

USO DE POLIAMIDAS 6 EM HASTES DE LIMITADORES DE PORTA NA LINHA AUTOMOTIVA

Willian Fernando S. Ferreira¹ Daniel Komatsu²

¹Discente do curso Tecnologia em Polímeros – Faculdade de Tecnologia José Crespo Gonzales – Fatec Sorocaba, Sorocaba – SP

²Docente orientador do curso de Tecnologia em Polímeros – Faculdade de Tecnologia José Crespo Gonzales – Fatec Sorocaba, Sorocaba – SP

RESUMO: Dentre os polímeros, utilizados para fabricação produtos de engenharia, uma classe de polímeros que cada vez mais ganha aplicações é a poliamida (PA). Uma vez que, ela possui boas propriedades mecânicas tais como uma considerável resistência ao impacto, resistência à abrasão e ao desgaste. Uma das aplicações para os polímeros de engenharia é a indústria automobilística. O processo de fabricação mais utilizado na indústria, para a produção de produtos automobilísticos, em PA, é a moldagem por injeção. Devido ao aumento do uso de polímeros na indústria, aumenta-se em proporção semelhante os resíduos sólidos gerados. O PA apresenta boa relação entre custo e desempenho para determinadas peças de veículos, além do aspecto ambiental, pois é possível seu reaproveitamento por meio de fusão em novo processamento. Iremos falar sobre um processo de injeção de hastes de limitadores de porta na linha automotiva, sendo assim, irei apresentar um problema crônico na linha de produção que a trinca durante a montagem, quando está com falhas no processo ou no material envolvido sendo no PA6, esse material tem uma absorção de água tendo que passar por um processo de secagem antes de injetar e após uma hidratação para absorver água novamente e um tempo de espera para ir para a linha de montagem. Essa falha foi por pular um processo muito importante que é o tempo de hidratação, como estava sendo gerado muito refugo a qualidade pediu um estudo para a melhoria desse problema, no começo esse processo era feito externo não tínhamos pessoas especialistas em injeção, foi contratado um coordenador e especialista, e indentificou varios problemas o secador do material não era o correto, os tanques de hidratação eram com resistências e controlado com termomêtro pelo operador, e o tempo de hidratação não estava confiável.

Como foi a investigação começou pela troca do silo de secagem, ela está ficando à 80°C em espera ate 4h antes de começar a entrar em processo, na parte de hidratação foi colocado controladores de temperatura e fechado as caixas com tampa para não ter variação de temperatura durante o processo de hidratação e por ultimo o tempo foi para 12h como pede a especificação do fabricante.



CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM POLÍMEROS

Palavras-chave: Poliamida-6, Trincas, Automotiva.

USE OF POLYAMIDE 6 IN DOOR LIMIT RODS IN THE AUTOMOTIVE LINE

ABSTRACT: Among the polymers used to manufacture engineering products, a class of polymers that is increasingly gaining applications is polyamide (PA). Since it has good mechanical properties such as considerable impact resistance, resistance to abrasion and wear. One of the applications for engineering polymers is the automobile industry. The most used manufacturing process in the industry for the production of automotive products in PA is injection molding. Due to the increased use of polymers in industry, the solid waste generated increases in a similar proportion. PA presents a good relationship between cost and performance for certain vehicle parts, in addition to the environmental aspect, as it is possible to reuse it through melting in new processing. We will talk about a process for injecting door limit rods in the automotive line, therefore, I will present a chronic problem in the production line that cracks it during assembly, when there are flaws in the process or in the material involved, being PA6, This material absorbs water and has to go through a drying process before injecting and after hydration to absorb water again and a waiting time to go to the assembly line.

This failure was due to skipping a very important process, which is the hydration time, as a lot of waste was being generated, quality requested a study to improve this problem, in the beginning this process was carried out externally, we did not have people specialized in injection, a coordinator and specialist, and identified several problems: the material dryer was not correct, the hydration tanks were with resistance and controlled with a thermometer by the operator, and the hydration time was not reliable.

As the investigation began by changing the drying silo, it was kept at 80°C, waiting for up to 4 hours before starting the process, temperature controllers were placed in the hydration part and the boxes were closed with lids so as not to have variations. temperature during the hydration process and finally the time was set to 12h as required by the manufacturer's specification.

Keywords: Polyamide, Cracks, Automotive.

1 INTRODUÇÃO

Com o passar dos anos, os polímeros vêm substituindo os metais e as cerâmicas nas mais diversas aplicações. Os mesmos são utilizados desde produtos commodities até produtos de engenharia. Esses dois extremos são divididos quanto a sua escala de aplicação. A poliamida é um material polimérico versátil amplamente utilizado na indústria automotiva devido às suas propriedades mecânicas, térmicas e químicas. Aqui estão alguns pontos importantes sobre a utilização da poliamida neste setor:

- **Leveza e Resistência*:** A poliamida é conhecida por ser leve, o que contribui para a redução do peso dos veículos. Além disso, ela possui alta resistência mecânica, sendo capaz de suportar cargas e impactos, o que é crucial para aplicações automotivas onde a segurança e a durabilidade são essenciais.
- **Resistência Térmica*:** A capacidade da poliamida de resistir a altas temperaturas a torna ideal para aplicações sob o capô do carro, como componentes do motor, onde as temperaturas podem ser elevadas.
- **Resistência Química*:** A poliamida é resistente a diversos produtos químicos, o que a torna adequada para uso em ambientes automotivos onde há exposição a fluidos e substâncias corrosivas.
- **Isolamento Elétrico*:** Em aplicações elétricas e eletrônicas dentro dos veículos, a poliamida é utilizada devido às suas propriedades de isolamento elétrico.
- **Design Flexível e Moldabilidade*:** A poliamida pode ser moldada em uma variedade de formas complexas, permitindo designs inovadores e eficientes em termos de espaço nos veículos.
- **Custos e Sustentabilidade*:** Comparativamente, a poliamida pode oferecer uma boa relação custo-benefício em relação a outros materiais, além de ser reciclável em muitas formas, contribuindo para a sustentabilidade na indústria automotiva.

benefício em relação a outros materiais, além de ser reciclável em muitas formas, contribuindo para a sustentabilidade na indústria automotiva.

Em resumo, a utilização da poliamida na indústria automotiva oferece uma combinação única de propriedades que atendem às exigências de desempenho, segurança, eficiência e sustentabilidade, tornando-a um material valioso e amplamente adotado nesse setor.

Os polímeros de engenharia são utilizados para substituição, na maioria dos casos, dos metais, visando à redução de custos e o aumento da qualidade dos processos e produtos na indústria (Wiebeck & Harada, 2005).

A poliamida 6 é valorizada por sua alta resistência mecânica, durabilidade, elasticidade e capacidade de absorver umidade. Além disso, a poliamida 6 também é utilizada na produção de plásticos de engenharia. Suas propriedades de resistência ao impacto, rigidez, estabilidade dimensional e capacidade de resistir a altas temperaturas a tornam uma escolha popular para componentes automotivos, eletrodomésticos, eletrônicos e

peças industriais. Outra aplicação da poliamida 6 é na fabricação de filmes e embalagens flexíveis. Sua capacidade de formar filmes finos, transparentes e resistentes ao calor a torna adequada para embalagens de alimentos, embalagens a vácuo e filmes de proteção. A baixa viscosidade que apresentam potencializa a escolha da moldagem por injeção como processo viável em contexto industrial. Por outro lado, as poliamidas são sensíveis à umidade o que afeta a sua estabilidade dimensional quando em excesso, porém tornam-se frágeis quando desidratadas (FAUSTINO, 2014).

A absorção de água é um processo lento e muito dependente das condições de temperatura e de umidade do meio à que o material está exposto. Em temperatura ambiente e umidade relativa de 50%, as poliamidas podem levar até um ano para atingir o equilíbrio em torno de 2 – 3% em massa de umidade. A umidade também pode provocar hidrólise da poliamida a altas temperaturas, tornando necessário que o material seja previamente seco antes de ser processado (NOVELLO, 2010). De acordo com Araújo (2002), as poliamidas (PA) ou Nylons®, nome pelo qual são comercialmente conhecidas, foram os primeiros materiais reconhecidos como termoplásticos de engenharia, devido às excelentes propriedades mecânicas que permitem que as poliamidas sejam utilizadas em condições de exposição ao calor e contato com solventes orgânicos, ou ainda em aplicações que anteriormente eram atendidas somente por materiais metálicos (WIEBECK; HARADA, 2005). Wallace H. Carothers que trabalhava na (DuPont) que foi a maior empresa multinacional Americana química do mundo, ele foi o responsável por sintetizar as poliamidas em 1935, inicialmente o seu uso foi dominado por aplicações na forma de fibras têxteis. A partir de 1941 outros produtos obtidos por extrusão e injeção foram desenvolvidos, sendo largamente difundidos somente em 1950 (CAMARGO, 2012). A estrutura molecular das poliamidas se caracteriza pela repetição de grupos funcionais amida (-CONH-) ao longo da cadeia polimérica intercalados por sequências de grupos metilenos (-CH₂-). Tais polímeros são denominados de poliamidas alifáticas, enquanto que as poliamidas que apresentam anéis benzênicos em suas unidades de repetição são poliamidas aromáticas (ARAÚJO, 2002). Ainda segundo Araújo (2002) na sua nomenclatura mais usual, as poliamidas apresentam números que indicam o número de átomos de carbono presentes entre os grupos amida do polímero. O primeiro algarismo indica o número de átomos de carbono presentes na diamina usada como monômero, enquanto que o segundo algarismo indica o número de átomos de carbono do ácido dicarboxílico. No caso de poliamidas produzidas por aminoácidos, a nomenclatura indica o número de átomos de carbono presentes no aminoácido. Portanto,; assim com PA 6, PA 7, PA 11 e PA 12 são alguns polímeros que fazem parte da família das poliamidas. As poliamidas alifáticas apresentam estrutura linear que contém os grupos polares amidas, que estão espaçados em intervalos regulares ao longo da cadeia polimérica, isso permite uma cristalização parcial do polímero com elevada atração intermolecular. As sequências metilênicas presentes nas moléculas das poliamidas conferem flexibilidade molecular a elas nas regiões amorfas do polímero, em temperaturas acima da temperatura de 19 °C (temperatura de transição vítrea (T_g)). A combinação destas duas características resulta

em um material de alta tenacidade e ótimo desempenho mecânico (ARAÚJO, 2002). As propriedades físicas e mecânicas das poliamidas são afetadas pelo grau de cristalinidade do polímero. Diferente de outros materiais, as poliamidas podem variar o grau de cristalinidade em 40%, dependendo das condições de processamento. A poliamida 6, por exemplo, quando resfriada lentamente pode atingir 50 a 60% de cristalinidade, ao passo que com resfriamento rápido em peças de reduzidas espessuras, o grau de cristalinidade pode ser de apenas 10%. Nos polímeros parcialmente cristalinos, as propriedades do material são dependentes não só do grau de cristalinidade, mas também do tamanho médio, distribuição de tamanhos e orientação dos cristalitos formados. Diferentes estruturas morfológicas podem ser produzidas de acordo com o método de processamento, em solidificações com resfriamento lento, cristalitos do tipo esferulitos podem ser gerados, já resfriamentos bruscos, geram apenas finas estruturas agregadas. No processo de injeção de materiais poliméricos, o material é solidificado no interior do molde, onde a camada superficial é resfriada mais rapidamente do que o núcleo, acarretando um grau de cristalização maior, menos imperfeições cristalinas com maior homogeneidade na morfologia do interior da peça (ARAÚJO, 2002).

1.1 Justificativa do tema

Ao pesquisar sobre o descarte das hastes de limitadores de porta da linha automotiva, ocasionado por trincas durante o processo, foi observado que é mais comum eliminá-las do que investigar o que estava acontecendo durante o processo. Assim, este trabalho é baseado em um estudo de caso visando avaliar as possíveis falhas dessas hastes que podem ocorrer durante o processo de injeção ou hidratação desse material.

1.1.1 Problema de Pesquisa

È possível minimizar ou extinguir a ausência de trincas em peças de poliamidas em linha de montagem, realizando hidratação controlada (tempo e temperatura) anterior às atividades de montagem?

1.1.2 Objetivo Geral

Avaliar o processo de obtenção das hastes de PA 6 e identificar possíveis falhas que levem ao aparecimento das trincas nessas peças.

1.1.3 Objetivos Específicos:

- Analisar o processo de hidratação das hastes de PA 6;
- Analisar o tempo de hidratação das hastes de PA 6.

1.1.4 Hipóteses

As trincas nas hastes podem estar aparecendo devido ao tempo não adequado de hidratação das peças e/ou temperatura do banho no processo.

1.1.5 Utilização da Poliamida

A poliamida 6 é um tipo de polímero amplamente utilizado na indústria devido às suas propriedades físicas e químicas favoráveis. Destaca-se o seu uso na produção de de fibras sintéticas (náilon), as quais são utilizadas na produção de tecidos, roupas esportivas, meias, cordas, tapetes etc. Além disso, a poliamida 6 também é utilizada na produção de componentes automotivos, eletrodomésticos, eletrônicos e peças industriais devido a sua resistência ao impacto, rigidez, estabilidade dimensional e capacidade de resistir a altas temperaturas. Outra aplicação da poliamida 6 é na fabricação de filmes e embalagens flexíveis. Sua capacidade de formar filmes finos, transparentes e resistentes ao calor a torna adequada para embalagens de alimentos, embalagens a vácuo e filmes de proteção. Apesar da sua versatilidade, as poliamidas são sensíveis à umidade, uma vez que isto afeta a sua estabilidade dimensional, quando em excesso, e tornam-se frágeis quando desidratadas (FAUSTINO, 2014). Portanto, é necessário que o material seja previamente seco antes de ser processado (NOVELLO, 2010).

2 Referencial Teórico

A seguir são listados alguns polímeros de engenharia:

Policarbonato (PC):

- Alta resistencia a impacto, transparencia e boa estabilidade dimensional;
- Aplicação: lentes de oculos capacetes de segurança e linha automotiva.

Policetal (POM):

- Alta rigidez, baixo coeficiente em fricção,excelente estabilidade dimensional;
- Aplicações: emgrenagem e componentes de precisão.

Politileno de alta (PEAD):

- Alta resistencia a impacto, reistencia termica e quimica;
- Aplicação: tubulações, tamques, garrafas e brinquedos.

Policarbonato ABS:

- Resistencia ao impacto,durabilidade e facilidade no processamento;
- Aplicação: carcaças de equipamentos eletronicos, peças de automoveis,componentes de eletrodomesticos;

Polissulfona (PSU):

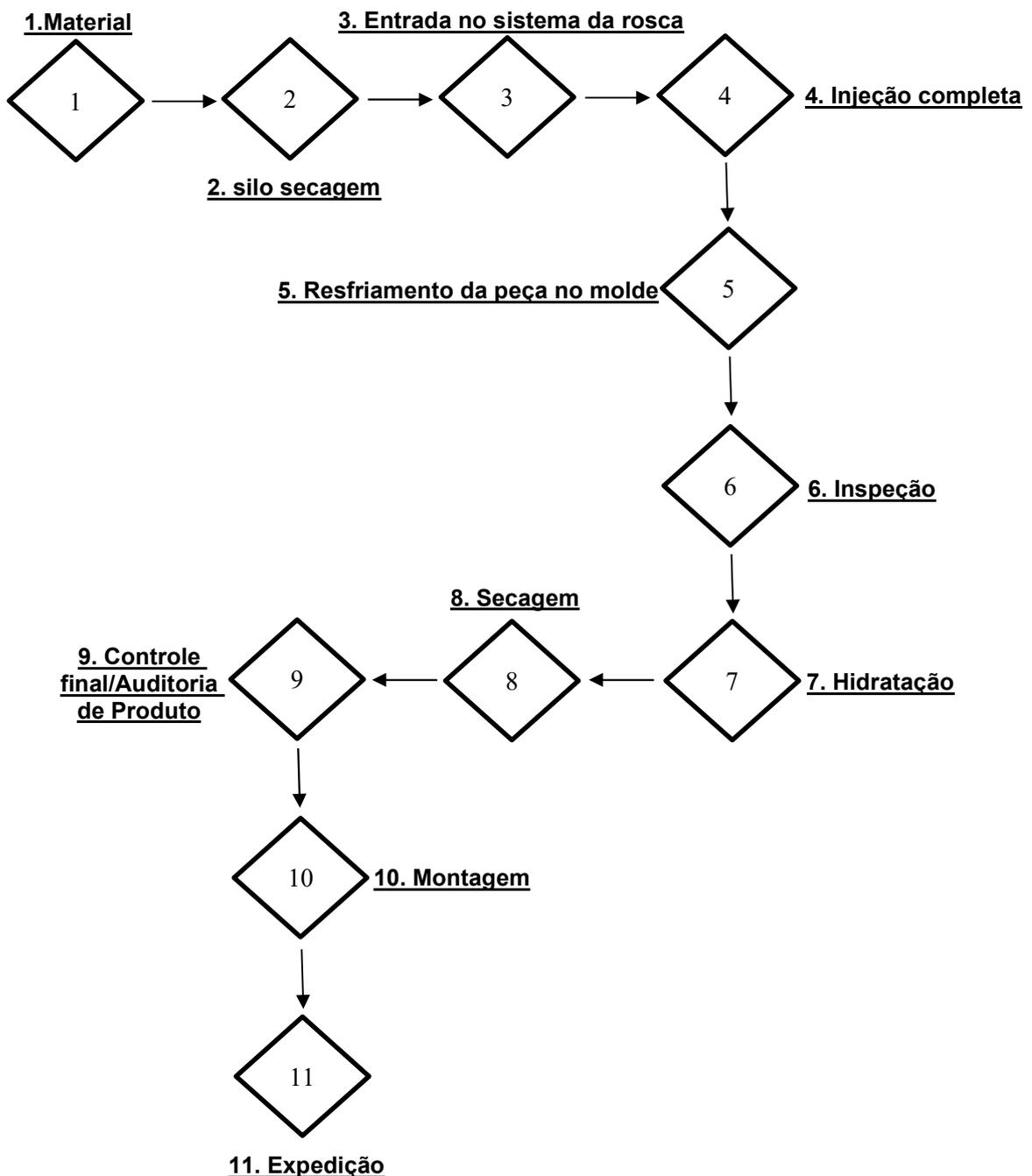
- Boa resistencia termica, resistencia hidrolitica e alta resistencia mecanica;
- Aplicação: componentes médicos, automotiva e componentes eletronicos.

As poliamidas são produzidas nas condensações de um diácidos, mas podem ser produzidas por

aminoácidos e lactana. Elas se diferenciam pelo número de átomos de carbono de seus originários. A poliamida 6 é um polímero amplamente utilizado na indústria devido às suas propriedades físicas e químicas favoráveis.

A principal utilização da poliamida 6 está na fabricação de fibras sintéticas, as quais são utilizadas na produção de tecidos, roupas esportivas, meias, cordas, tapetes etc.

2.1 Fluxo do Processo



3 MATERIAIS E MÉTODOS

A tabela a baixo fala um pouco sobre as características de processamento, essa tabela é fornecida pelo fabricante do material, com isso conseguimos processar corretamente desde a temperatura ate sua secagem, ainda mais temos tambem a pressão utilizada, tensão de escoamento do material, temperatura de fusão, zona de pressão, compressão e dosagem, absorção de água, faixa de temperatura do molde e pós processamento que tem que ficar na hidratação apos seu termino de injeção do molde.

3.1 Materiais

Tabela 1. Ficha Técnica da PA 6 BASF DATA SHEET.

Informações sobre o produto Ultramid® PSB 286 NATURAL			
Ultramid® PSB 286 NATURAL Informações sobre o produto			
Valores típicos para o produto não colorido a 23 °C	Método de ensaio	Unidade	Valores
Propriedades Gerais			
América do Norte	-	-	+
Processamento: Moldagem por injeção (M), Extrusão (E), Sopros (B)	-	-	M
Cor; Preto (BK), Não colorido (Un), Colorido (CO), Transparente (TR)	-	-	bk,un
Físico			
Absorção de água, 24 h em água, 23 °C	ISO 62	%	1,3
Densidade	ISO 1183	kg/m ³	1140 / -
Propriedades mecânicas			
Módulo de tração	ISO 527-1/-2	MPa	3000 / 1300
Tensão de escoamento, 50 mm/min	ISO 527-1/-2	MPa	85 / 45
Estresse no intervalo	ISO 527-1/-2	MPa	80 / 41
Tensão no intervalo	ISO 527-1/-2	%	65 / -
Módulo de flexão	ISO 178	MPa	2800 / 1000
Resistência à flexão	ISO 178	MPa	115 / 40
Resistência ao impacto com entalhe ISO 179/1eA (23°C)	ISO 179/1eA	kJ/m ²	5.5 / 81
Resistência ao impacto Charpy ISO 179-1eU (23°C)	ISO 179/1eU	kJ/m ²	N / -
Propriedades térmicas			
HDT B (0,45 MPa)	ISO 75-1/-2	°C	80
Temperatura de fusão, DSC (10°C/min)	ISO 11357-1/-3	°C	222
Propriedades elétricas			
Resistividade superficial	IEC 62631-3-2	Ohm	* / 1E12
Resistividade volumétrica	IEC 62631-3-1	Ohm*m	1E15 / 1E13
Resistência elétrica (d = 2,0 mm)	IEC 60243-1	kV/mm	- / 18
Permissividade relativa (100Hz)	IEC 62631-2-1	-	3.2 / 3.9
Fator de dissipação (100 Hz)	IEC 62631-2-1	E-4	0.023 / 0.1
Índice de rastreamento comparativo, CTI, líquido de teste A	IEC 60112	-	600 / -
Inflamabilidade			
Comportamento ardente. com 1,6 mm de espessura.	IEC 60695-11-10	classe	V-2
Comportamento ardente. na espessura 0,8 mm	IEC 60695-11-10	classe	V-2
Comportamento ardente. na espessura 3,2 mm	UL-94, IEC 60695	classe	V-2
Índice de Inflamabilidade do Fio de Brilho (0,8 mm)	IEC 60695-2-12	°C	700
Índice de Inflamabilidade do Fio de Brilho (1,6 mm)	IEC 60695-2-12	°C	700
Índice de Inflamabilidade do Fio de Brilho (3,2 mm)	IEC 60695-2-12	°C	750
Injecção			
Pré/Pós-processamento, Pré-secagem, Temperatura	-	°C	80
Pré/pós-processamento, teor máximo de água permitido	-	%	0,2
Temperatura do cilindro de moldagem por injeção 1 (zona de alimentação)	-	°C	230 - 235
Temperatura do cilindro de moldagem por injeção 2 (compressão)	-	°C	235 - 240
Temperatura do cilindro de moldagem por injeção 3 (zona de dosagem, sala de cabeçote do parafuso)	-	°C	235 - 245
moldagem por injeção, temperatura do molde, faixa	ISO 294	°C	60 - 80

Características da Poliamida sem Fibra (PA 6), para análise foi usado esse material da BASF que faz parte do processo de injeção, por ser um material de engenharia com resistência mecânica elevada, e uma ótima durabilidade, pois essa haste sofre um esforço e atrito durante sua vida útil.

- Classificação: polímero de engenharia
- Contração volumétrica: 0,8% a 2,5%
- Temperatura de transição vítrea (T_g): 50 °C
- Temperatura de fusão (T_m): 220 °C
- Temperatura de processamento: extrusão (230 °C a 290 °C), injeção (220 °C a 270 °C)

3.2 Métodos

Foi utilizada uma injetora de 55 TON TKC TK400DM vertical, com temperaturas de processamento de 260 °C, temperatura do molde de 60 e 80 °C, tempo de injeção de 5 segundos e resfriamento de 10 segundos. Após sair do molde, o material foi colocado em um tambor com água quente (80 °C) para hidratação de 12 horas e posterior secagem.

2.2.1. Ensaio mecânico de tração

As propriedades mecânicas que foram obtidas pelo teste de ensaio mecânico de tração, na realização das medidas foram usado um equipamento de ensaio de tração:

- Modelo CCI KRATOS Equipamentos, Capacidade 10 Toneladas, sinal de saída 2mv/v
- Norma, Calibração
- Ensaio número 1057498;
- Célula de carga 98.066,5 N;
- Pré carga de 0,50 N;
- Temperatura 25°C;
- Umidade relativa 50,0%;
- Velocidade transversal 2,8mm/min até seu rompimento;

4 Resultados e Discussão

4.1 IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA

Como pode ser observado na Fig. 1, do lado esquerdo é a amostra com a trinca durante o processo de montagem. Neste caso, a quantidade de falha na produção chegou próximo a 30%.

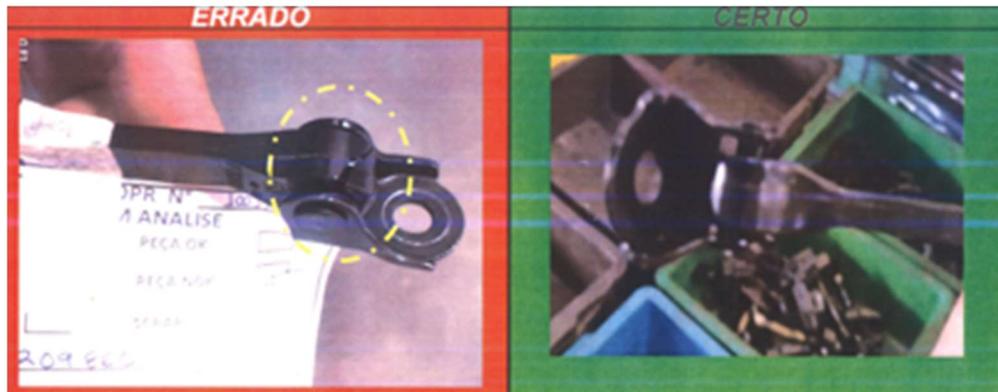


Figura 1. Ilustração da haste de porta automotiva.

4.2. RESOLUÇÃO DO PROBLEMA

Foi feito um teste a cada uma hora e para esse tipo de aplicação o limitador tem que suportar uma carga mínima de 5.473N sem sofrer danos.

Tabela 2. Ilustra os valores de força máxima obtidos no ensaio mecânico de tração.

Amostra N°	Força Maxima (N)
1	10.042,17
2	10.032,36
3	10.228,50
4	10.042,17
5	10.120,62
6	10.032,36
7	10.091,20
8	10.081,40
Valor Mínimo	10.032,36
Valor Máximo	10.228,50
Valor Médio	10.083,85

De acordo com os valores obtidos, é possível observar que os valores de força máxima, obtidos no ensaio

mecânico de tração, ficaram acima do valor mínimo (5.473 N) que a peça deve suportar durante o uso. Neste caso, a redução do números de defeitos se deve a melhora no processo de hidratação das peças injetadas. Anteriormente, este processo tinha o controle manual da temperatura do banho de hidratação, ocorrendo, ao longo do dia, uma variação da mesma. Neste caso, esta variação de temperatura do banho influenciava de maneira negativa a qualidade final das peças e era um fator a ser investigado. A fim de minimizar a variação de temperatura do banho, foi instalado um sistema automático de controle, garantindo que a temperatura ficasse em 80 °C, sem perda ou ganho de temperatura. Apesar desse fator controle de temperatura ter reduzido o número de peças com defeito, ainda era possível encontrá-las. Assim, foi avaliado o tempo de hidratação (6h e 12h), em banho à 80 °C, das peças injetadas.

Em relação ao tempo de hidratação foi constatado que o tempo de 12 h foi o que reduziu em 100% os defeitos das peças injetadas e além disso, melhorou a qualidade do produto final.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos no trabalho foram extremamente satisfatórios, são montados na linha de montagem automatizada 420 horas em média sendo uma perda de 30% da produção em 126 peças, em dois turnos perdíamos 1,764 peças, em um total de 4,2 horas de perda de produção em um dia trabalhado, esse estudo foi feito na montagem o robo separava na fotocélula após feito um teste de torque, com isso foi verificado os processos anteriores sendo na injeção em parametros e na hidratação da peça, que constatamos que estava fora das especificações, então foi constatado que estava saindo com 6 h da hidratação, neste caso o processo não estava respeitando o tempo ideal recomendado pelo fabricante que foi verificado que é 12 h, podemos ver com esse estudo que a poliamida é muito sensível no seu processo qualquer variação pode gerar muitos problemas sendo na umidade do material em itens que exigem uma criticidade alta então novamente voltamos aos testes e foi reduzido a zero refugo nessa linha de montagem.

6 AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus e a minha esposa e meus filhos pela paciência e por me ajudar a ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao percorrer do curso com paciência e sabedoria, por serem meu alicerce, me incentivarem a dar o meu melhor em todos os momentos de minha vida e por acreditarem em mim. Aos amigos que me impulsionaram e me incentivaram a CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM POLÍMEROS continuar. Agradeço imensamente ao Professor Daniel Komatsu pela orientação, carinho e dedicação neste trabalho. Aos colegas da empresa em que trabalho que disponibilizaram tempo e me ajudaram em testes de bancada e laboratorios e me deram diretrizes certas. Aos professores que me formaram no decorrer do curso e aos meus colegas de classe que sempre me apoiaram.

7 REFERÊNCIAS

<https://downloads.editoracientifica.com.br/articles/221211226.pdf>

CONHEÇA tudo sobre o Nylon e as poliamidas. 2020. Disponível em: <https://materiaisjr.com.br/conheca-tudo-sobre-o-nylon-e-as-poliamidas/>. Acesso em: 20 mar. 2021.

AGRAWAL. P.; ARAÚJO. E.M.; MÉLO. T. J. A. Desenvolvimento de nanocompósitos a partir de blendas com matriz de PA 6. *Polímeros*. v.21, n.5, São Carlos, nov. 2011.

AGRAWAL. P.; ARAÚJO. E.M.; MÉLO. T. J. A. Reometria de torque, propriedades mecânicas e morfologia de blendas compatibilizadas de PA 6/PEAD. *Polímeros*. [s.l.]. v.18 n.2, São Carlos, apr. /june, 2008.

AKCELRUD. L. Fundamentos da Ciência dos polímeros. Barueri, SP: Manole, 2007.

CAMARGO. L.F. Estudo de compósitos formados por poliamida 6,6 virgens e reciclada com fibra de vidro: influência da incorporação de material reprocessado nas suas propriedades. 2012. [s.n.] f. Dissertação (Mestrado em Gestão e Tecnologia Industrial) – Faculdade Tecnologia SENAI CIMATEC, Programa de Pós-Graduação em Gestão e Tecnologia Industrial, Salvador, 2012.

CANEVAROLO JÚNIOR, S. Ciência dos Polímeros: um texto básico para tecnólogos e engenheiros. 2.ed. São Paulo: Artliber, 2006.