ConBRepro
X CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
EVENTO ON-LINE
02 a 04 de dezembro 2020

Pesquisa e Desenvolvimento de Placas de Celeron

Karla Hikari Akutagawa
Departamento de Engenharia de Produção – Universidade Estadual do Paraná - UNESPAR
Caroline da Silva Neves
Departamento de Engenharia de Produção – Universidade Estadual do Paraná – UNESPAR
Celia Kimie Matsuda
Departamento de Engenharia de Produção – Universidade Estadual do Paraná – UNESPAR
Vinicius Gustavo da Cruz
Departamento de Engenharia de Produção – Universidade Estadual do Paraná – UNESPAR
Nabi Assad Filho
Departamento de Engenharia de Produção – Universidade Estadual do Paraná - UNESPAR

Resumo: Esta pesquisa teve como objetivo o desenvolvimento de placas de Celeron, para alcançar o objetivo foram realizadas as etapas de revisão bibliográfica, planejamento das metodologias, tipos de materiais e quantidade de materiais que seriam necessários para a confecção das placas de Celeron. E para a confecção das placas de Celeron foi desenvolvido uma prensa hidráulica com chapa aquecedora no Laboratório de Química Aplicada (LQA) e no Laboratório de Física Aplicada (LFA) na Universidade Estadual do Paraná – Campus de Campo Mourão. Desta forma, foram obtidas placas de qualidade semelhante as chapas de Celeron industriais, com baixo custo de produção, excelentes propriedades mecânicas, baixo coeficiente de atrito, baixo ruído, baixo peso especifico e um material fácil de ser usinado, apresentando odor característico, com cor amarelada, e resistência. Para esta pesquisa esperou-se apresentar um estudo comparativo de realidade com uma boa aceitação comercial, passível de utilização no desenvolvimento de produtos manufaturados inovadores e tecnologia nacional. O mesmo é utilizado para fins estruturais, pela sua resistência ao desgaste, cisalhamento e ao choque, com isso foi obtido um resultado satisfatório conforme previsto.

Palavras-chave: Placas de Celeron, Prensa Hidráulica, Resistência.

Celeron Plate Research and Development

Abstract: This research aimed to develop Celeron plates. To achieve the objectives of the project, to develop Celeron plates, the stages of bibliographic review, planning of methodologies were carried out, types of materials and quantity of materials that would be required for the manufacture of Celeron plates. And for the manufacture of Celeron plates was developed a hydraulic press with heating plate in the Laboratory of Applied Chemistry (LQA) and Laboratory of Applied Physics (LFA) at the State University of Paraná – Campus of Campo Mourão. Thus, plates of similar quality were obtained industrial Celeron plates, with low production cost, excellent mechanical properties, low coefficient of friction, low noise, low specific weight and an easy-to-machine material, presenting characteristic odor, with yellowish color, and resistance. For this research it was expected to present a comparative study of reality with a good

commercial acceptance, be able to use in the development of innovative manufactured products and national technology. The same is used for structural purposes, for its resistance to wear, shear and shock, with this a satisfactory result was obtained.

Keywords: Celeron Plates, Hydraulic Press, Resistance.

1. Introdução

De acordo com Plastecno ([2019?]), a chapa de Celeron é um laminado duro e denso, fabricado com tecido de algodão que são colocados em camadas, que os mesmos são impregnados com resina fenólica e moldados em alta pressão a uma alta temperatura, resultando em um material bastante rígido e resistente.

De acordo com Santos, Veronica e Peçanha (2007), as resinas fenólicas são polímeros termorrígidos e totalmente sintéticos, que são utilizadas em diversas aplicações como adesivos para compensados, recobrimento de superfícies, matrizes na fabricação de compostos, para a indústria aeroespacial, automobilística, naval, espuma para isolamento térmico e acústico.
As resinas fenólicas possuem ótima estabilidade térmica, ou seja, são resistentes a chamas e a altas temperaturas como 900ºC, causando pouca fumaça e baixa emissão de gases tóxicos, suas características são importantíssimas em questão de segurança a ambientes onde a segurança contra incêndio é primordial.
De acordo com Hiltz, Kuzak e Watkus (2001), a degradação da resina fenólica produz um material carbonizado que resulta em taxas muito baixas de espalhamento de chamas visto em comparação com resinas poliésteres.
O calor e a pressão quando aplicados simultaneamente às camadas gera uma reação química, ou seja, polimerização, que ocorre um aglomerando as camadas em uma massa sólida e compacta (VICK, 2017).
De acordo com a Vick (2017), por ser um produto termofixo é importante saber a sua definição do termo termofixo que é um material que após aplicado calor e pressão, torna-se permanentemente rígido e não podendo posteriormente ser termo formado.
A chapa de Celeron é utilizada para fins estruturais, por causa da sua alta resistência ao desgaste, ao cisalhamento e ao choque (IMPAKTTO, [2019?]).
A chapa de Celeron se diferencia de acordo com a malha de tecido utilizado, que varia de grosso, média, fino e extrafino. As placas de malha grossa são muito utilizadas na indústria, no entanto quanto mais fina for a malha, melhor será o seu acabamento na peça (VICK, 2017).
De acordo com Vick (2017), o laminado de Celeron se difere de acordo com a malha do tecido que é utilizado, que varia de extrafino, fino, médio e grosso. Cada malha tem a sua estrutura definida de acordo com a Tabela 1:

Tabela 1 – Tipo de malha de acordo com a espessura

Tipo de Celeron	Fios/cm²	Camadas/mm de espessura
Extrafino	60	5,6
Fino	45	3,1
Médio	34	2,4
Grosso	22	1,8

Fonte: Vick, 2017, (adaptado).

Há uma linha especial de laminado industrial que é fabricada com reforço de tecido de fibras naturais inorgânicas, e resina fenólicas, em que tem uma grande importância industrial devido às propriedades físicas que não estão presentes em laminados de fibras orgânicas, como em mínima variação dimensional a temperaturas mais altas e durabilidade aliada a baixo coeficiente de atrito. Esses

reforços são impregnados sobre pressão e calor em laminados com características desejáveis, as mais utilizadas são fenólicas, melamínicas e de epóxi, todas em forma liquida (VICK, 2017).
Os laminados industriais apresentam as seguintes propriedades (VICK, 2017):
a) Mecânicas, que são laminados de tecidos selecionados para resistir a choque de cargas elevadas e ao desgaste, são utilizados tecidos mais finos que resultam numa chapa com maior precisão e melhor acabamento.
b) Químicas, são laminados fenólicos que normalmente não são atacados com solventes como álcool, éter e derivados de refino de petróleo, apresentam resistência a baixa concentração de ácidos inorgânicos e ácidos orgânicos como cítricos, maleico, acético e lático, no entanto são atacados por ácidos oxidantes, como os álcalis fortes.
c) Térmicas: são laminados em papéis ou tecidos de algodão que podem ser usados interruptamente a 90 ºC a 130 ºC. Os laminados com calor acima de 100 ºC podem sofrer a sua ação.
d) Físicas: é um material que apresenta alta elasticidade, sendo possível trabalhar com tolerâncias maiores, seu coeficiente térmico de expansão é de 3 a 5 vezes mais alto do que o aço.
e) Elétricas: a sua resistência elétrica varia devido a configuração dos eletrodos, visto em que o isolante é ensaiado.
f) Armazenamento: por ser um material significamente sensível a umidade, recomenda-se o armazenamento em lugares secos.

Dependendo da resina, o reforço empregado e o processo de laminação utilizada podem variar as propriedades dos laminados, visto que os valores de suas características são típicos. Já a escolha do laminado adequado para um uso específico é um problema de engenharia (VICK, 2017).
A aplicação da chapa de Celeron varia conforme a aditivo utilizado, que pode variar em mecânica, grafitado ou elétrico. O mecânico pode ser aplicado para engrenagens anéis, polias, palhetas de bombas a vácuo e raspadores. O grafitado pode ser aplicado para buchas, mancais, espaçadores, guias de colunas ou até para peças que trabalha em ambientes onde exista dificuldade de acesso ou restrição a uso de lubrificantes. E o elétrico que pode ser aplicado para painéis e quadros elétricos, tirantes e porcas para transformadores elétricos (CELPAN, [2019?]).
De acordo com Damari ([2019?]), a chapa de Celeron também pode ser fabricada com a adição de grafite que reduz o coeficiente de atrito, esse material é conhecido como chapa de Celeron grafitada, e é muito utilizada pela indústria.
De acordo com Plastecno ([2019?]), as principais características da chapa de Celeron é a alta resistência ao desgaste e cisalhamento, baixo coeficiente de atrito, amortece os ruídos, absorve vibrações, alta resistência ao choque e facilmente pode ser cortado, furado e usinado e a temperatura máxima de trabalho pode chegar a 120 ºC.
Segundo Damari ([2019?]), as chapas de Celeron de malha média, fina e extrafina, apresentam as seguintes propriedades:
a) Malha média:
- Cor: marrom;
- Densidade: 1,35 g/cm³;
- Compressão perpendicular: 37 000 PSI;
- Flexão longitudinal: 16 000 PSI;
- Tração longitudinal: 10 500 PSI;
- Impacto longitudinal: 1,9 ft.lb/in;
- Dureza Rockwell: 103 M;

- Resistência deslaminação: 1 800 lb;
- Rigidez dielétrica paralela: 15 kv/mm;
- Absorção de água: 2,2 %;
- Temperatura máxima: 125 ºC;
- Resistente à água do mar;
- Resistente a agentes corrosivos (ácidos).

b) Malha fina:
- Cor: marrom;
- Compressão perpendicular: 39 000 PSI;
- Flexão longitudinal: 18 000 PSI;
- Tração longitudinal: 12 000 PSI;
- Impacto longitudinal: 1,9 ft.lb/in;
- Dureza Rockwell: 103 M;
- Resistencia deslaminação: 1 800 lb;
- Rigidez dielétrica paralela: 15 kv/mm;
- Absorção de água: 2,2 %;
- Temperatura máxima: 125 ºC;
- Resistência a óleos e graxas minerais;
- Isolante de baixa tensão.

c) Malha extrafina:
- Compressão perpendicular: 41 000 PSI;
- Flexão longitudinal: 20 000 PSI;
- Tração longitudinal: 15 000 PSI;
- Impacto longitudinal: 1,3 ft.lb/in;
- Dureza Rockwell: 105 M;
- Resistencia deslaminação: 16 000 lb;
- Rigidez dielétrica paralela: 15 kv/mm;
- Absorção de água: 1,8%;
- Temperatura máxima: 125 ºC;
- Resistente a óleos e graxas minerais;
- Isolante de baixa tensão.

O objetivo deste projeto foi desenvolver placas de Celeron. Dentre os quais os objetivos específicos podemos destacar:

a) Realizar uma revisão bibliográfica sobre a metodologia, técnicas, tipos e propriedade das placas e chapas de Celeron industrial;
b) Planejar metodologias para a confecção das placas de Celeron;
c) Definir a quantidade de cada material;
d) Testar e auxiliar na montagem da prensa hidráulica com chapa aquecedora;
e) Testar as metodologias das placas de Celeron na prensa hidráulica com chapa aquecedora;
f) Analisar os resultados das amostras;
g) Realizar ensaios, testes de qualidade das placas;
h) Publicar artigos e resumos dos resultados obtidos.

Segundo Borges (2004), no Brasil são poucas as empresas que utilizam resinas fenólicas, que é um processo extremamente limitado, pois ainda não há tecnologia no país para o desenvolvimento destas resinas o que necessita de sua importação, o que torna o processo muito caro e em alguns casos inviável financeiramente.

O estudo e desenvolvimento da placa de Celeron tem a sua importância de desenvolver a metodologia de desenvolvimento desse material, diminuindo custos de importação e produção, e contribuindo para pesquisas e teses sobre placas de Celeron, desde da sua produção até o seu uso em diversos segmentos.

A problemática apresentada para a realização desta pesquisa foram as placas de Celeron industriais que por se tratarem de um material que apresenta um custo elevado no mercado e que pode ser utilizado para diversos fins, houve a necessidade de pesquisar a fundo sobre o processo de produção das mesmas com intuito de reduzir os custos do processo produtivo.

Assim, para a produção da mesma existe a necessidade do uso de um equipamento que transmita para o tecido e a resina, calor e pressão, para que então as placas de Celeron adquiram a característica de laminado duro e denso. No entanto, foi necessário o desenvolvimento de uma prensa hidráulica com chapa aquecedora para a produção das placas de Celeron.

2. Metodologia

Para alcançar os objetivos da pesquisa, ou seja, desenvolver placas de Celeron, foram realizadas as etapas de revisão bibliográfica, que teve como objetivo coletar informações sobre os tipos de placas e chapas de Celeron fabricadas nas industrias, as suas características e propriedades, as técnicas utilizadas nas suas fabricações e materiais que são utilizados, com isso foi possível fazer o levantamento bibliográfico, e foi observado que não há publicações cientificas e teses sobre placas de Celeron, somente há publicações de estudo e comercial das indústrias que a produziram.

No planejamento das metodologias, foi planejado os tipos de materiais e quantidade de materiais que serão necessários para a confecção das placas de Celeron, auxiliando tanto para a montagem da prensa hidráulica com chapa aquecedora nos equipamentos que ela terá e que atenda as necessidades para a confecção das placas de Celeron.
Para a confecção das placas de Celeron foi desenvolvido uma prensa hidráulica com chapa aquecedora no Laboratório de Química Aplicada (LQA) e no Laboratório de Física Aplicada (LFA) na Universidade Estadual do Paraná – Campus de Campo Mourão, o desenvolvimento dessa máquina foi importante para atender a necessidade da confecção das placas de Celeron e obter o resultado desta pesquisa. A Figura 1 mostra a prensa hidráulica com chapa aquecedora completa com a parte elétrica montada.

Figura 1 – Prensa hidráulica com chapa aquecedora finalizada com a parte elétrica, hidráulica e mecânica instalada

Fonte: Autor (2020)

Para alcançar os objetivos desta pesquisa foi auxiliado no desenvolvimento da presa hidráulica com chapa aquecedora, para poder iniciar no desenvolvimento das placas de Celeron.

Foram realizados testes confeccionando placas de Celeron, analisando o comportamento da máquina de prensa hidráulica com chapa aquecedora e o resultado das primeiras amostras se atendem as características e os tipos das placas de Celeron que são comercializadas no mercado, com esses resultados foi possível ajustar e evitar possíveis defeitos e problemas.

Para a fabricação da primeira placa de Celeron foi necessário adquirir 2 moldes para a montagem das placas, e sobre o molde foi passado desmoldante para que não mudasse as características físicas da placa quando submetida à alta temperatura. A Figura 2 mostra o molde montado.

Figura 2 – Molde para fabricação da placa de Celeron

Fonte: Autor (2020)

Antes de iniciar a montagem da placa, foi realizada a mistura de resina. Para a mistura da resina, foi utilizada 600 gramas de farinha de trigo, 600 g de resina fenólica, 600 ml de água e 30 g de sulfato de amônia, foi misturado todos os componentes em um liquidificador até formar uma mistura homogênea. E, por fim montado a placa com 11 pedaços de tecido 100% algodão de tamanho 30 cm x 30 cm. A Figura 3 mostra a placa de Celeron antes de ser prensada.

Figura 3 – Placa de Celeron antes de ser prensada

Fonte: Autor (2020)

Para realizar o processo de prensagem, a placa ficou em processo de cura em temperatura ambiente por um período de 3 dias. A Figura 4 mostra a placa de Celeron após ser prensada a uma temperatura de 110°C por um período de 40 min. O mesmo apresentou coloração amarelada muito escura do esperado, aroma característico dos materiais utilizados, no entanto, a placa em contato com o ar absorveu umidade do ambiente que presentava alta umidade no ar, deixando a placa mole.

Figura 4 - Placa de Celeron após ser prensada

Fonte: Autor (2020)

Para a fabricação da segunda placa de Celeron foi utilizada a mesma composição e quantidade de materiais, diferenciando no processo de prensagem, o mesmo não passou por processo de cura em temperatura ambiente. A placa foi prensada diretamente a uma temperatura de 90°C por um período de 40 min.

Para a fabricação da terceira placa de Celeron foi utilizado o mesmo procedimento das outras placas se diferenciando em que no lugar do tecido 100% algodão foi utilizado tecido de algodão 11 fios, o mesmo não passou por processo de cura em temperatura ambiente. A placa foi prensada diretamente a uma temperatura de 90°C por um período de 40 min.

Na prensa hidráulica com chapa aquecedora, foi analisado através do manômetro que a pressão exercida pelo macaco hidráulico nas placas era de 152,7 kgf/cm^2. Ou seja, foi possível analisar que o calor foi transferido de forma integral para toda a extensão da placa.

3. Resultados e discussões

A pesquisa tinha como objetivo principal o desenvolvimento de placa de Celeron. O desenvolvimento da prensa hidráulica com chapa aquecedora passou por um dimensionamento mecânico, hidráulico e elétrico e necessitou a instalação de alguns instrumentos para fornecer calor e pressão para as placas de Celeron e a instalação de instrumentos para controle destas variáveis envolvidas, visto que, para a fabricação das placas de Celeron é necessário calor e pressão para torna-las um laminado duro e denso.

Com a produção da primeira placa de Celeron observou-se por meio da pressão fornecida pelo macaco hidráulico que foi possível transferir temperatura, de forma integral, para as placas de Celeron, e analisar através do manômetro que a pressão exercida pelo macaco hidráulico nas placas era de 152,7 kgf/cm^2. Ou seja, foi possível analisar que o calor foi transferido de forma integral para toda a extensão da placa. A primeira placa de Celeron não obteve resultados satisfatórios. O mesmo apresentou coloração amarelada mais clara, aroma característico dos materiais utilizados, homogeneidade na superfície e ótima resistência ao ser pressionado força com as mãos. A segunda e terceira placa de Celeron apresentaram resultados satisfatórios.

4. Considerações finais

Com o desenvolvimento desta pesquisa, a confecção de placas de Celeron a fim de obter placas de qualidade semelhante ou idêntica as placas e chapas de Celeron industriais com excelentes propriedades mecânicas, baixo coeficiente de atrito, baixo ruído, baixo peso especifico e um material fácil de ser usinado. Espera-se que esta pesquisa traga benefícios expressivos, tornando o processo de produção com baixo custo de produção e resultando em boa aceitação comercial, ou seja, passíveis de utilização no desenvolvimento de produtos manufaturados inovadores e tecnologia nacional.

Com os testes foi possível analisar que o calor foi transferido de forma integral para toda a extensão das placas. Na segunda e terceira placa de Celeron apresentaram coloração amarelada mais clara, aroma característico dos materiais utilizados, homogeneidade na superfície e ótima resistência ao ser pressionado força com as mãos, apresentando resultados satisfatórios.

Contudo, podemos concluir por meio dos testes laboratoriais que a prensa hidráulica com chapa aquecedora obteve alta eficiência na produção das placas de Celeron. E as placas de Celeron apresentaram resultados satisfatórios, ou seja, semelhante às comerciais, ainda existem algumas características a serem melhoradas para que o material produzido seja idêntico ao material industrial.
Para trabalhos futuros recomenda-se o uso de diferentes tipos de resinas e malhas de algodão, para assim comparar os resultados dessas placas e analisar qual se assemelhou mais da chapa de Celeron comercial. Recomenda-se também a analise quanto ao desempenho das placas, de acordo com o ensaio mecânico de resistência à flexão ou resistência à tração na flexão, em placas que serão realizados em conformidade com a NBR 12775:1992.

Referências

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR – Norma Brasileira Registrada 10. 004. Resíduos Sólidos: Classificação.** Rio de Janeiro, 2004.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12775:1992.** Rio de Janeiro.

BORGES, Sandro Gasparetto. **Síntese e caracterização de resinas fenólicas líquidas do tipo novolaca aplicáveis no processo de pultrusão**. 2004. Trabalho para obtenção do título de Mestre em Engenharia (Mestre em engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004. Disponível em: https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/29362/000456883.pdf?sequence=1. Acesso em: 21 mar. 2019.

CELPAN. **Chapa de Celeron**. [*S. l.*], [2019?]. Disponível em: https://www.celpan.com.br/borracha/celeron/chapa. Acesso em: 15 mar. 2019.

DAMARI. **Chapas de Celeron**. [*S. l.*], [2019?]. Disponível em: www.damari.com.br/placa_celeron. Acesso em: 16 mar. 2019.

IMPAKTTO. **Chapa de Celeron**. São Paulo - SP, [2019?]. Disponível em: http://www.impaktto.com.br/chapa-celeron.php. Acesso em: 15 mar. 2019.

Hiltz J.A.; Kuzak S.G., Waitkus P.A.. **Appl. Polym**. Sci. 2001.

PLASTECNO. **Chapas de Celeron**. [*S. l.*], [2019?]. Disponível em: https://plastecno.com.br/produto/chapa_de_celeron.php. Acesso em: 16 mar. 2019.

SANTOS , Alessandra M. dos; CALADO, Verônica M. A.; PEÇANHA, Ricardo P. ESTUDO
DO CICLO DE CURA DE RESINAS FENÓLICAS TIPO RESOL. **Anais do 9o Congresso Brasileiro de Polímeros**, [*S. l.*], 2007. 9o Congresso Brasileiro de Polímeros.

VICK. **Revisão 2.3**. [*S. l.*], 27 out. 2017. Disponível em: https://www.vick.com.br/datasheets/datasheet-celeron.pdf. Acesso em: 18 mar. 2019.