

Melhoria no inserto de latão utilizado em produtos da linha PPR para eliminar vazamento em testes de PHI

Edson Sousa, Sebastiam Perini, William Emiliano, Roberli Cantidio

Resumo: A melhoria de produtos e processos é ponto fundamental no que se refere à manutenção da competitividade de uma empresa no seu mercado de atuação. Melhores produtos podem fazer com que o cliente tenha mais confiança e garantia no uso de determinado produto. E para que o cliente possa sentir-se confortável ao adquirir um determinado produto, a empresa fornecedora necessita desenvolver e aplicar diversos testes em seu processo para garantir que chegue ao cliente somente itens aprovados. Desta maneira foi analisado um problema que vinha ocorrendo em uma empresa fabricante de materiais plásticos para linha hidráulica, residencial e predial. A peça denominada joelho fêmea possuía um alto índice de refugo no processo produtivo devido à quantidade de peças fabricadas que são rejeitadas no teste de estanqueidade, onde estas peças apresentam vazamento quando aplicadas altas pressões em longos espaços de tempo. Assim, tem-se como objetivo geral do presente trabalho eliminar não conformidade por vazamento no teste de estanqueidade. Desta maneira, buscou-se identificar qual a causa raiz desta não conformidade, para se buscar uma alternativa para eliminar o problema de reprovação destas peças. Após análise, foi definido que deveria ser alterada a geometria do inserto metálico injetado juntamente com a peça. Após definição do novo formato do inserto e fabricação de lotes de peças, identificou-se que o problema foi sanado, não existindo mais rejeição das peças joelho fêmea por reprovação no teste de estanqueidade.

Palavras chave: Inserto metálico; Teste de estanqueidade; Geometria de peças; Processo de injeção.

Improved brass insert used in PPR line products to eliminate PHI leakage

Abstract: The improvement of products and processes is a fundamental point in terms of maintaining the competitiveness of a company in its market. Better products can give the customer more confidence and assurance in using a product. And for the customer to be comfortable purchasing a product, the supplying company needs to develop and apply various tests in its process to ensure that it reaches the customer only. Approved items. Thus, was analyzed a problem that had been occurring in a company that manufactures plastic materials for water, residential and building line. The part called female knee has a high scrap rate in the production process due to the amount of fabricated parts that are rejected in the tightness test, where these parts leak when applied high pressures over long periods of time. Thus, the general objective of the present work is to eliminate leakage non-compliance in the leakproofness test. Thus, we sought to identify the root cause of this non-compliance, to seek an alternative to eliminate the problem of failure of these parts. After analysis, it was defined that the geometry of the injected metal insert with the part should be changed. After defining the new shape of the insert and manufacturing lots of parts, it was identified that the problem was solved, and there is no more rejection of the female knee parts due to failure of the tightness test.

Key-words: Metal insert; Tightness test; Parts geometry; Injection process

1. Introdução

O aquecimento da construção civil tem aumentado a competitividade entre as empresas que atuam no comércio de produtos destinados para construção civil.

As empresas fabricantes de soluções hidráulicas vêm apresentando novos produtos, principalmente no que se refere à condução de água quente. Um dos diferenciais destes produtos está relacionado ao processo de instalação. É padrão na construção civil utilizar adesivos para união da tubulação em instalações hidráulicas; mas este tem sido substituído por termofusão de insertos metálicos. Ainda que estas peças passem por rigorosos controles de qualidade, identificam-se ainda altos índices de reprovação durante os processos de testagem, o que gera refugo e representa elevado custo no processo produtivo.

Os principais problemas de reprovação de parâmetros da qualidade de peças hidráulicas estão relacionados entre o inserto metálico e o material plástico. Ao analisar os dados de reprovação dos produtos por inadequação de parâmetros da qualidade, entende-se que ações futuras possam ser desenvolvidas de modo que atuem diretamente nos problemas causadores de reprovações. Diante do exposto, o presente trabalho tem por objetivo geral eliminar não conformidades em teste de estanqueidade, a fim de contribuir para redução de peças reprovadas em teste de qualidade.

Para que o objetivo geral seja atendido, foram desenvolvidos como objetivos específicos:

- a) identificar índice atual de reprovação de peças em teste de estanqueidade;
- b) analisar causa raiz da falha no produto;
- c) projetar novo inserto metálico e realizar os testes necessários;
- d) identificar redução na quantidade de peças não conformes no teste de estanqueidade.

2. Revisão de Literatura

Dentre a maioria dos tipos de materiais utilizados na indústria nas últimas décadas, o que possui maior capacidade de transformação por diversos tipos de processo é o plástico, isso graças a sua capacidade de ser moldado e se adaptar muito bem a vários tipos de produtos (PIATTI, RODRIGUES, 2005).

Existem alguns tipos de moldagem de termoplásticos, como: extrusão, sopro, calandragem e a injeção. Destes processos, o mais utilizado nas indústrias é a extrusão (70% de toda a produção de produtos derivados do plástico). Mas, o que chama a atenção, é que os produtos que chegam ao cliente final normalmente derivam do processo de injeção (MIZAEL, 2006), conforme seguem apresentados na Figura 1.

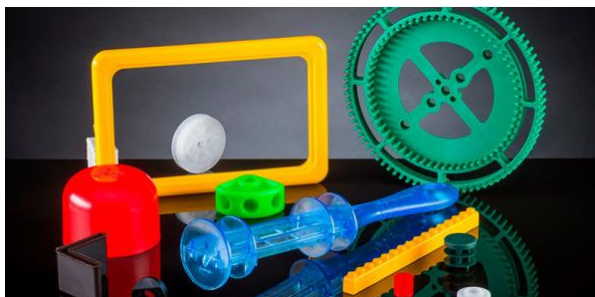


Figura 1 - Produtos injetados

De acordo com Costa Filho *et al* (2011) o processo de injeção de termoplásticos talvez seja o mais comum de ser entendido, e também o mais fácil de ser controlado, pois a moldagem do plástico se dá basicamente pelo enchimento de uma cavidade com o material plástico

derretido.

A transformação de peças plásticas é relativamente simples, como já citado anteriormente. E o processo de injeção, apesar de não ser o mais comum, ainda assim é o que permite maior variedade no tipo de produtos fabricados. O molde de injeção é o componente que dará o formato final à peça fabricada (SILVA FILHO *et al*, 2002). Na Figura 2 é possível perceber que o molde de injeção é formado basicamente por duas placas, que possuem o formato da peça a ser injetada. Ao serem fechadas as duas partes do molde, o material plástico é injetado e este material vai preenchendo as cavidades do molde.



Figura 2 - Molde de injeção

O molde de injeção, apesar de sua lógica de funcionamento ser simples, sua construção depende de muito estudo e análise, tanto do produto a ser fabricado quanto do processo necessário, para que se atinja os valores necessários de produção. (SANTOS *et al*, 2015). O foco principal de um projeto sempre serão as cavidades, que darão o formato final do produto, mas também deve ser levado em consideração o sistema de injeção (bico frio, câmara quente), quantidade de cavidades, sistema de extração da peça (após a peça injetada, para poder retirá-la do molde, faz-se necessário desenvolver um sistema que faça com que a peça saia do molde, sem danificá-la).

Atualmente existe uma variada oferta de tipos de plásticos no mercado, com por exemplo o PVC (policloreto de vinila), o PE (Polietileno), PS (poliestireno), ABS (Copolímero de Acrilonitrila-Butadieno-Estireno), dentre outros. Mas o mais usual que se encontra no mercado é o PP (polipropileno) este tem uma capacidade de moldagem fantástica, é um material relativamente leve, com boa resistência química e a oxidação, que o tornam ideal para aplicação em soluções hidráulicas de sistema de água quente por exemplo.

A indústria mundial do plástico literalmente se rendeu ao seu uso, por todas suas propriedades apresentadas. O PP apresenta, dentre todos os materiais plásticos, o maior crescimento no uso desde sua invenção. Sua maior aplicação encontra-se justamente no processo de injeção.

Devido à larga utilização do plástico na indústria automotiva, este setor foi buscando materiais cada vez mais leves e resistentes, e a adoção de insertos metálicos veio facilitar a vida das montadoras e dos projetistas. Um bom exemplo deste uso é na aplicação de insertos metálicos para união e fechamento de sistemas coletores de ar de motores. É possível reparar na Figura 3 seis insertos metálicos, que servem de rosca para união de duas peças com parafusos. Apesar do material ser altamente resistente à altas temperaturas e pressão, este mesmo material não suportaria pressões de fechamento.



Figura 3 - Aplicação de insertos metálicos

Desta maneira, para que o correto fechamento seja garantido, faz-se necessário adotar a aplicação de insertos metálicos para garantir o correto fechamento dos componentes. E outro ponto que pode ser destacado na aplicação de insertos é que, por serem feitos de metal, estão garantidos por longos períodos relativos à necessidade de manutenção, sem riscos de gerar grandes desgastes (COSTA, 2014).

Na indústria de montagem de sistema hidráulicos, muito se utiliza de colas e sistemas de aquecimento para união entre dois tubos plásticos. Mas, com o passar do tempo, esta união pode ficar fragilizada, levando a tubulação a apresentar problemas. Mesmo com componentes para união destas tubulações, onde estes componentes já apresentam sistemas roscáveis para união, a mesma pode perder sua função com o passar do tempo.



Figura 4 - Componentes roscados

O sistema de rosqueamento, em componentes plásticos, ainda necessita de cola para uma melhor fixação, nesse caso por exemplo, é necessário primeiro lixar as duas peças que serão unidas, depois aplica-se a cola nas duas junções e então é necessário esperar um determinado período para a secagem das peças pós união. Já em sistemas de água aquecida ou de alta pressão, faz-se necessário o uso de sistemas de fixação mais resistentes. E é aí que entra a aplicação do inserto metálico.

Equipamentos e componentes devem garantir que, quando feitas aplicações em sistemas hidráulicos, não haja vazamento de seus componentes e, principalmente, nas junções realizadas. Uma das maneiras de se garantir que estes vazamentos não ocorram futuramente é realizar teste de estanqueidade, conforme segue abaixo na Figura 5.

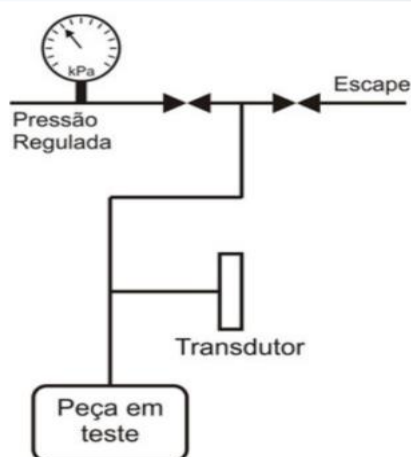


Figura 5 - Teste de estanqueidade

Quando se fala em necessidade de estanqueidade em sistemas de alta pressão ou sistemas que necessitem transportar líquidos aquecidos, o risco se torna ainda maior.

Conforme Cordeiro *et al* (2014) o teste de estanqueidade consiste basicamente no isolamento do componente a ser testado, inserindo a peça em um sistema ou de gás pressurizado ou água. O teste visa simular a aplicação do componente em um sistema de encanamento. O tempo, pressão e resultados esperados normalmente são padronizados através de normas nacionais ou internacionais.

Com a aplicação do teste de estanqueidade é fácil perceber se existem falhas na peça, que possam gerar algum tipo de vazamento. O resultado pode ser analisado visualmente (no caso de teste de estanqueidade por aplicação de ar) quando o produto é colocado dentro de tanque de água e injetado ar comprimido dentro da peça, conforme Figura 6. A presença de bolhas de ar no tanque de água demonstra que existem vazamentos no produto.

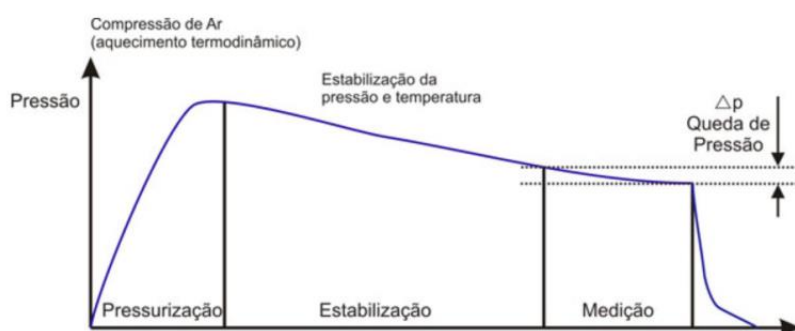


Figura 6 - Análise gráfica de teste de estanqueidade

3. Materiais e Métodos

A presente pesquisa possui cunho exploratório, bibliográfico e qualitativo. Este trabalho se iniciou com a realização de uma pesquisa bibliográfica na qual foi realizado um estudo dos principais temas relacionados à moldagem de termoplásticos, a utilização de insertos metálicos em peças injetadas e o teste de estanqueidade.

Segundo Marconi e Lakatos (2011, p.43) a definição de pesquisa bibliográfica:

Trata-se do levantamento de toda a bibliografia já publicada em forma de livros, revistas, publicações avulsas e imprensa escrita. Sua finalidade é colocar o pesquisador em contato direto com tudo aquilo que foi escrito sobre determinado assunto [...]

Após a realização da pesquisa bibliográfica, realizou-se o estudo de caso em uma empresa fabricante de tubos e conexões, no qual foi abordado especificamente o processo de injeção da peça joelho fêmea e a tratativa de refugo da referida peça. Gil (2002, p. 54) afirma que o estudo de caso “consiste no estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetivos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento, tarefa praticamente impossível mediante outros delineamentos já considerados”. Para a realização do presente trabalho foi realizado acompanhamento do processo de inspeção de peças, mais especificamente no teste de estanqueidade da empresa alvo do estudo.

Para análise das informações foi utilizada a abordagem qualitativa, para entender qual o impacto da não conformidade nas peças refugadas. Após análise das causas da não conformidade e da sugestão de melhoria, foi realizada a análise dos resultados e as considerações finais do trabalho.

4. Resultados e Discussões

A família de produtos fabricados em PPR na qual foi realizado o estudo, tem como principais informações de fabricação as NT's (Norma Técnicas Internas). O foco do trabalho, as conexões de PPR, são regidas conforme normas internas para realização de testes, que explicam em seu texto o passo a passo da fabricação e os testes necessários. Como citado anteriormente, os lotes de produtos são testados periodicamente, para identificar eventuais falhas nas peças e são basicamente seis testes, além da inspeção visual.

Item	Ensaio	Tamanho da Amostra	Periodicidade	Reteste
Caracterização	PHI Longa	3	A cada alteração de matéria-prima / processo de fabricação / anual	Resultado negativo em um CP, reteste em mais 3 CP's. Mais um resultado negativo, abrir RNC com disposição direcionada para Engenharia de Materiais
	Índice de Fluidez			
Fabricação	Requiitos Bromatológicos	-	Contínuo	Resultado negativo, segregar lote e aplicar inspeção 100%. Rejeitar as peças com dimensional fora do especificado.
	Visual			
	Dimensional			
Fabricação	PHI Curta	3	Uma vez ao dia para cada máquina	Resultado negativo em 1 CP, reteste mais 3 CP's. Mais um resultado negativo, rejeitar lote.
	Duração			
	Índice de Fluidez	3	A cada início de fabricação, diariamente ou a cada alteração da matéria-prima	

Tabela 1 - Periodicidade dos ensaios para as conexões PPR.

De todos os sete ensaios realizados, o PHI (Pressão Hidrostática Interna) é capaz de apresentar

possíveis vazamentos nas peças. Os testes são realizados a 20°C e 95°C. O que diferencia os dois testes (longa duração e curta duração) é seu tempo de permanência com pressão interna. Na Tabela 2 são apresentados os parâmetros do teste de estanqueidade.

Pressão hidrostática interna (1 h)	Não pode ocorrer vazamento ou ruptura durante o ensaio.7	Temperatura de ensaio: 20 ± 1 °C Período de ensaio: 1 h Pressão: 60,4 bar	NBR 8415								
Pressão hidrostática (22 h) - Somente para conexões com inserto metálico	Não pode ocorrer vazamento ou ruptura durante o ensaio	Temperatura de ensaio: 95 ± 1 °C Período de ensaio: 22 h Pressão: 16,2 bar	NBR 8415								
Fabricação											
Estanqueidade - Somente para conexões com inserto metálico	Não pode ocorrer vazamento entre o inserto e a parede da conexão durante todo o ensaio (15 minutos)	Temperatura de ensaio: 20 ± 1 °C	PTP- 0043								
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Pressão (bar)</th> <th>Período (min.)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>5</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>5</td> </tr> </tbody> </table>	Pressão (bar)	Período (min.)	5	5	10	5	15	5	
Pressão (bar)	Período (min.)										
5	5										
10	5										
15	5										

Tabela 2 - Parâmetros do teste de estanqueidade

Outro detalhe a ser inspecionado também é com relação à coloração do material. Por se tratar de peças que servirão para sistemas hidráulicos de água aquecida, sua coloração base deve ser verde, com algumas pequenas variações devido à própria variação da matéria prima.

Inicialmente o que se percebeu é que os percentuais de refugo estavam muito altos, tanto por reprovação de peças no teste de estanqueidade quanto por defeitos visuais e dimensionais. Assim, quando ocorria a reprovação, era seguida a referência constante na Tabela 2, que cita a necessidade de novos corpos de provas para testes em caso de reprovação por teste de estanqueidade, e inspeção 100% para defeitos visuais ou dimensionais; caso constatada não conformidade, reprovação de todo o lote fabricado. Na Figura 7, são apresentados os percentuais de refugo mensal desde outubro/2017.



Figura 7 - Gráfico de refugo fabril – materiais especiais

Através da análise dos valores, identificou-se tendência ao aumento da quantidade de peças refugadas, bem acima da meta de 2,88% estabelecida. Para fins de comparação, a demanda média mensal fica em torno de 7.500 peças, e cada peça custa R\$ 3,60 para fabricar. Assim, a empresa está desperdiçando entre R\$ 6.831,00 (out/2017) e R\$ 13.122,00 (fev/2018). Ou seja, em apenas 6 meses os valores de refugo quase que dobraram. Desta maneira, foi necessário identificar ações para reduzir e/ou eliminar a causa raiz da não conformidade que estava

gerando índices tão altos de refugo. Para tanto, foram acompanhadas a produção de três turnos de trabalho no dia 22/03/2018. Na Tabela 3 estão apresentados os totais de peças refugadas e os motivos da reprovação.

Máquina	Turno			Refugos		Descrição
	1	2	3	Total	Código	
1418	8	9	25	25	728	Contaminado/Manchas
1415	151	163	504	504	744	Ensaio de "PHI"
1414	22	97	139	139	744	Ensaio de "PHI"
1409	6	5	23	23	728	Contaminação/ Manchas

Tabela 3 - Análise de refugos

Na Tabela 3 fica evidente que a maior quantidade de refugos foi gerada devido à reprovação de peças nos testes de PHI. A análise destes resultados levou à definição de novos testes para validação da possível causa raiz que estava fazendo com que o processo estivesse com índices tão altos de refugo. Foram realizados testes no dia 23/03/2018, com os resultados apresentados na Tabela 04, para a peça Joelho com Rosca Fêmea PPR 20x1/2.

Testes		
Pressão	Tempo (min.)	Água fria resultado (95°)
0,5	5	Aprovado
1	5	Aprovado
2	5	Aprovado
3	5	Aprovado
4	5	Aprovado
5	5	Aprovado
6	60	Aprovado
10	5	Reprovado
12	5	Reprovado

Fonte: Empresa estudada (2018).

Tabela 4 - Teste de estanqueidade Joelho com Rosca Fêmea PPR 20x1/2.

A peça em questão (joelho 20x1/2) foi levada à análise devido estar sendo fabricado no momento da decisão de qual item deveria ser testado. Apesar de todos os itens terem padrões próximos de configurações, peças com diâmetro menor tendem a sofrer mais quando expostas à pressão do teste de estanqueidade.

Percebe-se, conforme Tabela 4, que os resultados de lotes reprovados ocorreram com pressão acima de 10bar. Mesmo uma das peças tendo sofrido pressão por 60 minutos, com pressão de 6 bar, a mesma foi aprovada. Desta maneira, parte da suspeita de que peças com diâmetro menor poderiam ser afetadas de maneira mais intensa foram confirmadas.

Para poder entender melhor o resultado, foi realizado também teste na peça Joelho com Rosca Fêmea PPR 25x3/4, com os resultados apresentados na Tabela 5.

Testes		
Pressão	Tempo (min.)	Água fria resultado (95°)
0,5	5	aprovado
1	5	aprovado
2	5	aprovado
3	5	aprovado
4	5	aprovado
5	5	aprovado
6	60	aprovado
10	5	reprovado
12	5	reprovado

Fonte: Empresa estudada (2018)

Tabela 5 - Teste de estanqueidade Joelho com Rosca Fêmea PPR 25x3/4

O que se foi evidenciado com os testes das duas peças é que houve reprovação nos testes com os mesmos parâmetros aplicados às duas peças (pressão acima de 10bar).

Após análise dos dados do processo e dos índices de refugo, foi dado início à análise dos motivos do vazamento. Um ponto que foi consenso entre a equipe de engenharia foi que provavelmente estava ocorrendo vazamento entre o inserto metálico e o material injetado. Quando aplicadas altas pressões (acima de 10 bar), provavelmente ocorre separação entre o material plástico e o inserto, ocasionando a não conformidade.

Em um primeiro momento, foi analisado a estrutura da peça Joelho com Rosca Fêmea PPR 25x3/4, para poder entender o que havia de errado com a peça para que ocorresse vazamentos à altas pressões.

Observou-se as seguintes características na peça, que foram analisadas mais cuidadosamente pela equipe de engenharia depois que algumas amostras foram serradas, conforme Figura 8.

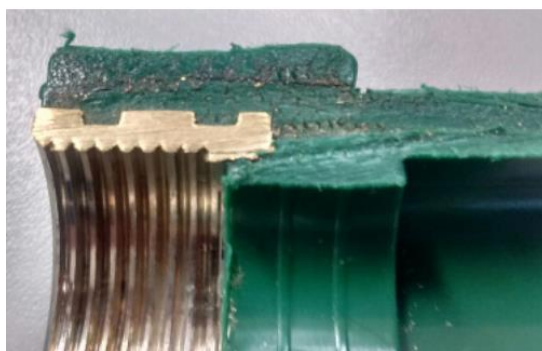


Figura 8 - Amostras serradas no local do vazamento

As características mais marcantes das amostras serradas foram:

- Que a peça possui excesso de massa de metal no inserto o que pode ocasionar falta de aderência com o plástico.
- Entre o final do material plástico e o início do inserto, existe um pequeno espaço com PP, o que pode ocasionar fraqueza na junção dos dois materiais e levar ao vazamento;

De acordo com os problemas citados acima, foram iniciadas ações e ideias para resolver a não

conformidade. Dentro das ações apresentadas, foram analisadas a viabilidade de cada uma:

- Utilização de bolsa cônica: serviria como uma espécie de convite na peça plástica para que o inserto pudesse ser fixado de maneira mais resistente;
- Utilização de inserto metálico de latão e níquel, que poderia também permitir uma maior transição entre outros acessórios.

As duas ideias iniciais necessitariam de muito tempo para serem implantadas, e seu custo inicial de projeto poderia inviabilizar a aplicação futura. Desta maneira, buscando ação mais imediata e de menor custo, foi sugerido alterar a geometria do inserto utilizado atualmente esta ação, se implantada, dependeria apenas de negociação entre engenharia e fornecedor da peça para imediata realização.

O primeiro passo da engenharia de produtos foi definir a redução de massa (alívio de peso) no inserto, mas de tal maneira que pudesse garantir sua eficácia mesmo em altas pressões. Foi analisado que a geometria do inserto na qual fica fixado no material plástico possuía muita área de contato, mas pouco reforço para manter as peças unidas.

Através do estudo de aumento de ranhuras na superfície, deu-se início ao projeto do novo inserto. Após análise do produto (Figura 10), foram aumentadas as quantidades de ranhuras de três para sete, o que acabou aumentando também a área de contato entre o inserto e o plástico.

Como a causa raiz identificada foi a possibilidade de vazar água entre o inserto e a parede do joelho, o aumento de ranhuras e conseqüentemente o aumento de canais evitaria que, mesmo que ocorresse vazamento até a parede plástica, estas ranhuras não permitiriam que o vazamento atingisse a parte externa da peça, o que acabaria gerando novos refugos.

Após a realização do projeto e a confecção dos novos insertos, foram realizados testes de injeção para identificar eventuais falhas no processo, fragilidade da peça pronta, testes de impacto para garantir que o novo inserto suportaria os testes mecânicos antes de serem realizados os testes de estanqueidade, como se observa na Figura 9.



Figura 9 - Inserto com nova geometria

Após a realização dos testes mecânicos, foram serradas algumas amostras para identificar possíveis problemas que não seriam possíveis de analisar apenas com testes e inspeção visual. Após a realização de todos os testes inerentes às normas internas para testes de PHI, foi evidenciada a eliminação de refugos por vazamento devido às grandes pressões aplicadas nos produtos. De maneira geral, observou-se os seguintes pontos de melhoria:

- Redução da massa gerou melhor fixação do inserto ao material plástico;
- Houve eliminação de 100% da não conformidade;
- Houve melhora na aderência da peça;
- Houve redução de custos devido ao alívio de peso do inserto.

A melhoria aplicada ao inserto, além de ter sido eliminado o problema de vazamentos, ainda conseguiu-se reduzir a quantidade de material utilizado.

5 Conclusões

As empresas estão inseridas em um mercado altamente competitivo, no qual todos os setores devem atuar tendo como objetivo a redução dos custos e o fornecimento de produtos e serviços de qualidade. Dentro da empresa alvo do estudo, identificou-se a dificuldade em aprovação de peças no teste de estanqueidade, devido à este teste acabar gerando vazamento nas peças fabricadas. Após análise de refugo do processo durante seis meses, observou-se tendência em aumentar a quantidade de produtos refugados no teste de estanqueidade. Isto poderia acarretar ainda mais custos ao processo produtivo.

Com relação aos valores do teste de estanqueidade, observou-se que pela alta pressão ocorriam as não conformidades. Após aplicados 10 bar de pressão, mesmo em curtos espaços de tempo (5 minutos), ocorria a reprovação dos itens em teste; em pressões menores (6 bar), mas com tempos elevados (60 minutos), não ocorriam os mesmos vazamentos.

Após análises qualitativas da peça, observou-se que os vazamentos ocorridos durante os testes poderiam ser devido à geometria do inserto metálico roscado utilizado no Joelho fêmea injetado.

Com o auxílio do departamento de engenharia, realizou-se alteração no inserto metálico, onde este passou a ter menos massa (ficou mais leve), e que acarretou também alterar a área total de contato com a peça plástica. Foram aumentadas a quantidade de ranhuras do inserto, o que facilitou a fixação deste durante o processo de injeção. E com a melhoria implantada, observou-se a eliminação de refugos da peça Joelho fêmea no teste de estanqueidade. Portanto é possível afirmar que o presente trabalho atingiu seu objetivo geral, que teve como intuito eliminar reprovação das peças no teste de estanqueidade.

Referências

COSTA, Hamilton N. **A influência da contração na moldagem de peças plásticas**. Disponível em: <<http://moldesinjecaoplasticos.com.br/a-influencia-da-contracao-namoldagem-de-peças-plásticas/>>. Acesso em: 09 mai 2018.

COSTA FILHO, Marcos M., PONTES, Heraclito L. J., ADRIANO, Fellipe F. **Redução de custo de um processo de injeção numa empresa de embalagens plásticas através do estudo de tempos e métodos**. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2011_tn_sto_135_861_18931.pdf>. Acesso em 04 mar 2018.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisas**. São Paulo: Atlas S.A. 2002.

LEAKTEST. Disponível em: <http://www.leaktest.com.br/metodo_queda_de_pressao.php>. Acesso em 02 mar 2018.

MIZAEL, Luciane. **Estudo das mudanças no processo produtivo de peças de policarbonato para o polipropileno.** Disponível em: <

http://revista.oswaldocruz.br/Content/pdf/Edicao_12_Mizael_Luciane.pdf>. Acesso em: 13 fev 2018

PETRY, André. **Mercado brasileiro de polipropileno com ênfase no setor automobilístico.**

Disponível em: <

<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/36895/000793010.pdf>>. Acesso em: 11 abr 2018.

PIATTI, Tania M., RODRIGUES, Reinaldo A. F. **Plásticos: características, uso, produção e impactos ambientais.**

Disponível em: <<http://www.usinaciencia.ufal.br/multimedia/livros-digitais-cadernos-Tania>

[tematicos/Plasticos_caracteristicas_usos_producao_e_impactos_ambientais.pdf](http://www.usinaciencia.ufal.br/multimedia/livros-digitais-cadernos-Tania-tematicos/Plasticos_caracteristicas_usos_producao_e_impactos_ambientais.pdf)>. Acesso em: 06 fev 2018

SANTOS, L. U. D., SCARPEL, Rodrigo A., TRABASSO, Luis. G. **Otimização do**

número de cavidades de moldes para injeção de termoplásticos utilizando programação

linear. Disponível em: <<http://www.mec.ita.br/~cge/RGE/ARTIGOS/v02n01a03.pdf>>. Acesso

em: 08 abr 2018.

SILVA FILHO, Fernando J. Q. **Metodologia para usinagem de moldes com altas velocidades envolvendo ferramentas computacionais de auxílio à manufatura.** Disponível em: <

http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2002_TR10_1086.pdf>. Acesso em: 25 fev 2018.