

DESENVOLVIMENTO DE UM MECANISMO PARA PRODUÇÃO DE FIBRA DE CARBONO SOB TENSÃO

Lais Caldas Alves¹
Rita de Cássia Mendonça Sales Contini²
Heide Heloise Bernardi³

Aluno do CPS - FATEC SJC Prof. Jessen Vidal; e-mail: lais.caldas.alves@gmail.com¹

Professor da FATEC SJC Prof. Jessen Vidal; e-mail: rita.sales@fatec.sp.gov.br²

Professor da FATEC SJC Prof. Jessen Vidal; e-mail: heide.bernardi@fatec.sp.gov.br³

Área do Conhecimento: 3.03.01.02-5 Equipamentos Metalúrgicos

Palavras-chave: Carbonização; Produção; Tensão; Fibra de carbono.

INTRODUÇÃO

A singularidade das fibras de carbono é definida por suas relevantes propriedades mecânicas. A resistência desses materiais é comparável à do aço de alto desempenho e sua rigidez é superiores ao de todos os metais, cerâmicas ou polímeros conhecidos. Esta notoriedade das propriedades das fibras de carbono torna-se aparente quando a resistência ou rigidez é dividida pela densidade do material para obter as propriedades específicas. Nenhum outro material conhecido pode competir atualmente com este resultado (LENGSFELD, MAINKA, ALTSTÄDT, 2021).

As fibras de carbono com alto módulo de elasticidade podem ser feitas por carbonização de precursores orgânicos seguido de grafitação em altas temperaturas. A fibra orgânica precursora, ou seja, a matéria-prima da fibra de carbono, geralmente é uma fibra polimérica especial e termofixa que pode ser carbonizada sem derreter (CHAWLA, 2012). Teoricamente, as fibras de carbono podem ser obtidas a partir de qualquer material contendo uma elevada fração de carbono fixo. Entre os materiais mais comuns estão a celulose, a poliacrilonitrila (PAN) e o piche mesofásico. Atualmente mais de 90% da fibra de carbono produzida no mundo são provenientes da poliacrilonitrila precursora (MORGAN, 2005).

Durante o processo de carbonização, a fibra de carbono proveniente do precursor PAN, pode sofre um encolhimento da ordem de 5% a 8%, o que afeta as características finais do material. Um baixo valor de encolhimento significa uma alta tensão da fibra, e se a tensão for muito alta, a fibra irá quebrar, caso contrário, se for muito baixa, então a fibra de carbono ficará frouxa ao longo do forno e degradará a sua aparência, além disso, é necessário um encolhimento para que haja tensão na fibra e ocorra o alinhamento das cadeias durante o processo de carbonização (MORGAN, 2005).

Bahl e Mathur (1979) observaram que para uma fibra PAN oxidada em 240°C/100 min e posterior tratamento térmico em 1000°C, as fibras de carbono com melhores propriedades foram alcançadas com um encolhimento de cerca de 7%. Uma patente Toho Beslon (SAITO e OGAWA, 1978), no entanto, sugere um encolhimento de 40% a 70%, enquanto uma patente Japan Exlan (MATSUMARA, KISHIMOTO, OZAKI, 1997) cita de 0% a 50%.

Baseado nisso, esse projeto de Iniciação Tecnológica visou desenvolver e fabricar um mecanismo (aparato) que seja acoplado em um forno para que seja possível a produção em pequena escala de fibras de carbono sob tensão, usando como precursor a fibra PAN.

OBJETIVO

O objetivo geral deste trabalho foi projetar um mecanismo para fabricação de fibras de carbono sob tensão. Para a consecução deste objetivo geral foram estabelecidos os objetivos específicos: (a) Projetar todas as peças e aparato do mecanismo e (b) Pesquisar materiais para fabricação do projeto.

METODOLOGIA

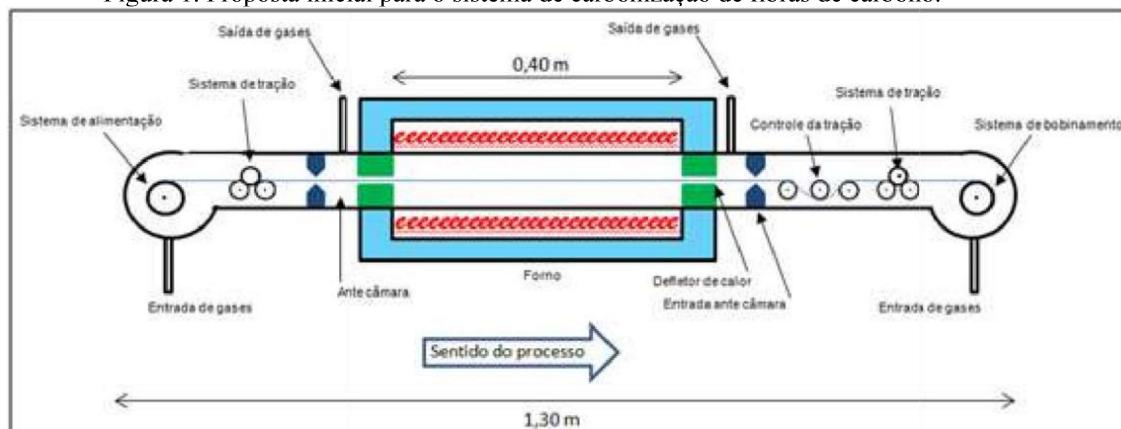
Para o desenvolvimento do aparato de carbonização da fibra de carbono foi realizada uma revisão minuciosa da literatura pertinente, bem como em banco de patentes. Até o momento, não foi encontrado algum trabalho que aborde especificamente sobre o sistema de tencionamento/tracionamento da fibra. Portanto, foi gerada uma proposta inicial de um sistema capaz de produzir fibra de carbono de forma continua, bem como o controle do tracionamento. Primeiramente, foi feito um croqui e depois utilizado um programa de edição de imagem. Para o desenvolvimento dos desenhos do aparato foi utilizado o software Catia V5.

Foi feito o levantamento de materiais para a fabricação de algumas partes do aparato, juntamente com os custos, para levantar o orçamento do projeto.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta o conjunto completo e integrado do aparato que será fabricado. Para esse projeto, optou-se por um sistema fechado, pois facilita o controle de fluxo de gases, evitando janelas que necessitam uma grande vazão de gás para a limpeza do ar entre os filamentos das fibras de carbono. Um sistema fechado possibilita um controle mais apurado de variáveis que envolvem custos, como fluxo de gás, por outro lado possuem uma carga limitada em um processo semi-contínuo.

Figura 1. Proposta inicial para o sistema de carbonização de fibras de carbono.



Fonte: Autor (2021).

As partes principais do sistema serão detalhadas quanto a sua finalidade e proposta de construção.

Forno de Processo: onde ocorrerá a pirólise, é do tipo túnel da marca EDG. Possuindo comprimento útil de 40 cm e capacidade de atingir até 1200°C, irá trabalhar a uma temperatura máxima de 1000°C. O limitante da temperatura máxima é o material da retorta que será construído em aço inoxidável 416L. Este forno está disponível no Laboratório de Ensaios de Materiais Metálicos e Carbonosos da FATEC SJC.

- Sistema de Alimentação: é composto por um carretel de liga de alumínio 7005. Este carretel se encontra na zona fria do sistema e será bobinado com um cabo, de fibra PAN previamente oxidada, contendo 20 mil filamentos e cerca de 40 m de comprimento. O carretel será fixado em um eixo com um freio mecânico que permitirá sua movimentação sob demanda do sistema de tração. Este artifício manterá o cabo esticado evitando que haja o embaraçamento do cabo.
- Sistema de Bobinamento: tem como objetivo o recolhimento da fibra processada. O sistema é basicamente composto por um carretel de liga de alumínio 7005 acoplado em um eixo motriz, tendo a sua frente um sistema síncrono do deslocamento do cabo para que este possa ser bobinado. O acionado eletromecanicamente trabalhará em sincronismo com o sistema de tração localizado em sua direção.
- Defletor de Calor: podem ser descritos como uma “rolha” com um orifício central por onde passará o cabo a ser pirolisado. Será confeccionado em aço carbono 1020 tem a função de espelhar a radiação térmica confinando-a dentro dos limites da zona quente do forno.
- Anticâmara: é uma das partes mais importantes do sistema, nela haverá o encontro da fumaça gerada pela pirólise com o gás argônio inserido na câmara dos carretéis. A anticâmara tem a

função de evitar que a fumaça fluia para o resto do sistema onde pode ocorrer a condensação dos voláteis, contaminando tudo com alcatrão. Por outro lado, visa fazer o isolamento da zona quente com o resto do sistema que está em menor temperatura. Conhecendo-se a taxa de volatilização da fibra durante a pirólise, é possível estimar a quantidade de gás necessário a ser injetado no sistema. O gás argônio não será necessário em todo o sistema, pois após o início do tratamento térmico a própria volatilização da fibra irá regrar uma atmosfera isenta de oxigênio.

- e) Controle de Tração: o tracionamento, ou seja, a tensão no cabo será determinada por uma célula de carga piroelétrica, comum em balanças. O processo de pirólise gera um encolhimento, no cabo, da ordem de 10% a 15%. Considerando que o sistema de tração não permite o escorregamento do cabo ele fatidicamente irá romper se não houver interferência na velocidade dos tracionadores. O sistema de controle irá monitorar a tensão no cabo e, via sistema eletrônico, se comunicar com um dos tracionadores para que sua velocidade seja alterada, desta forma a tensão no cabo será mantida e ele não arrebentará.
- f) Sistema de Tração: Para o aparato proposto o sistema de tracionamento é composto por cilindros de três apoios por onde o cabo irá passar. Este sistema é muito utilizado na indústria têxtil, pois é simples e não danifica os filamentos. O aparato é composto por três cilindros dispostos de forma triangular onde o cilindro superior exerce uma força de fechamento e os cilindros da base exercem a força motriz. Os roletes serão fabricados em aço revestido por borracha e a movimentação feita por sistema de redução e motor elétrico com velocidade ajustável. Assim como no sistema é elétrico, ele será comandado por uma central que fará o sincronismo entre os dois pontos de tração bem como a célula de carga que irá monitorar a tensão no cabo. A força de fechamento será feita por molas em acordo com a necessidade para que o cabo não escorregue.

Foi feito o levantamento de custo de cada parte descrita, e o custo final do aparato é mostrado na Tabela 1.

Tabela 1. Orçamento do aparato para carbonização sob tensão de fibra de carbono usando como precursor PAN têxtil.

Descrição	Valor (R\$)
Sistema de Alimentação	1.405,75
Sistema de Tração	2.780,00
Controle de Tração	1.299,90
Sistema de Bobinamento	1.405,75
Defletores de Calor	165,23
Anticâmera	1.028,87
TOTAL	8.085,50

Fonte: Autor (2021)

CONCLUSÕES

As conclusões que podem ser descritas no desenvolvimento deste projeto são:

- a) Existem trabalhos publicados na literatura que abordam principalmente a importância do tensionamento da fibra durante a estabilização/oxidação da fibra PAN, e poucos trabalhos que estudam esse comportamento durante a carbonização, por isso, ter um sistema no qual possa ser controlado esse tensionamento devido ao encolhimento da fibra é importante para entender as propriedades resultantes das fibras de carbono, devido ao seu uso crescente em vários setores.
- b) Em relação as patentes, não foi encontrado nenhuma que trate sobre a importância do encolhimento da fibra durante a carbonização, por isso a proposta de um mecanismo em tamanho piloto para a produção da fibra de carbono na FATEC SJC seria uma tecnologia que daria um grande destaque nesse meio.
- c) Com a pesquisa realizada para cada sistema que compõe o aparato, foi possível projetar os mecanismos e fazer um levantamento de custo aproximado do aparato, que foi de R\$ 8.085,50.

Esse projeto é viável, pois um forno de carbonização para fibra de carbono, juntamente com o sistema para manter a fibra tensionada é em torno de R\$ 100.000,00, variando esse valor de acordo com a capacidade do forno.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAHL, O. P. e MATHUR, R.B. Effect of load on the mechanical properties of carbon fibres from PAN precursor. *Fibre Science Technologia*, v. 12, p. 31–39, 1979.
- CHAWLA, K. K. *Composite Materials: Science and Engineering*. 3ed. Springer, 2012.
- LENGSFELD, H.; MAINKA, H.; ALTSTÄDT, V. *Carbon Fibers: Production, Applications, Processing*. Hanser Publishers, Munich, 2021.
- MATSUMARA, Y.; KISHIMOTO, S.; OZAKI, M. Japan Exlan Co, Process for producing carbon fibers, U.S. Pat., 4009991, Mar 1997.
- MORGAN, P. in: *Carbon fiber and their composites*. 1ed. Editora Taylor & Francis, 2005.
- SAITO, K. e OGAWA, H. Process for producing carbon fibers, Toho Beslon Co, U.S. Pat., 4069297, Jan 1978.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao PIBIT-CNPq pela concessão da bolsa de Iniciação Tecnológica.