatura de amolecimento (Tam.=225°C-250°C) e temperatura de transição vítrea Tg (temperatura de transição vítrea) =145°C caracterizando uma estrutura amorfa com polímero de baixa contração durante moldagem, porém devida a sua estrutura os grupos carbonatos é extremamente sensível a hidrólise que pode ocasionar a perda da resistência ao impacto e outras propriedades. O polímero também apresenta resistência ao calor, retardância a chama sem o uso de aditivos. As peças moldadas possuem aparência e aspecto suave e superfície lisa e vítrea.

Polipropileno (PP)

O Polipropileno (PP) foi desenvolvido em 1957 pela Montecatini em Milão, com base nos estudos do Professor G. Natta e nos catalisadores desenvolvidos por Ziegler (organo metálicos) sendo, introduzido no mercado por volta de 1959. O termoplástico é obtido pela polimerização do *Propeno* ou *Propileno* (SENAI, 2003).

Segundo Harada (2004^B) o Polipropileno (PP) é um dos materiais plásticos mais utilizados para obtenção de peças para o ramo automobilístico assim como o ABS (acrilonitrila butadieno estireno) e o PA (poliamida).

O Polipropileno é um termoplástico de estrutura semicristalina, na qual pertence ao grupo das poliolefinas, Tg (temperatura de transição vítrea) = 4°-12°C, possui uma alta cristalinidade entre 60 e 70%, que confere elevada resistência mecânica, rigidez e dureza (BLASS, 1988).

As propriedades do polipropileno dependem do seu grau de cristalinidade, na qual o polímero que possui um alto peso molecular terá uma alta viscosidade no estado fundido, o que dificultará a cristalinidade, perdendo a sua resistência a tração, dureza e rigidez, porém agrega resistência ao impacto. Outro fator que pode influenciar e alterar as propriedades do material é a velocidade de resfriamento da peça moldada (HARADA, 2004^B).

3. MATERIAL E METODOLOGIA

A pesquisa de caráter descritiva com uma estratégia documental, para responder as questões da pesquisa e os objetivos, em que será empregado um levantamento bibliográfico com a utilização de no mínimo cinco livros referentes ao tema estudado.

Após a coleta dos dados será realizada uma análise comparativa, que permitirá uma avaliação aprofundada do tema, com auxílio da análise qualitativa para compilar as informações coletadas, descrevendo sobre as diferenças do processo produtivo. Com o intuito de auxiliar o desenvolvimento o desenvolvimento no ferramental do molde

4 COMPARAÇÃO DAS PROPIEDADES DOS POLIMEROS

O objetivo proposto neste trabalho foi estudar as características dos materiais plásticos e a transição de uma matéria-prima para outra, no caso o policarbonato para o polipropileno, na qual a mudança da matéria prima proporciona vantagens e desvantagens ao processo produtivo. A Tabela 2 mostra as comparações realizadas entre esses dois polímeros.

Tabela 2 Comparação das propriedades dos polimeros

COMPARAÇÃO DAS PROPIEDADES DOS POLIMEROS		
CARACTERISTICAS	PC	PP
Temperatura do molde	80° a 120°C	40° a 80°C
Pre secagem	2 a 4 horas	-
Pressão de recalque	40 - 60%	50 - 70%
Reutilização do material	20%	100%
Contração	0,5 a 0,7%	1,2 a 2,2
Reciclagem	100%	20%

A temperatura do molde para Polipropileno mante-se entorno de 40° a 80° C, no caso do Policarbonato o molde precisa estar entre 80° a 120°C, quanto mais baixa a temperatura mais rápido os ciclos de injeção, o que pode ocasionar o rompimento das peças plásticas durante o momento de extração. Também pode acarretar no aumento das tensões, peças foscas, sem brilho e linhas de junção. Os moldes com altas temperaturas reduzem às tensões internas, eliminam as marcas de fluxo, diminuem muito as linhas de junção, que e favorece o melhor visual das superfícies, deixando-as com brilho. Porém o *Polipropileno* não necessita de uma pré-secagem antes de iniciar processo de injeção, ao contrário do *Policarbonato* que precisa passar por um processo pré-secagem de 2 a 4 horas dentro de uma estufa, devido à extrema hidrose.

A pressão de recalque é aplicada para sustentar o retorno do material que encontra-se na cavidade do molde, até o congelamento do material derretido, empurrando material adicional para dentro da cavidade durante a sua contração, devendo ocorrer até que o produto, na região do ponto de injeção ou *gate*, solidifique totalmente. Para melhor visualização do comportamento do material dentro da cavidade do molde gera-se uma curva de pressão da cavidade x tempo. A observação do comportamento do material polimérico dentro da cavidade do molde representa a condição real do produto, ou seja, a visão de como fora transferido o material da unidade de injeção para dentro do molde e quais as propriedades resultantes. Na qual pressão de recalque para o Polipropileno e considera alta entorno de 50 a 70% do ciclo total, comparada com o Policarbonato precisa apenas de 40-60%.

Quando corretamente processado o PP podem ser reciclado e reutilizado 100%, no caso no PC apenas 20% por ser reutilizado com material virgem sem prejuízo das propriedades. O Policarbonato apresenta contração de 0,5 a 0,7% considerada baixa, o Polipropileno 1,2 a 2,2. Superfícies não polares, inertes quimicamente, acompanhadas da baixa tensão superficial de alguns termoplásticos, fazem com que estes sejam pouco ou nada receptivos a tintas de empresto. O Polietileno e o Polipropileno são os plásticos com as maiores tensões superficiais, e, por conseguinte, requerem tratamento térmico (flambagem) para se imprimir sobre os mesmos. A flambagem tem como finalidade aumentar a tensão superficial destes plásticos, para que estes possam ser impressos com tintas, receber etiquetas ou qualquer tipo de marcação mecânica.

O resfriamento do molde é primordial para garantir a estabilidade dimensional e qualidade de produto final. É imprescindível o dimensionamento correto dos canais de refrigeração, a fim de garantir o perfeito funcionamento da troca térmica entre o material injetado e o molde. Outro fator importante é o dimensionamento e introdução das saídas de ar no molde, para evitar a formação de bolhas (devido o aprisionamento do ar) e posterior queima do material, devido à presença de voláteis no preenchimento da cavidade. Esses problemas (bolhas, queima entre outros) vão afetar completamente a qualidade do produto final, aumentando o índice de refugo em produção. Para um bom dimensionamento dos canais de refrigeração e das saídas de ar é de extrema importância o domínio das características físicas químicas da matéria prima que será utilizada para a produção.

5. CONCLUSÃO

Este trabalho mostrou que, durante a troca de resina, o processo produtivo pode apresentar perdas significativas na sua produtividade, mas com conhecimento adequado das propriedades da resina durante a implementação, nas quais são avaliadas molde, tempo de enchimento da cavidade, temperatura do material, pressão, tempo de resfriamento da peça, aprisionamento de gases, dentre outros, devem ser levados em consideração, durante a substituição do polímero, que melhor se adaptem a resina, melhorando o processamento e aumentando a produtividade.

REFERENCIAS

ANVISA 2011. **Anvisa proíbe Bisfenol A em mamadeiras.** Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/wps/portal/anvisa/anvisa/imprensa!/ut/p/c5/rY_blmNAFIafZR5gUIVUHc7FmSCoCG4skxUS5wID8fSt5777>.Data de acesso: 07 Mai, 2014.

BESERRA .M .R. **Estudo das características do polipropileno reprocessado e utilizado na injeção de peças plásticas para a indústria automotiva.** Disponível em: <http://www.fateczl.edu.br/cariboost_files/Paolo_20Giovanni_20Baglione.pdf>.Data de acesso: 07 Mai, 2014.

BLASS, Arno. **Processamento de Polímeros.** 2a ed. Florianópolis: UFSC. 1988.

CALLISTER, W.D.J. **Ciência e Engenharia de Materiais: Uma introdução.** 5.ed. Rio de Janeiro: LTC – Livros técnicos e Científicos Editora S.A, 2002.

CANEVALORO JR, Sebastião V. **Ciência dos polímeros: um texto básico para tecnólogos e engenheiros.** – São Paulo: Artliber Editora, 2002.

HARADA, Júlio. **Moldes para injeção de termoplásticos: projetos e princípios básicos**. São Paulo: Artliber, 2004.

HARADA, Júlio. **Plásticos de engenharia: Tecnologia e aplicação**. Editora Artliber. São Paulo, 2004.

MENGES, Georg; MICHAELI, Walter; MOHREN, Paul. **How to make injection molds**. 3ª Edição, Hanser. Munich, 2000.

MOLDE DE SOPRO. Disponível em: < <http://moldes-unisc.blogspot.com/> <http://moldes-unisc.blogspot.com/>>. Data de acesso: 10 Mai, 2014.

PARK, W.J.; YOON, S.G.; JUNG, W.S.; YOON, D.H. **Effect of dielectric barrier discharge on surface modification characteristics of polyimide film**, *Surface and Coatings Technology*. feb. 2010.

PEREIRA, Francisco Sávio Gomes. **Polímeros: Fundamentos científicos e tecnológicos**. Recife. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco. Outubro, 2009.

PREPARADORES DE MÁQUINAS INJETORAS Disponível em: < <http://vandersolidworks.blogspot.com.br/2011/07/preparadores-de-injetoras.html>> Data de acesso: 07Jun, 2014.

REES, H. **Mold Engineering**. Munich; Vienna; New York: Hanser; Cincinnati: Hanser/Gardner, 1995.

ROCHA M., SCHIAVINI J., RODRIGUES W. **O Bisfenol A: Sua Utilização e a Atual Polêmica em Relação aos Possíveis Danos à Saúde Humana**. Disponível em: <http://www.uss.br/pages/revistas/revistateccen/V5N12012/pdf/003_Bisfenol.pdf> Data de acesso: 07 Mai, 2014.

SABÓ INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE AUTOPEÇAS LTDA. **Apostila do curso de Termoplásticos**. 1ed. São Paulo, 2002.

SENAI-SP. **Ciência e tecnologia dos polímeros** (apostila). São Paulo, 2003.