

APLICAÇÕES DA TECNOLOGIA DO VÁCUO EM ENGENHARIA MECÂNICA

Jadilson Alves de Paiva, jadilson@ct.ufpb.br¹
João Bosco de Aquino Silva, jbosco@ct.ufpb.br²
José Carlos de Lima Júnior, limajrcarlos@hotmail.com³

^{1, 2 e 3:} Universidade Federal da Paraíba-CT-UFPB-Campus I, CEP:58059-900 – João Pessoa.

Resumo: *A demanda por produtos que agreguem tecnologias cada vez mais sofisticadas tem mudado os processos de projeto e fabricação nas últimas décadas. Dentre outras exigências pode ser destacada o controle da atmosfera dos processos de fabricação e medição. Problemas de controle de partículas sólidas em suspensão, oxidação, formação de camadas moleculares sobre uma superfície, choques moleculares, gases ativos, rapidez na fixação de peças e dentre vários outros problemas podem ser mais fáceis de trabalhar sob uma atmosfera controlada. A tecnologia do vácuo é uma realidade em diversos ramos da engenharia mecânica, na qual destacamos os sistemas fabricação sobre atmosfera controlada e sistemas de fixação de peças. Na indústria automotiva, por exemplo, a tecnologia do vácuo garante, através do uso de dispositivos de sucção, a fixação de peças, evitando assim os fixadores com parafusos e grampos. A atmosfera controlada proporciona efeitos de maior exatidão em medição utilizados pela engenharia de precisão. Contribui, também, na eficiência de uma gama de outras aplicações que podem sofrer influências da atmosfera padrão. O objetivo deste artigo é apresentar os fundamentos da tecnologia do vácuo, bem como, algumas de suas aplicações e importância, particularmente na área de engenharia mecânica. Também, é apresentado o projeto e desenvolvimento de uma mesa para fixação de peças a serem usinadas em máquinas-ferramenta, usando tecnologia do vácuo.*

Palavras-chave: *Tecnologia do vácuo, Aplicações do vácuo, Fixação a Vácuo.*

1. INTRODUÇÃO

Desde os primeiros experimentos de Torricelli no século XVII que provaram a existência do vácuo e conseqüentemente a quebra da afirmação dos filósofos gregos quanto à “natureza tem horror ao vácuo”, uma vez que se acreditava na impossibilidade lógica do vácuo, a humanidade neste período passou a tratar esta ciência como curiosidade e ponto de partida para conhecimentos filosóficos que até o momento não tinham explicação (Ryans e Roper, 1986). Logo após a descoberta do vácuo, o físico alemão Otton Von Guericke cria a primeira bomba de vácuo através de seu experimento com os hemisférios de Magdeburg, e com o passar dos anos, a tecnologia do vácuo vem se desenvolvendo de tal forma que o seu aspecto filosófico na antiguidade foi substituído pela sua necessidade indispensável ao mundo moderno (Chambers, Fitch, Halliday, 1998). Mesmo sendo antiga esta prática, mas somente após o estudo das construções de tubo para descargas elétricas e gases ionizados que deram origem à física atômica, é que a tecnologia do vácuo foi impulsionada para o meio científico, proporcionando assim pesquisas nas áreas da microeletrônica e simulações da atmosfera espacial (Degasperri, 2002).

A tecnologia do vácuo não está apenas empregada na física e engenharia como esperado historicamente, mas também em diversas outras áreas como, medicina, química, alimentos, odontologia, biologia e agropecuária, e tendo em vista que aos poucos, outras áreas vão necessitando do uso desta tecnologia, principalmente as linhas de pesquisa e indústria.

A tecnologia do vácuo traz melhoramentos e viabilidade a certos processos que são afetados pela atmosfera padrão (Degasperri, 2002). Partindo do pressuposto em que os gases ativos e partículas sólidas em suspensão presentes na atmosfera padrão influenciem estes processos na forma de contaminação e oxidação, estes se beneficiam quando o controle da atmosfera é utilizado. Este benefício traz maior eficiência aos processos e faz com que a demanda por tecnologias cada vez mais sofisticadas e exigentes necessitem do controle da atmosfera presente.

Portanto, aplicações que possuem problemas de controle de partículas sólidas em suspensão, oxidação, formação de camadas moleculares sobre uma superfície, choques moleculares, remoção de gases ativos, fixação de peças e ferramentas, são alguns dos problemas que são beneficiados com a tecnologia do vácuo.

Para um exemplo desta prática, a técnica de *Electron Beam Freeform Fabrication* (EBF3), é uma técnica de prototipagem rápida de metais que só foi conseguida dentro de uma câmara que de vácuo que permite o controle da atmosfera presente, no intuito de atenuar a contaminação no processo de fabricação (Taminger e Hafley, 2003). Esta técnica permite a possibilidade de fabricar peças metálicas sem o desenvolvimento de moldes, gerando redução de custos nas aplicações existentes como na indústria aeronáutica e aeroespacial e futuramente na fabricação de implantes médicos personalizados para cada paciente. Ajudará também na reposição de peças em viagens espaciais sem que estas precisem ser enviadas da terra, além de utilizar menos energia (Taminger e Hafley, 2003).

Outros exemplos de aplicações da tecnologia do vácuo podem ser citados, como em uma linha de montagem de veículos assim como centros de usinagem se beneficia da mobilidade e rapidez que a tecnologia do vácuo garante através do uso de dispositivos de sucção para a fixação de peças e ferramentas, evitando os fixadores com parafusos e grampos. A fixação a vácuo também é utilizada na indústria de alimentos, dispositivos eletrônicos e elevação de cargas, como proposta da eliminação do esforço humano.

A atmosfera controlada proporciona efeitos de menor incerteza de medição utilizados pela engenharia de precisão, sendo de grande importância para evolução e fabricação de dispositivos de alta tecnologia (Sawabe et al, 2003). A baixa contaminação de partículas sólidas contribui também para que a *Electrom Beam Lithography* (EBL) seja a técnica de nanofabricação mais utilizada, por permitir uma maior resolução de fabricação se comparada às outras técnicas existentes que não utiliza vácuo (Olmos, 2008).

A utilização de microscópios de alta resolução foi somente conseguida através da geração de vácuo em uma câmara de medida, assim como na fabricação dos mais modernos chips eletrônicos e estudos de composição de materiais que abriram as portas para a descoberta da nanotecnologia. Viagens para fora do planeta, orbitar satélites e estações espaciais também só foram possíveis através da simulação dentro de uma grande câmara de vácuo de laboratório. Para as áreas de medicina, a tecnologia do vácuo contribui na esterilização, partos de risco, procedimentos pós-parto e dentre uma série de outras aplicações. Análises químicas e biológicas também são assistidas pela tecnologia do vácuo (Moutinho, Silva, Cunha, 1980).

No entanto, fica clara a importância do vácuo para o avanço da tecnologia como um todo, e como contribuição, o presente trabalho apresenta os fundamentos e os benefícios da tecnologia do vácuo em aplicações, seguido de uma simulação computacional do projeto e desenvolvimento de uma mesa para fixação, usando tecnologia do vácuo, de peças a serem usinadas em máquinas-ferramenta. Convém salientar, a carência de artigos técnico e científicos no que diz respeito a parâmetros de projeto, metodologia de projeto, especificações e propriedades mecânicas de materiais em mesas de vácuo, uma vez que já existem fabricantes estrangeiros que produzem estas mesas há décadas. Portanto, isto mostra a importância de iniciar o projeto e desenvolvimento no sentido de poder contribuir para o processo de inovação tecnológica nesta área no Brasil.

2. FUNDAMENTOS DA TECNOLOGIA DO VÁCUO

A tarefa de um sistema de vácuo é produzir e garantir baixas pressões no interior de uma câmara de vácuo. A Figura (1) ilustra um sistema genérico formado por câmara, tubulação e bomba de vácuo.

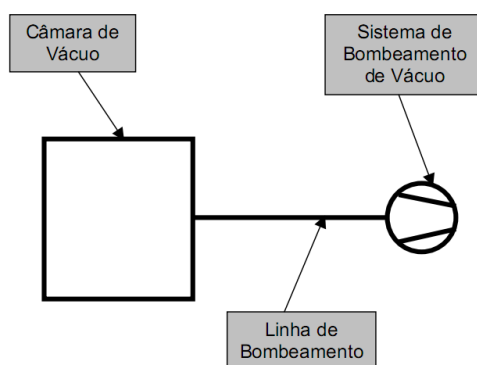


Figura 1. Configuração genérica de sistemas de vácuo

Fonte: Degasperi, Modelagem e Análise Detalhada de Sistema de Vácuo, 2002, p. 17

A norma DIN 1343 determina que a pressão atmosférica padrão (P_{atm}) em relação ao nível do mar é de 1013,25 mbar (101,325 kPa), e qualquer sistema que obtenha uma pressão abaixo da atmosférica padrão é definida como pressão de vácuo (Ryans e Roper, 1986). A Figura (2) ilustra que a maior pressão de vácuo que pode ser obtida teoricamente no interior de uma câmara é de 1013,25 mbar, considerando que a pressão barométrica local (P_{bar}) seja igual à atmosférica padrão, uma vez que esta mede a pressão atmosférica em relação ao nível do mar.

A pressão absoluta (P_{abs}) mede a pressão em relação ao vácuo absoluto, na qual é sempre uma medida positiva. Já a pressão manométrica (P_{man}) em sistemas de vácuo, mede o decréscimo de pressão em relação à pressão barométrica local, sendo esta uma medida negativa. Portanto, sistemas de vácuo podem ser dotados de diferentes referências, que

podem levar a medidas positivas e negativas, com isso, é importante interpretar a natureza de referência de medida do sistema empregado.

Mesmo sabendo que a maior pressão de vácuo é de 1013,25 mbar ou mais conhecido como vácuo absoluto, é impossível obtê-lo devido à estanqueidade, limitações de sucção da bomba e interação das paredes da câmara com as moléculas do gás.

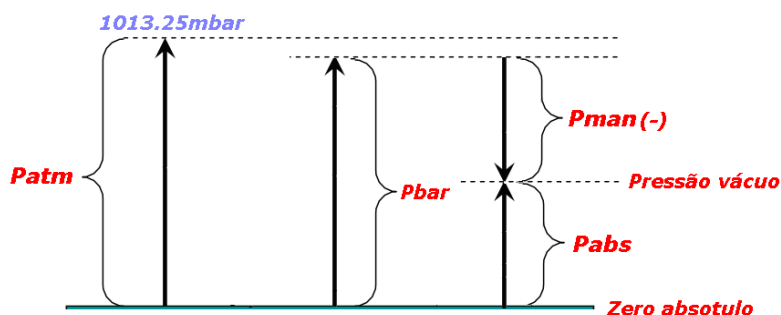


Figura 2. Relação entre pressões

Por mais sofisticado que seja o sistema de vácuo no sentido de obter a maior pressão de vácuo, sempre existirão moléculas provenientes do gás existente. Quando submetida à pressão atmosférica padrão, um centímetro cúbico de ar possui cerca de 2×10^{19} moléculas, e considerando uma pressão absoluta de 10×10^{-9} mbar, ainda existem 20 milhões de moléculas (Moutinho, Silva, Cunha, 1980).

A pressão no interior da câmara é proporcional à quantidade de choques moleculares na parede do recipiente, com isso, quanto maior a pressão de vácuo, menor será a quantidade de colisões de moléculas. Isto implica em uma importante propriedade da tecnologia do vácuo, conhecida como “*caminho livre médio*”. Esta propriedade mensura a média da distância entre duas colisões moleculares, que determinam uma série de outras propriedades relacionadas ao fluxo dos gases e denota o nível de complexidade do projeto de sistemas de vácuo assim como tipo de aplicação que deve ser empregado (Degasperri, 2002). Quanto mais baixa a pressão do sistema, maior será o caminho livre médio. Nas seções seguintes, serão apresentados os objetivos e faixas de pressões de vácuo em função de grupos de aplicações.

2.1. Objetivos da Tecnologia do Vácuo

A utilização da tecnologia do vácuo conforme Degasperri (2002) tem os principais objetivos:

- Remover os gases ativos presentes na atmosfera da câmara de vácuo do processo;
- Diminuir a transferência de calor por condução e convecção entre o meio interno e externo da câmara de vácuo;
- Promover através da diferença de pressão, deformações, movimentos, fixação ou levantamentos de peças.
- Controlar as colisões moleculares no interior da câmara;
- Obter superfícies limpas e degaseificadas;
- Controlar a densidade do gás no interior da câmara.

Os objetivos da tecnologia do vácuo compreendem uma larga escala de aplicações que vão desde as mais simples até as mais complexas, tendo em vista que a diferença entre cada aplicação é determinada pelo nível de vácuo requerido. Conseqüentemente, cada nível de vácuo exige um tipo de abordagem diferente para o sistema de vácuo empregado, com isso, faixas de pressões de vácuo foram delimitadas de forma a organizar o nível de abordagem bem como grupos de aplicações específicas.

2.2. Faixas de Pressões de Vácuo

A tecnologia do vácuo foi subdividida em faixas de pressões arbitrárias que determinam o tipo de aplicação e o nível de abordagem do projeto do sistema de vácuo (Chambers, Fitch, Halliday 1998). Ryans e Roper (1986) caracterizam as faixas de pressões conforme a Tab (1).

Tabela 1. Faixas de pressão de vácuo

Faixa de Pressão de Vácuo	Nomenclatura
Atmosfera – 100 Pa (1 mbar)	Baixo vácuo / Low vacuum
100 Pa – 0,1 Pa (10^{-3} mbar)	Médio vácuo / Medium vacuum
0,1 Pa – 10^{-5} Pa (10^{-7} mbar)	Alto vácuo / High vacuum (HV)
Abaixo de 10^{-5} Pa (10^{-7} mbar)	Ultra-alto vácuo / Ultra-high vacuum (UHV)

Quanto maior o nível de pressão de vácuo exigido por uma aplicação, mais detalhado e complexo se torna o sistema de vácuo envolvido, além do maior custo de implementação e manutenção (O'Hanlon, 2003). Diante deste fato, é necessário que o projetista de vácuo saiba classificar corretamente a pressão necessária para uma determinada aplicação para não superdimensionar o sistema.

A faixa de baixo vácuo segundo Chambers, Fitch, Halliday (1998), é uma fração significativa da pressão atmosférica, que contribui para que a tecnologia do vácuo utilize equipamentos e dispositivos menos complexos, uma vez que apenas uma bomba rotatória em um único estágio pode atender a esta situação. As aplicações nesta faixa são menos rigorosas, no sentido em que as características do fluxo de gás não são tão importantes, com isso, as aplicações de transporte e fixação de dispositivos, remoção de partículas sólidas em suspensão, conformação, fundição, secagem e metalurgia são as mais clássicas.

Para as outras faixas de pressões de vácuo, em particular a UHV, a modelagem do sistema assim como os equipamentos e dispositivos são específicos e complexos. Primeiramente pelas bombas que são ordenadas em múltiplos estágios, já que uma bomba não consegue sozinha bombear desde a pressão atmosférica até a UHV. No entanto, uma bomba rotatória é ativada como estágio primário para obter a faixa de pressão de médio vácuo, e na seqüência, as outras bombas iniciam o processo para a obtenção de pressões mais baixas.

A dificuldade de atingir pressões extremamente baixas se dá pela interação das moléculas com as paredes da câmara de vácuo, portanto, o procedimento de aquecimento das paredes antes de iniciar o processo de UHV é um padrão que vem da dessorção da parte gasosa presa as paredes (O'Hanlon, 2003). Outro fato importante é a condição das paredes da câmara e tubulações, que devem ser bem polidas para melhorar a dessorção, além de utilizar revestimentos com materiais adequados e sistemas de vedação metálicos como anéis de cobre puro. (O'Hanlon, 2003). Como consequência desta complexidade, os sistemas de medição são específicos e os circuitos de bombeamento são caracterizados por possuir múltiplos estágios. Para esta faixa de vácuo, as aplicações estão relacionadas diretamente com o livre caminho médio, onde a quantidade de moléculas presentes no interior da câmara determina o tipo de processo a ser utilizado. Aplicações como a de microscopia eletrônica, usinagem, medição de rugosidade sem contato, prototipagem de metais, tratamentos térmicos, deposição de camadas finas e simuladores espaciais utilizam as faixas de pressão HV e UHV respectivamente.

3. APLICAÇÕES DA TECNOLOGIA DO VÁCUO NA ENGENHARIA MECÂNICA

A tecnologia do vácuo está empregada em diversas áreas da indústria, tecnologia e ciência, na qual atende a uma variedade de aplicações que a utiliza de forma direta ou indireta (Degasperi, 2002). A seguir, são apresentadas algumas das aplicações clássicas na engenharia mecânica.

- Fixação e movimentação de cargas.
- Manipulação de peças pequenas e frágeis.
- Operações que requerem condições de atmosfera limpa.
- Controle de partículas sob o processo.
- Deformações mecânicas.
- Secagem.

Nas seções seguintes serão apresentados os fundamentos de algumas aplicações de vácuo na engenharia mecânica, evidenciando sua importância.

3.1. Ventosas

As ventosas são dispositivos de borracha que se prendem a superfícies lisas, e cada uma delas ou o conjunto se conecta a uma tubulação oriunda de uma bomba de vácuo. O material da ventosa submetido a uma pressão de vácuo funciona como um vedante, e o volume interno se comporta como uma pequena câmara de vácuo. Segundo Degasperi (2002), esta diferença de pressão pode chegar até 10^5 Nm^{-2} , que está situada na faixa de pré-vácuo.

Através da diferença de pressão entre a parte externa e interna da ventosa, a atmosfera exerce uma pressão sobre a área de contato da ventosa com o objeto conforme mostrado na Fig. (3), criando uma força resultante na qual deve ser teoricamente igual à força peso do objeto para que o mesmo seja equilibrado.

O uso das ventosas promove maior produtividade e redução de custos por garantir menor tempo de resposta, menor consumo de energia, maior velocidade, mobilidade e também por não danificar superfícies de objetos se comparado aos fixadores tradicionais como grampos e parafusos. As ventosas estão inseridas nas mais variadas aplicações industriais para a manipulação de objetos como cerâmicas, caixas de papelão, objetos de pequenas dimensões, plásticos, vidros, papéis e etc. Segundo dados de fabricantes, uma única ventosa com diâmetro de contato de 350 mm de diâmetro de contato pode suspender massas de até 600 kg.

3.2. Termoformagem a Vácuo

De acordo com Moraes (2004), a termoformagem a vácuo consiste na conformação de placas e filmes de material polimérico submetidos ao calor e vácuo através de uma máquina termoformadora. As etapas de conformação compreendem primeiramente pelo amolecimento do material plástico através de resistências elétricas presentes no interior de uma pequena câmara de vácuo. Em seguida, através da diferença de pressão criada no interior da câmara de vácuo pelos furos contidos na matriz, o material amolecido preenche os espaços evacuados conformando-se na matriz e dando origem a forma final do objeto. A Figura (4) apresenta as etapas de termoformagem.

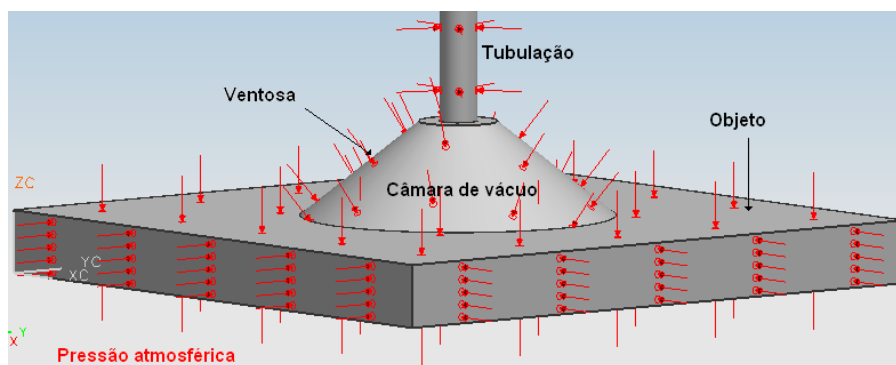


Figura 3. Distribuição de pressões em uma ventosa

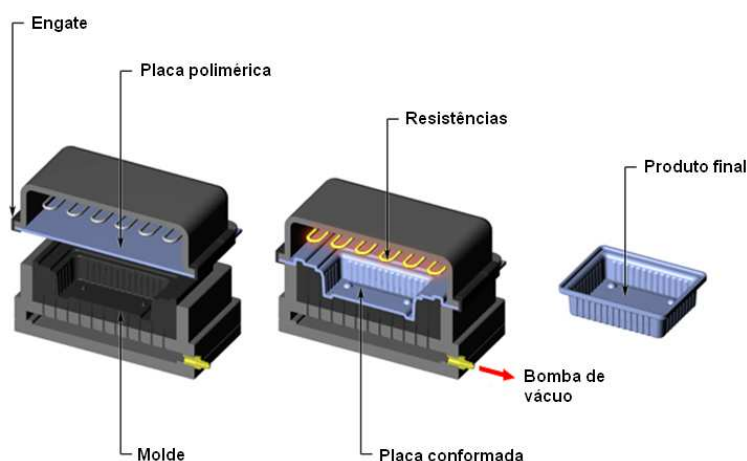


Figura 4. Etapas da termoformagem a vácuo

Fonte: adaptado de <http://www.custompartnet.com/wu/images/thermoforming/vacuum-forming.png>

Este tipo de conformação é utilizado em diversas aplicações onde requer melhor acabamento superficial e controle rigoroso de espessura, além de ser o mais indicado em comparação aos outros tipos de técnicas de injeção e sopro na produção de peças pequenas e complexas (Moraes, 2004).

3.3. Prototipagem Rápida

A prototipagem rápida ou mais conhecida como impressora 3D, já é uma realidade desde 1987 através da técnica de estereolitografia (Netto et al, 2003). Com o avanço, outras técnicas como sinterização seletiva por laser (SLS), deposição por extrusão de plástico (FDM) e fabricação de objetos por camadas de papel (LOM), abriram as portas para uma sucessão de outras técnicas que vem se desenvolvendo até hoje.

Como apoio a prototipagem rápida no sentido de complemento às técnicas já existentes, a tecnologia do vácuo foi inserida como suporte na produção de pré-séries de forma indireta denominada de *vacuum casting*. Segundo Silva (2008), o sistema de *vacuum casting* produz maior qualidade dimensional e acabamento superficial em relação a outros sistemas indiretos que não utilizam vácuo. Segundo os fabricantes, este sistema é o mais vendido no mundo.

O processo em *vacuum casting* começa primeiramente na produção de um modelo em estereolitografia (SLA) na função de molde como uma matriz para a produção de peças pelo método de *vacuum casting* (Silva, 2008). Posteriormente, este molde é colocado dentro de uma câmara de vácuo para que seja vazada resina para dentro do molde no sentido de preencher todos os espaços. Conforme Silva (2008), a injeção de resina utilizando apenas a ação da gravidade em ambiente de baixa pressão possibilita maior precisão e ausência de problemas no interior da estrutura e na

superfície do molde. Neste caso, a baixa pressão evita a contaminação de partículas com a resina além de promover o vazamento mais uniforme devido ao menor atrito do fluido com as poucas moléculas de ar existentes. A Figura (5) apresenta os elementos básicos do processo de *vacuum casting*.

Na prototipagem de metais utilizando a técnica de *Electron Beam Freeform Fabrication* (EBF3), a tecnologia do vácuo está inserida como uma característica fundamental do processo, e não apenas como um complemento assim como é utilizado nos métodos com ceras e resinas. Neste caso, esse método só pode ser possível em ambiente com controle atmosférico, conforme visto na introdução deste trabalho.

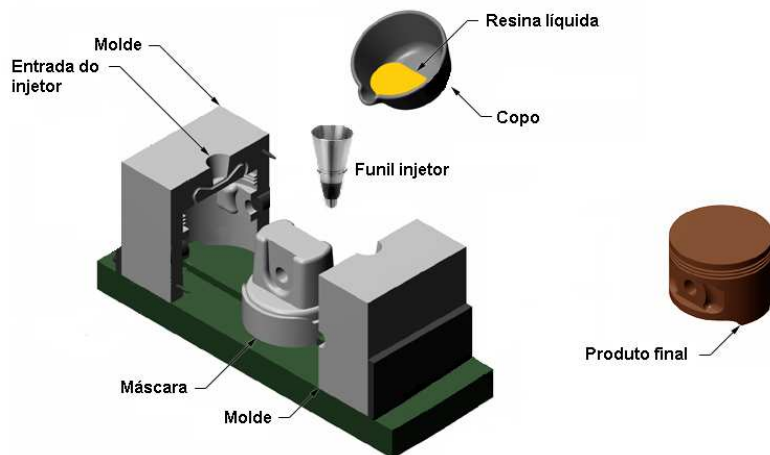


Figura 5. Elementos do processo de vacuum casting

Fonte: Adaptado de <http://www.hyinvestmentcasting.com/castings/permanent-mold-casting.htm>

3.4. Metrologia

Os avanços das áreas de micro e nanotecnologia de miniaturização de dispositivos eletrônicos e mecânicos exigem sistemas metroológicos de alta precisão e exatidão assim como calibradores mais sofisticados para estes sistemas. Nesta escala de miniaturização, os sistemas de medição convencionais por contato não são eficazes, portanto, medições sem contato através de canhões laser e câmeras captadoras são desejadas.

A tecnologia do vácuo permite aos instrumentos de medição sem contato uma garantia de menor incerteza de medição (Sawabe et al, 2003). A baixa quantidade de moléculas provenientes do ultra-alto vácuo garante menor perturbação ao feixe laser, e que segundo Sawabe et al (2003), o índice de refração é eliminado. A Figura (6) apresenta um sistema de medição sem contato que utiliza o ultra-alto vácuo para determinação de perfis de superfícies complexas proposto por Fladischer et al (2007), composto pelos itens: (A) câmara de vácuo, (B) porta de visualização, (C) sensor, (D e E) movimentadores do sensor e (F) bomba de vácuo.

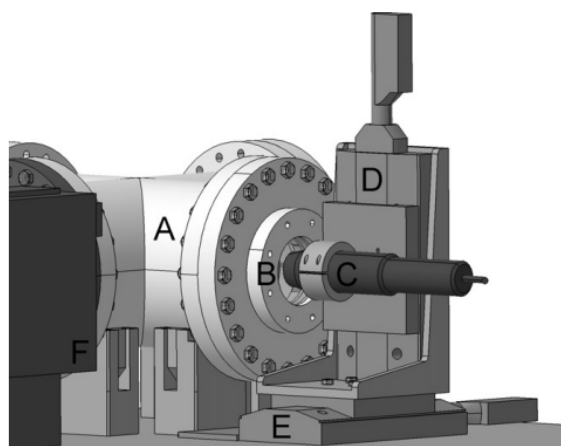


Figura 6. Sistema de medição de superfícies complexas em ultra-alto vácuo

Fonte: Fladischer et al, *An optical for characterizing complex surfaces under high vacuum conditions*, 2007, p. 2

Ainda na área de metrologia e partindo do sentido de que o alto ultra-vácuo possui baixa contaminação, outras aplicações como microscopia eletrônica, medição de rugosidades sem contato e calibração de dispositivos de medição se beneficiam também da tecnologia do vácuo.

3.5. Mesa de Vácuo

Uma mesa de vácuo tem por objetivo garantir a fixação de peças mediante as forças externas como as de usinagem sem que haja a necessidade da utilização de parafusos e grampos na fixação de peças. Muito utilizadas em máquinas-ferramenta comandadas numericamente (CNC), centros de usinagem e máquinas de medição por coordenadas, as mesas trazem as vantagens da redução do tempo de setup, maior área efetiva de medição com ou sem contato e não danifica as superfícies de peças. Outras aplicações se favorecem do uso da mesa de vácuo, tais como os perfuradores a laser, máquinas de jato de tinta para impressão em tela e inspeção visual de componentes.

A mesa de vácuo é formada pela própria câmara de vácuo que possui furos em sua parte superior conforme a Figura (7), de forma a prender as peças pela evacuação do ar residente entre a área de contato da mesa com a superfície da peça, funcionamento semelhantemente a uma ventosa.



Figura 7. Mesa de vácuo
Fonte: www.systauto.com

Os fabricantes utilizam uma película de revestimento na parte superior da mesa como forma de promover o isolamento da pressão de vácuo criada pelos furos e a superfície da peça, ou em outros casos são utilizadas gaxetas. Outras características importantes da mesa de vácuo são de garantir menores deformações quando submetida à pressão de vácuo assim como cargas externas sobre o objeto fixado, menor peso e estabilidade da pressão de vácuo no sistema.

Na próxima seção, será apresentado o desenvolvimento e simulação do projeto de uma mesa de vácuo submetida à pressão de vácuo, na qual serão apresentadas as deformações e tensões desenvolvidas.

4. DESENVOLVIMENTO E SIMULAÇÃO DO PROJETO DE UMA MESA DE VÁCUO

Como citado na seção 3.5 deste trabalho, uma mesa de vácuo é formada pela própria câmara de vácuo na qual possui orifícios em sua parte superior de forma a evacuar o ar residente entre a câmara de vácuo e algum objeto a ser fixado.

Foi desenvolvida uma simulação de projeto de uma mesa de vácuo no sentido de verificar como os esforços atuam na mesa quando submetida à pressão de vácuo, como forma de avaliar a utilização de materiais como aço e alumínio. Este trabalho apresenta o caso mais simples de condição de geometria e esforços, onde apenas a pressão atmosférica atua na mesa. No entanto, outros estudos estão sendo realizados nesta pesquisa considerando condições de esforços combinados e geometria de mesa mais complexa, no intuito de determinar a melhor combinação de resistência e peso. Foi utilizado como ambiente de desenvolvimento do projeto da mesa e simulação dos esforços o pacote NX 5.0 e NASTRAN.

A Figura (8) apresenta a mesa de vácuo com dimensões de placa superior e inferior de 100 x 100 mm e espessura de paredes de 5 mm com placas laterais de 100 x 10 mm formando um retângulo vazado. A geometria bem definida da placa superior tem um propósito específico de garantir o exemplo de fixação de uma chapa nas mesmas dimensões da placa superior. A placa superior possui um rasgo de 3,175 x 3,175 mm com a função de acomodar uma gaxeta para promover o isolamento da pressão externa com a pressão de vácuo criada entre a chapa e a placa superior da mesa, funcionando semelhantemente a uma ventosa. O rebaixo que contém os quatro furos de 6,35 mm de diâmetro tem a função de garantir uma maior área de contato de vácuo entre a chapa e a placa superior. Com isso, quanto maior a área de contato para uma mesma pressão de vácuo, maior será a força aplicada pela atmosfera na chapa a ser fixada. Portanto, considerando o perímetro delimitado pelo rebaixo, foi obtida uma área de contato de vácuo de 4356 mm² e admitindo uma pressão de vácuo de 100 kPa, obtivemos uma força de fixação de 435,6 N conforme a Eq. (1). Logo, é necessária uma força axial maior que esta para remover a chapa da mesa de vácuo. Considerando que a mesa de vácuo sustente esta chapa da forma análoga as ventosas, a massa da chapa não poderia ultrapassar aproximadamente 44,5 kg.

$$F = p.A \quad (1)$$

onde: F = Força (N)
 p = Pressão (Pa)
 A = Área de contato de vácuo (m²)

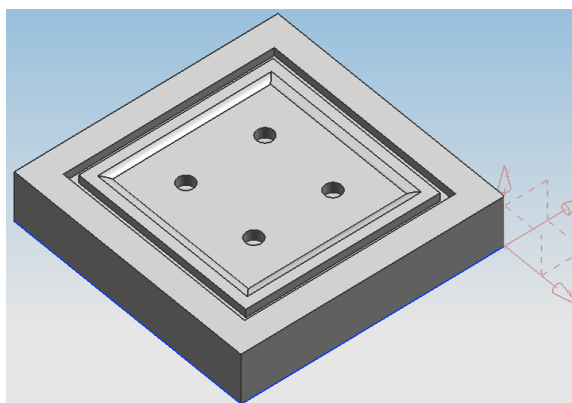


Figura 8. Mesa de vácuo

A Figura (9) apresenta respectivamente os resultados de simulação de deformação e tensão para aço AISI 1006 com condições de contorno de pressão de vácuo de 100 kPa atuantes somente na mesa de vácuo com as suas arestas engastadas. Foram obtidos valores máximos de deformação de 9,36 μm para o centro da placa superior e tensão de 15,8 MPa para as bordas dos furos.

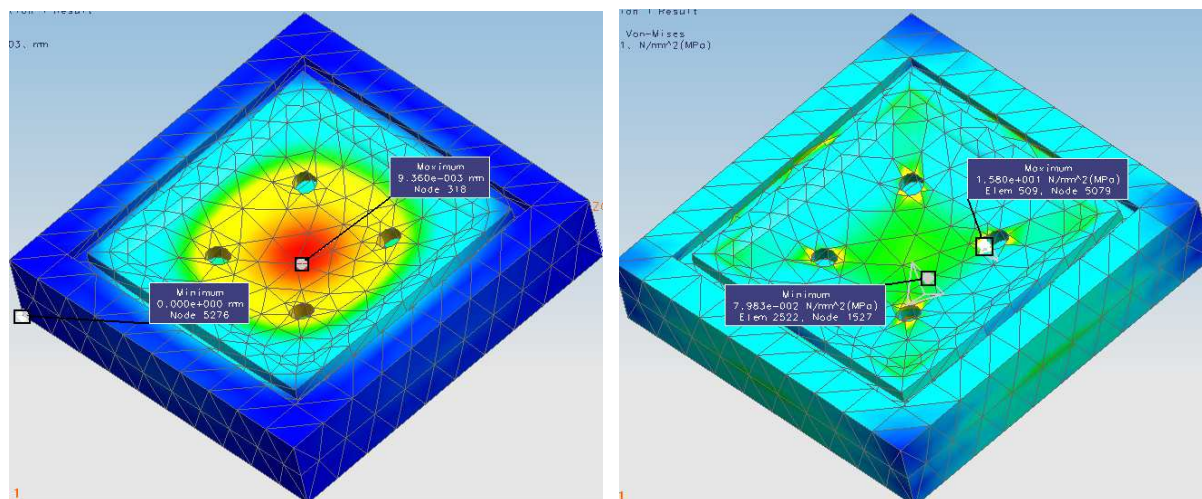


Figura 9. Deformação e tensão para mesa de vácuo de aço AISI 1006

A Figura (10) apresenta respectivamente os resultados de simulação de deformação e tensão para alumínio 2014 com condições submetidas as mesmas condições de contorno anteriores. Foram obtidos valores máximos de deformação de 25,77 μm para o centro da placa superior e tensão de 16,09 MPa para as bordas dos furos.

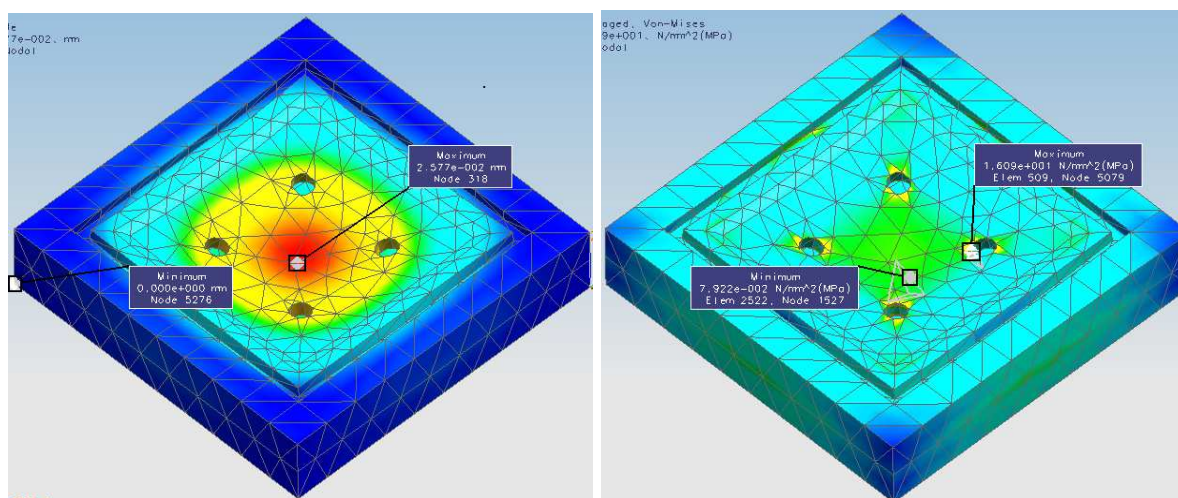


Figura 10. Deformação e tensão para mesa de vácuo de alumínio 2014

Os resultados mostraram que as deformações e tensões concentraram-se em pontos já esperados e que o alumínio sofreu mais esforços, com isso, ressaltando a eficiência do pacote computacional utilizado. Foi constatado também que, os limites de resistência ao escoamento do aço AISI 1006 e alumínio 2014 estão bem acima do que foi verificado na simulação, uma vez que estes limites são de 170 MPa e 262 MPa para o aço e alumínio respectivamente. Portanto, este pacote será de grande importância para outros estudos desta pesquisa, uma vez que se pode desenvolver e simular diferentes geometrias, configurações de esforços e materiais com mais facilidade em comparação a modelos analíticos.

5. CONCLUSÕES

O presente trabalho mostrou os fundamentos e o estado da arte da tecnologia do vácuo aplicada na engenharia mecânica nos mais variados seguimentos, evidenciando a sua importância para a otimização e viabilidade de processos que eram prejudicados pela atmosfera padrão. A tecnologia do vácuo contribui significativamente para a rapidez e mobilidade de fixação de peças, acabamento superficial e a não contaminação de processos de fabricação e medição.

Neste trabalho foi aplicada a tecnologia do vácuo no projeto e desenvolvimento de uma mesa para fixação de peças a serem usinadas em máquinas-ferramenta. Neste estágio da pesquisa foram analisadas as deformações e tensões a que está submetida à mesa considerando dois materiais, aço e alumínio. Os resultados mostraram que tanto as deformações quanto as tensões, para ambos os casos, estão dentro dos limites aceitáveis. Estes resultados motivam a busca da melhor relação entre peso, volume, deformação, geometrias interna e externa, capacidade de fixação e resistência da mesa. Para isso serão consideradas diferentes geometrias da mesa objetivando aplicação deste sistema na fixação de dispositivos e peças miniaturizadas em processos de fabricação e medição.

6. REFERÊNCIAS

- Chambers, A.; Fitch, R.K.; Halliday, B.S., 1998, "Basic Vacuum Technology", 2 .ed, Ed. IOP, Philadelphia, United States, 189 p.
- Degasperi, F.T., 2002, "Modelagem e Análise Detalhadas de Sistema de Vácuo", Msc. dissertação, UNICAMP, São Paulo.
- Fladischer, K. et al., 2007, "An Optical Profilometer for Characterizing Complex Surfaces Under High Vacuum Conditions", Precision Engineering, Vol. 32, pp. 185-191.
- Moraes, M.F.V., 2004, "Produção e Caracterização da Blenda Polimérica Biodegradável Poli(hidroxibutirato)[PHB] / Copoliéster Alifático Aromático [Ecoflex] para Aplicações em Embalagens", Msc. dissertação, Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais.
- Moutinho, A.M.C; Silva, M.E.S.F.; Cunha, M.A.C.M.I., 1980, "Tecnologia do Vácuo", Ed. Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, Portugal, 216 p.
- Netto, A.C.S. et al., 2003, "Prototipagem Rápida: uma ferramenta de projeto para a redução do tempo de desenvolvimento e melhoria de qualidade de produtos", IV Congresso Brasileiro de Gestão e Desenvolvimento de produtos, Gramado, Brasil.
- O'Hanlon, J.F., 2003, "A User's Guide to Vacuum Technology", 3 .ed, Ed. Wiley-Interscience, 516 p.
- Olmos, C.M., 2008, "Micro/Nano Fabrication of Polymer-Based Devices", Ph.D. thesis, Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona.
- Ryans, J.L.; Roper, D.L., 1986, "Process Vacuum System Design and Operation", Ed. MacGraw-Hill, United States, 354 p.
- Sawabe, M. et al., 2003, "A New Vacuum Interferometric Comparator for Calibrating the Fine Linear Encoders and Scales", Precision Engineering, Vol. 28, pp. 320-328.
- Silva, G.C., 2008, "Prototipagem Rápida e Ferramental Rápido Aplicados às Peças Utilizadas em Ensaios Estáticos de Embalagens para Acondicionamento e Transporte de Peças Automotivas", Msc. dissertação, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Taminger, K.M.B. and Hafley, R.A., 2003, "Electron Beam Freeform Fabrication: A Rapid Metal Deposition Process", Proceedings of the 3rd Annual Automotive Composites Conference, Society of Plastics Engineers.

7. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluídos no seu trabalho.



COMPROMETIDA COM A PROMOÇÃO DO DESENVOLVIMENTO
DA ENGENHARIA E DAS CIÊNCIAS MECÂNICAS

VI CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA
VI NATIONAL CONGRESS OF MECHANICAL ENGINEERING
18 a 21 de agosto de 2010 – Campina Grande – Paraíba - Brasil
August 18 – 21, 2010 – Campina Grande – Paraíba – Brazil

APPLICATIONS OF VACUUM TECHNOLOGY IN MECHANICAL ENGINEERING

Jadilson Alves de Paiva, jadilson@ct.ufpb.br¹
João Bosco de Aquino Silva, jbosco@ct.ufpb.br²
José Carlos de Lima Júnior, limajrcarlos@hotmail.com³

^{1, 2 e 3:} Universidade Federal da Paraíba-CT-UFPB-Campus I, CEP:58059-900 – João Pessoa.

Abstract. *The demand for products that add sophisticated technologies each time more it has changed the design and manufacturing processes in the last decades. Amongst other requirements it can be detached the atmosphere control of manufacturing and measurement processes. Problems of solid particle control in suspension, oxidation, molecular formation of molecular layers on a surface, shocks, active gases, rapidity in clamping of work pieces and amongst several other problems can be more easy to work under a controlled atmosphere. The vacuum technology is a reality in diverse mechanical engineering areas, in which we detach the manufacturing systems on controlled atmosphere and clamping systems of work pieces. In the automotive industry, for example, the vacuum technology guarantees, through the use of devices of suction, the clamping of parts, thus preventing the fixing with screws and cramps. The controlled atmosphere provides effect of high accuracy in measurement used by precision engineering systems. It contributes, also, in the efficiency of many other applications that can suffer to influences from the atmosphere standard. The objective of this paper is to present the vacuum technology background, as well as, some of its applications and importance, particularly in the mechanical engineering area. Also, it is presented the design and development of a table for clamping, by using vacuum technology, work pieces to be cutting in machine tools.*

Keywords: *Vacuum Technology, Vacuum Applications, Vacuum Clamping Systems.*