

QUALIDADE

Sensores no interior do molde monitoram o processo de injeção

Christopherus Bader

Não há uma solução universal para garantir a qualidade na moldagem por injeção. Conforme a aplicação, condições e objetivos em questão, há diversas opções disponíveis para se monitorar o processo e conduzir seu controle dentro e fora de linha, usando sensores de pressão na cavidade ou de temperatura nas paredes do molde. O uso desse tipo de sensor na produção de peças destinadas às áreas de tecnologia médica, automotiva e bens de consumo serve como exemplo da ampla variedade de aplicações práticas.

Christopherus Bader é gerente na Priamus System Technologies AG em Schaffhausen, Suíça. Este artigo foi publicado originalmente na edição de junho de 2014 da revista alemã *Kunststoffe*. Copyright by Carl Hanser Verlag. Direitos para o português adquiridos por Plástico Industrial. Tradução e adaptação de Antonio Augusto Gorni.

Em alguns casos da moldagem por injeção usando sensores no molde, poderia ser plenamente adequado apenas monitorar a compactação, ou o completo preenchimento da cavidade, para detectar automaticamente as peças defeituosas a serem rejeitadas. Contudo, em muitos casos pode ser uma boa ideia usar a informação disponível proveniente do molde para fins de controle ou ajuste, com o objetivo de reproduzir o processo de maneira otimizada. Isso se deve ao fato de que esse controle não é possível, nem por meio de simulações, nem através só da máquina, uma vez que as condições reais do molde são desconhecidas e se alteram continuamente.

Primeiro vem o problema, depois a solução

Antes que um processo seja monitorado, controlado em linha ou modificado de forma

básica, é necessário efetuar análises para definir os requisitos exatos. Para tornar esse processo claro, este trabalho descreverá alguns exemplos de soluções implantadas nas áreas de tecnologia médica, automotiva e de bens de consumo.



Metades dos corpos de canivetes do Exército Suíço produzidos por injeção (figuras fornecidas pela Priamus)

A história de sucesso da Victorinox AG, localizada em Ibah, Suíça, começou bem antes de se pensar sobre moldagem por injeção. O canivete do exército suíço, que é o produto mais conhecido dessa empresa, sempre foi um desses produtos que atendem aos mais altos requisitos em termos de funcionalidade, confiabilidade e qualidade (figura 1). Isso não se restringe apenas às propriedades técnicas do canivete, mas também se aplica ao aspecto estético de seu corpo. Foi por esse motivo que a companhia decidiu aprimorar ao máximo seu processo de fabricação.

Para alcançar esse objetivo, um molde com oito cavidades e dotado de canais quentes e subdistribuidores foi equipado com um sensor

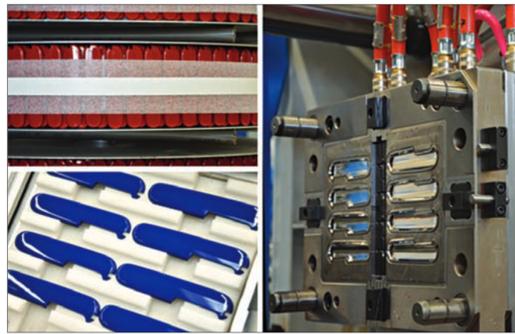


Fig. 1 - O fabricante Victorinox impõe requisitos máximos em termos da qualidade superficial do corpo de seus canivetes. A janela de processo precisa ser estreita e controlada para permitir a obtenção de níveis homogêneos de qualidade

de pressão interna em sua cavidade (tipo 6007BC) e outro sensor para medir a temperatura da parede do molde (tipo 4004A, figura 2) em cada cavidade. O fabricante de ambos os sensores foi a Priamus System Technologies AG, com sede em Schaffhausen, Suíça. O posiciona-

mento simétrico desses sensores não apenas tornou possível medir pressões e temperaturas no interior de cada cavidade, como até mesmo analisar a frente de resina fundida e suas respectivas viscosidades.

A maior dificuldade durante a produção é o fato de que, nem mesmo hoje se pode verificar de forma totalmente automática os altos níveis de qualidade superficial requeridos no controle final. Ao mesmo tempo, é necessário reproduzir confiavelmente a distância ajustada entre as rosetas no lado posterior das cascas que constituem o corpo do canivete. Portanto, o objetivo foi controlar e reproduzir o processo dentro de uma janela estreita, evitando quaisquer sinais de sobreinjeção ou ondulações leves



DRY COLOR
PIGMENTOS E ADITIVOS PARA PLÁSTICOS

www.drycolor.com

Natureza, infinidade de cores. Dry Color, a maneira de reproduzi-las!

QUÍMICA INDUSTRIAL

DIÓXIDO DE TITÂNIO
PIGMENTOS ORGÂNICOS
PIGMENTOS INORGÂNICOS
CORANTES

PIGMENTOS

COLORMATCH - Alta concentração
NO DUST - Inovação limpa
LIQUID COLOR - Ganho e otimização
DRYMASTER - Alta performance
PASTECOLOR - Grande força e dispersão

ADITIVOS



DRY COLOR USA

+1 (407) 856-7788
+1 (813) 321-5115

DRY COLOR BRASIL

+55 19 3872-4000
0800 55 11 51

Mercados de Atuação

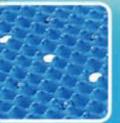

AUTOMOTIVO


CONSTRUÇÃO CIVIL


EMBALAGEM


CALÇADISTA


TINTAS


ESPUMA


SINTÉTICOS


TÊXTIL


ADESIVOS

POLI POSITIVO
PLÁSTICOS INDUSTRIAIS

POLI POSITIVO

POLIPROPILENO EXTRUDADO Compostos de PP/PE Aditivados
Blendas Especiais de Polipropileno



QUALIDADE DE ATENDIMENTO A ESPECIFICAÇÃO
TÉCNICA DE CADA CLIENTE
Laboratório Químico equipado com Espectrofotômetro de Absorção Atômica – Plastômetro – Teor de Carga – Estufa Aceleradora.

Moagem Úmida - Extrusão com dosadores Gravimétricos
Matéria Prima Homogênea
Qualidade e Controle de Processo - VDA

CERTIFICAÇÃO ISO 9001:2008

011 4513 1119
www.polipositivo.com.br
polipositivo@polipositivo.com.br

QUALIDADE

sobre a superfície. Ao mesmo tempo, é necessário que as dimensões requeridas sejam atendidas. O atual projeto do molde (subdistribuidores), bem como a fração de material reciclado, de até 30%, interferem na estabilidade do processo e são desafios a serem vencidos aqui.

Efeitos do fluxo de resina fundida e da contração da peça moldada

O gráfico da figura 3 mostra a distribuição das pressões e temperaturas individuais nas oito cavidades, bem como o efeito desses parâmetros sobre a contração de cada peça moldada. A temperatura foi controlada em função dos valores de pressão, ajustando de forma correspondente o controle de temperatura do molde. De forma geral foram revelados vários efeitos:

- Enquanto as temperaturas na superfície variam dentro de uma faixa estreita, as alterações nos valores de contração (ou seja, temperaturas sob um valor definido de pressão) são muito mais pronunciadas.
- Conforme mostrado no gráfico, a ordem das temperaturas absolutas medidas (T2, T7, T3, ..., T4) é diferente da sequência dos valores de contração (S1, S4, S5, ..., S6). Portanto, a contração das peças moldadas não é igual às temperaturas absolutas medidas sobre a superfície.
- Após o desligamento da unidade de controle em linha as temperaturas da superfície aumentaram significativamente. Este fato

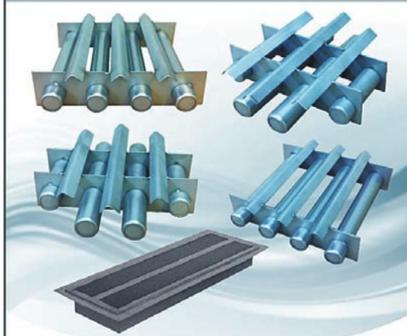
mostra que, sem o controle em linha, pode-se esperar deterioração da estabilidade dimensional.

Embora neste caso fossem usados subdistribuidores com canais frios, o comportamento do preenchimento das cavidades individuais mostrou-se extraordinariamente bem balanceado. Isto pode ser deduzido a partir do fato de que os sinais de temperatura no final do trajeto do fluxo aumentaram virtualmente ao mesmo tempo (figura 3). Nem os sinais de pressão no início do trajeto do fluxo apresentaram qualquer diferença ao longo do tempo (figura 4). Contudo, esta descoberta dificilmente pode servir para avaliar um balanço homogêneo no preenchimento da cavidade, uma vez que a resina fundida ainda tem de fluir por toda a cavidade. O gráfico também mostra que a defasagem ao longo do tempo, durante a elevação da pressão, é inadequada para servir como parâmetro de avaliação para o balanceamento, uma vez que ela se altera ou se eleva constantemente.

As curvas de pressão (figura 4), por sua vez, fornecem informações sobre as diferenças observadas entre as pressões medidas nas cavidades de pres-

PROTEJA SEU EQUIPAMENTO CONTRA CONTAMINAÇÃO FERROSA

Grades e Placas Magnéticas



Conheça nossa linha completa de equipamentos:

BRASIL MAGNETS
Soluções em aplicações magnéticas
(11) 5041-0833 | (11) 5096-2477
vendas@brasilmagnets.com.br
www.brasilmagnets.com.br

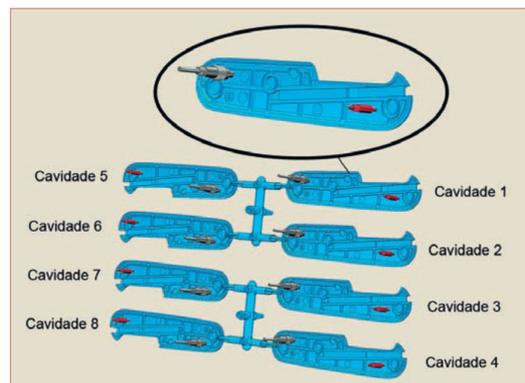


Fig. 2 - Uma vez que os sensores no molde com oito cavidades encontram-se em posição simétrica, não apenas podem ser feitas comparações diretas entre os valores máximos de pressão e temperatura nas paredes do molde, como até mesmo comparar propriedades de fluxo (viscosidades) nas cavidades individuais

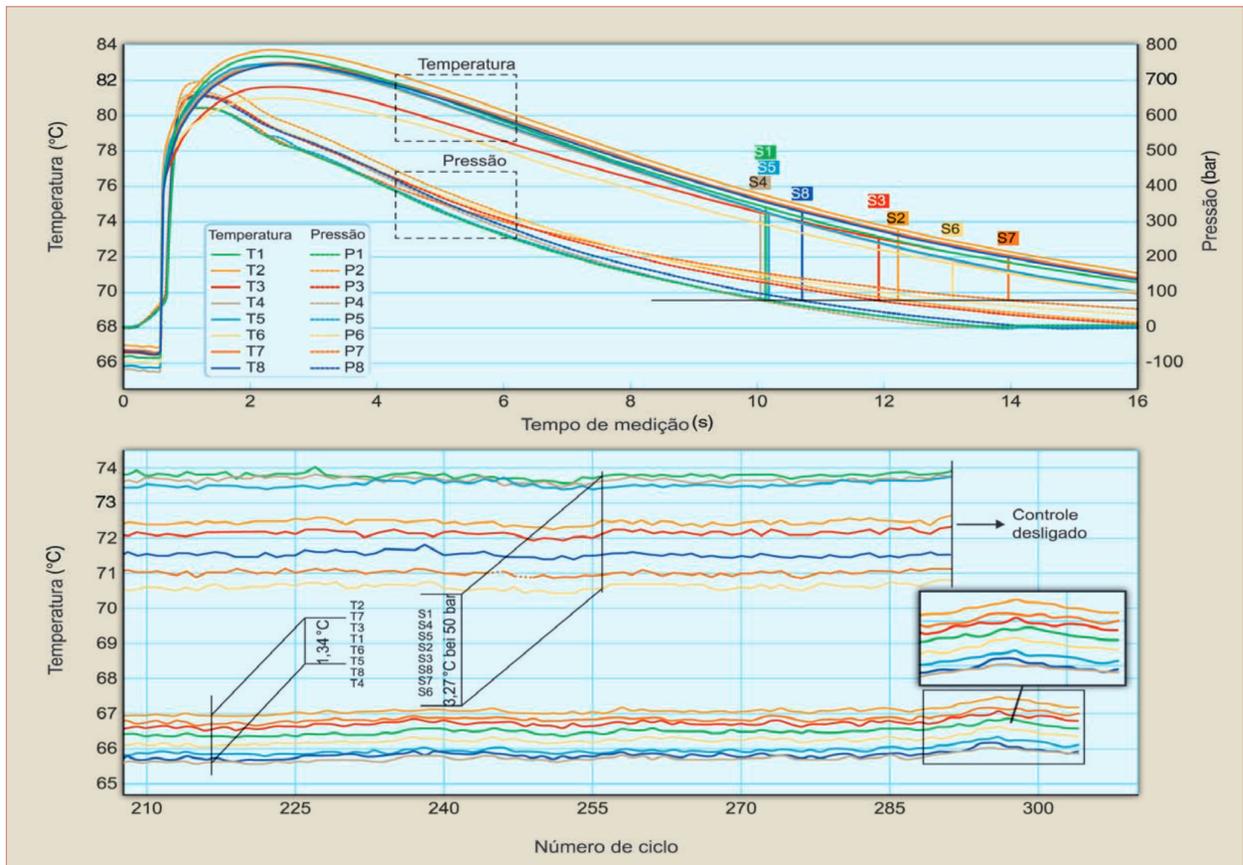


Fig. 3 - Gráfico ao longo do tempo mostrando as evoluções de pressão no interior da cavidade e temperaturas na parede do molde usado para fabricar as oito metades do corpo do canivete (parte superior), bem como gráfico de tendência das temperaturas do molde, incluindo os valores resultantes de contração (iguais a temperaturas para um certo valor de pressão). A ordem dos valores absolutos de temperatura (T2, T7, T3, ..., T4) é diferente da sequência observada para os valores de contração (S1, S4, S5, ..., S6). Foi constatado, após o desligamento da unidade de controle em linha, que as temperaturas superficiais se elevaram de forma significativa. Isto mostra que, sem o uso do controle em linha, pode-se esperar degradação na estabilidade dimensional dos componentes produzidos

A **Hora D** atua na representação comercial de polímeros tendo como seu maior objetivo atender seus clientes com agilidade, entregando produtos de qualidade e propiciando o melhor custo/benefício do mercado.

Produtos:

- Poliamida (PA 6/6.6)
- Sangel (SAN)
- Polipropileno (PP)
- Policarbonato (PC)
- Poliestireno (PS)
- Poliacetato (POM)
- ABS
- PBT
- Acrílico (PMMA)
- TPU
- Poliuretano (PU)
- Poliuretano (PE)
- TPE

Hora D Representação de polímeros

✉ contato@horadpolimeros.com.br
 ☎ (11) 2273-1440 | Nextel: 📞 (11) 9 4005-7867 | ID: 45° 8' 3089

FREEDOM

Soluções Plásticas

ULTRA PURGE



Muito além de um composto de purga

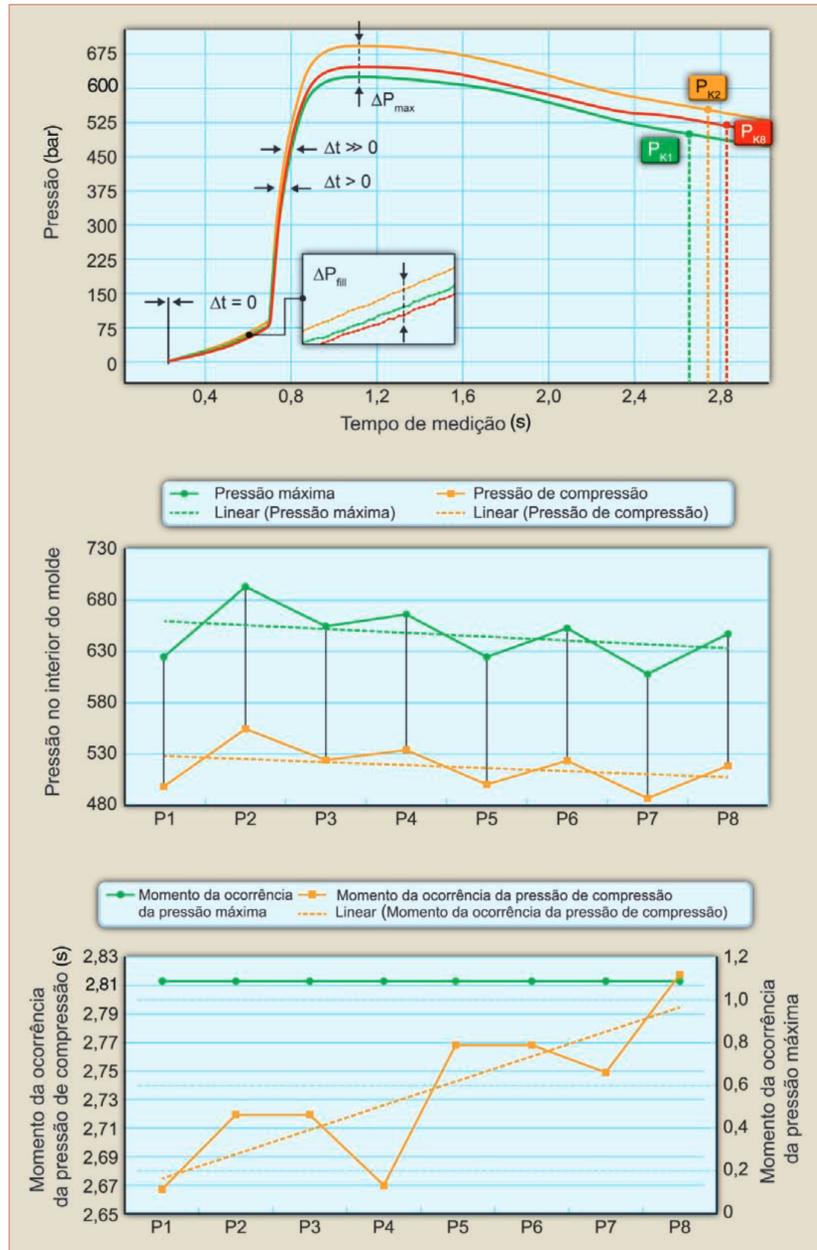
- Certificado pelo FDA
- Reduz Sucatas
- Reduz Tempo de parada
- Aumenta Produção
- Facilita troca de cores
- Elimina pontos pretos
- Reduz consumo de Energia Elétrica



FREEDOM SUST. COMÉRCIO E REP. LTDA

(55 11) 2949-2741 | Fax: 55 11 2949-2741
 freedombr@freedombr.com
 www.freedombr.com
 www.ultrapurge.com

QUALIDADE





PLASCAMIL

Recuperação de Plásticos

Especializada na recuperação de resinas plásticas de ABS, polipropileno, poliestireno, policarbonato, poliamida entre outros.
 Fazemos mão de obra de granulação e moagem

QUALIDADE NO SEU RECUPERADO




30 ANOS

2063-9260 | 2667-6254

www.plascamil.com.br
 atendimento@plascamil.com.br

são durante as fases de preenchimento e compactação. Devido às condições específicas do molde aqui considerado, os valores de pressão dentro das cavidades são diferentes, ao passo que os valores máximos dentro das

cavidades são alcançados aproximadamente ao mesmo tempo. É interessante notar que a diminuição de pressão ocorreu de maneira diferente, fazendo com que o valor correspondente a 80% do máximo fosse



Fig. 5 - Inicialmente o componente inferior é balanceado automaticamente através dos bocais dos canais quentes num molde para dois componentes, enquanto os tempos de preenchimento para ambos os componentes são controlados no interior da cavidade usando sensores de temperatura da parede do molde

alcançado em diferentes instantes ao longo do tempo dentro das cavidades individuais. Foi por este motivo que a Priamus, para proporcionar um controle em linha da pressão de compactação (modelo 7080A, Fillcontrol Control M), não utiliza o valor máximo de pressão, mas sim a chamada pressão de compressão na cavidade isolada, parâmetro que se origina da compressão sobre a peça moldada, mas não de seu preenchimento⁽¹⁾.

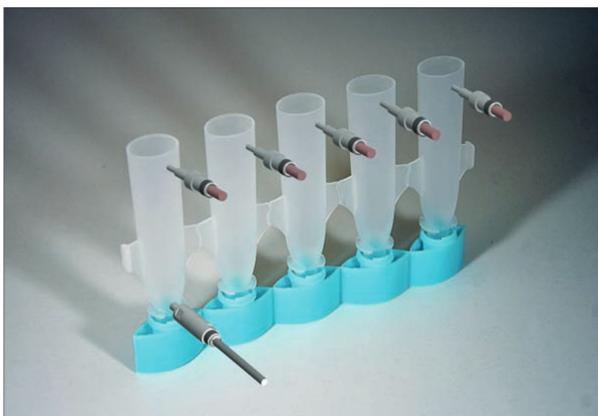


Fig. 6 - Cápsulas com dose única para colírios. O uso de sensores de temperatura na parede do molde permite balancear os bocais do canal quente e os núcleos são extraídos a partir das cavidades ao mesmo tempo

Controles em linha do tempo de preenchimento e do balanceamento dos canais quentes

A divisão médica da Weidmann Plastics Technology AG, que integra o Grupo Wicor, fabrica produtos para uso médico sob condições de sala limpa, de acordo com as normas técnicas ISO 7 e ISO 8. Os locais de produção situam-se em Bad Ragaz, na Suíça, e Auburn, EUA. Um exemplo de peça fabricada por essa empresa consiste numa combinação de cobertura (“esteira para vedação” ou “sealing mat”) e peça básica (placa com poços ou “well plate”), concebida para armazenar amostras de sangue. Este produto é usado em laboratórios altamente automatizados para conservar e proteger as placas de armazenamento, vazias ou preenchidas, da sujeira, poeira e outras partículas (figura 5). Portanto, as duas peças moldadas precisam fechar todas as aberturas de forma fácil e a retirada da esteira para vedação deve ocorrer sem que seja necessário grande esforço.

A esteira para vedação é produzida usando um determinado grau de EVA (marca Elvex, fabricado pela DuPont) num molde com uma única cavidade, ao passo que a placa com poços é feita com PP (marca Purell, fabricado pela Lyondell Basell) usando um molde com duas cavidades. Em ambos os casos, um aspecto crítico está em garantir o preenchimento homogêneo das peças moldadas, bem como tempos de preenchimento constantes. Contudo, no caso da

33 ANOS

A marca da Empilhadeira Brasileira



Paletrans

EMPILHADEIRAS

Desde 1983

0800 941 4440
www.paletrans.com.br

Equipamento financiado pelo

BNDES
FINAME



PP PC PA6 PSAI PEAD SAN TPV POM

Alta Tecnologia na industrialização dos plásticos.
Responsabilidade Social e Ambiental para um crescimento sustentável.

Executamos **MOAGEM** e **GRANULAÇÃO** de plásticos.

Comercialização e Mão de Obra

- Qualidade
- Logística
- Padronização
- Compromisso
- Pronta entrega
- Atendimento Nacional

Gedel
 Indústria e Comércio de Plásticos Ltda.
 * 25 anos gerando sustentabilidade *

Consulte-nos: (19) 3438-7211
 gedelplasticos@globo.com
 www.gedelplasticos.com.br

QUALIDADE

placa com poços, antes de mais nada as duas cavidades são balanceadas automaticamente por meio de bocais de canais quentes⁽²⁾. Em ambas as aplicações, um tempo de referência medido na cavidade é armazenado ao final do processo e reproduzido por meio da unidade de controle automático de canais quentes da Priamus. Ambos os processos são monitorados por meio dos dados de temperatura nas paredes do molde e da pressão máxima no interior da cavidade.

Ao analisar agora uma aplicação da Lameplast S.p.A., localizada em Rovereto, Itália, ficou óbvio que o controle em tempo real em função da posição da resina fundida durante o processo de preenchimento e o balanceamento de canais quentes não são mutuamente exclusivos. Na verdade, é exatamente o contrário: eles se complementam perfeitamente entre si. Esta empresa se especializou na produção de embalagens primárias (ou seja, que entram em contato direto com o produto embalado), especialmente para a indústria farmacêutica - como, por exemplo, cápsulas com dose única (figura 6). O desafio imposto por essa aplicação está no fato de que o preenchimento simultâneo das cinco cavidades precisa ser feito de forma sincronizada com a extração dos cinco machos.

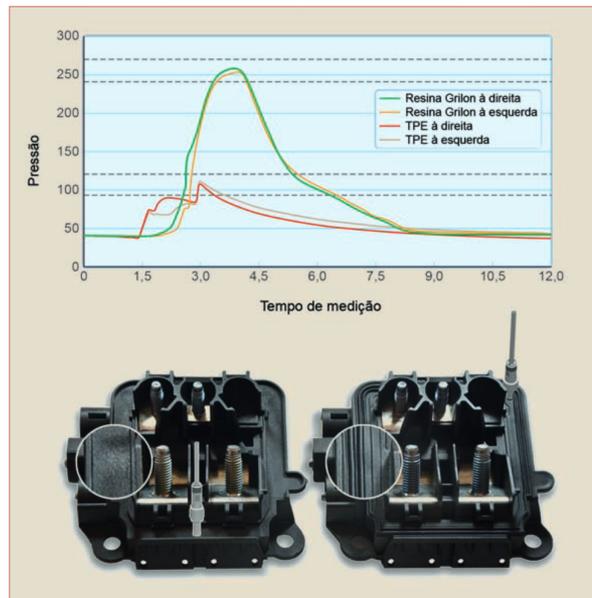


Fig. 7 - Monitoramento de processo para peça com trilhas condutoras, constituída por dois componentes, por meio de sensores de pressão na cavidade. Uma vez que esta é uma aplicação que envolve o uso de uma mesa rotativa, ambos os componentes precisam ser monitorados separadamente e os dados precisam ser separados para o caso de se fabricar uma peça defeituosa (figura inferior à esquerda: peça sem o componente macio; figura inferior à direita: peça incluindo o componente macio)

O controle em tempo real e em linha do processo se complementam

É por esse motivo que os sensores de temperatura nas paredes do molde (modelo 4004A) encontram-se posicionados antes do final de cada trajeto de fluxo. Os sensores detectam automaticamente a frente de resina fundida nas cavidades individuais - uma condição necessária para efetuar o balanceamento do canal quente (modelo 7080A Fillcontrol Control H). Ao mesmo tempo, os sinais também são usados para extrair automaticamente os machos no momento certo, de forma a conseguir a consistência requerida para o próximo estágio de processamento (modelo 7080A Fillcontrol Switch). Além disso, um sensor de pressão na cavidade (modelo 6008A, fabricante de ambos: Priamus) foi posicionado próximo ao ponto de entrada de resina na cavidade do molde, para determinar e monitorar a viscosidade.

FABRICAÇÕES E RECUPERAÇÕES PARA MÁQUINAS INJETORAS, EXTRUSORAS E SOPRADORAS



Rosciltec

Roscas e Cilindros
Ponteiras, anéis, flanges e bicos
Colunas, Porcas e Tirantes

(11) 2018 5880
 www.rosdiltec.com.br

sidade entre os sensores de pressão e de temperatura.

Supervisão de processo em combinação com aplicações envolvendo mesa rotativa

A simples monitoração do processo pode muito bem significar um desafio para o engenheiro, particularmente se a tarefa for supervisionar uma aplicação envolvendo uma peça constituída por múltiplos componentes e o uso de mesa rotativa, que é o caso quando se produz um componente com trilhas eletrificadas (figura 7). A empresa Intercable Srl, com sede em Bruneck, é atualmente um dos principais fabricantes de componentes de plástico do norte da Itália, fornecendo para todas as principais montadoras automotivas ao redor do mundo por meio de vários canais de distribuição. Além disso, a Intercable produz e manufatura produtos para o setor de distribuição de energia. Os componentes citados são moldados por injeção num molde para dois componentes usando uma injetora mestre-escravo; ambos são processados simultaneamente ou de forma sincronizada por meio de dois agregados. Os pesos de resina injetada foram iguais a 402 g (Grilon TSG-30, fornecido pela Ems-Chemie) e 9,5 g de um elastômero termoplástico reticulado (TPV), respectivamente.

Em cada cavidade e para cada componente foi integrado um sensor de pressão interna na cavidade (componente rígido: modelo 6002B; componente macio: modelo 6003B, fabricante: Priamus) para monitorar os valores máximos de pressão. Embora neste exemplo ambos os componentes sejam monitorados ao mesmo tempo, é possível, usando o sistema da Priamus (modelo 7080A Fillcontrol Switch) separar os dados relativos a cada um dos componentes. Se for detectado um defeito no componente rígido, o controle de processo em linha evita a sobremoldagem por injeção do componente macio.

Conclusões

Os exemplos aqui descritos permitem identificar quais possibilidades já se encontram disponíveis para garantir a qualidade já a partir do molde para uma ampla variedade de aplicações industriais. Como foi possível observar, a simples medição da pressão na cavidade, ou da temperatura nas paredes do molde, não é capaz de gerar o grau desejado de segurança do processo e resultados que permitam reduzir custos. É necessário empregar um sistema adequado para processar os sinais obtidos de forma proveitosa. No passado, era comum desenvolver soluções isoladas para determinadas aplicações. No futuro, certamente haverá processos que permitirão garantir a qualidade de forma inteiramente independente do equipamento e do material, por meio do uso de sensores instalados no molde.

Agradecimentos

O autor gostaria de agradecer pelo suporte e cooperação durante a preparação deste trabalho a: Peter Anderhub, chefe de produção, e Bernhard Stocker, chefe de projetos na Victorinox AG; Jürg Good, chefe de tecnologia de processo, e Marcel Wermelin, da divisão de suprimentos médicos da Weidmann Plastics Technology AG; Enrico Salvarani, gerente do departamento de engenharia da Lameplast S.p.A.; e Martin Egger, chefe de produção na Intercable Srl.

REFERÊNCIAS

- 1) BADER, C.; KÖNIG, E.; SCHMIDT, C. *Qualität aus der Tiefe des Werkzeugs*. Kunststoffe 103, págs. 46-50, 6/2013.
- 2) BADER, C.; KÖNIG, E. *Wir regeln das schon*. Kunststoffe 102, págs. 62-67, 6/2012.

Advanced Polymers

Sua presença foi essencial para a conquista do nosso sucesso na Interplast 2016!

POM

PBT

PMMA

PC

PA

TPU

PPS

ABS

Certificado ISO 9001:2008

Tel.: [11] 3951.5494 | 3951.5506
contato@advancedpolymers.com.br
www.advancedpolymers.com.br