

CORTE DE VIDRO COM JATO DE ÁGUA ABRASIVO

W. T. HENNIES¹; J. A. STELLIN¹; C. T. LAUAND¹; G. R. MARTÍN CORTÉS²; V. H. LAUAND¹; F. R. VALENZUELA-DIAZ².

¹PMI-EPUSP – Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

²LMPSol – PMT – EPUSP - Laboratório de Matérias Primas Particuladas e Sólidos Não-Metálicos do PMT-EPUSP – Departamento de Engenharia Metalúrgica e Materiais – Escola Politécnica – Universidade de São Paulo germac@usp.br

RESUMO

O vidro em geral é um material extremamente rígido e frágil, qualquer tentativa de esforço de torção levará a sua quebra. Descobriu-se, no entanto que quando um vidro é cortado num módulo de jato abrasivo em forma de espiral o mesmo se transforma em uma mola bastante flexível. Das experiências realizadas quanto menor for a espessura da chapa de vidro tanto mais flexível é a mola resultante. Uma questão que pode ser colocada é a seguinte: Outros materiais rígidos se comportariam da mesma maneira? Estes aspectos sobre a pesquisa do comportamento de matérias de engenharia surgem após uma década de estudos do Grupo de Pesquisa em Jato de água abrasivo da Universidade de São Paulo.

Palavras chave: corte de vidro, jato de água abrasivo, manufatura de materiais.

INTRODUÇÃO

O grupo de pesquisa em jato abrasivo da Universidade de São Paulo já havia se preocupado com o estudo do comportamento de materiais friáveis como rochas, vidros e cerâmicas, onde a pesquisadora Lauand, se preocupou em descrevê-los apresentando e discutindo estes resultados em três eventos internacionais, na Polônia em Gdansk (2006) [1], Inglaterra em Nottingham (2008) [2] e China em Beijing (2008) [3]. Contudo o interesse foi estudar o comportamento a gravação e não ao corte.

Neste trabalho o objetivo principal é discutir o comportamento do material vidro com seu corte por jatos abrasivos.

PRINCÍPIOS ELEMENTARES DO CORTE COM JATO DE ÁGUA

A técnica de corte por jato de água de ultra-alta pressão é útil no corte de peças de diversas formas em materiais: metálicos, friáveis, compósitos e outros. O corte a frio permite efetuar cortes rápidos e precisos.

Para o trabalho foi utilizado o Módulo de Jato de água de ultra-alta pressão do PMI-EPUSP Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. O módulo referido é um Complexo de Jato de Água ou Waterjet-Centre com Sistema OMAX, Modelo 2652-A controlado por computador, com bomba tríplice de 55 HP, pressão de trabalho de 450 MPa, com mesa XY de 0,66 x 1,3 m, e bocal de 0,725 mm de diâmetro. Neste sistema a velocidade de translação da ferramenta de corte vai de 0,01 mm/min até 10.000 mm/min. A distância entre o bocal e o material a cortar (tecnicamente conhecida como S.O. - stand-off) pode ser variada, mas por regra geral se utiliza aproximadamente 1,0 mm.

O jato de água pode ser: de água puro, água + ar e, de água + ar + abrasivo. O tipo do abrasivo a ser aplicado pode ser areia de quartzo, mineral de granada o sucata de metal de cobre. O mais utilizado é o mineral de granada com distribuição granulométrica 80 malhas ou 120 malhas. A maior finura do abrasivo contribui aa maior qualidade do corte.

A ação deste jato produz uma ranhura de comprimento segundo programado e de largura menor de 1 mm no material cortado. Considerando o material a cortar, é introduzido o número de maquinabilidade no Programa da OMAX e o sistema determina a velocidade de corte para 5 qualidades automáticas diferentes, sendo a melhor a de número 5. Quanto maior qualidade menor a velocidade de corte e, portanto maior tempo para produzir uma peça. No entanto, o sistema oferece a possibilidade de selecionar manualmente a velocidade de translação através da opção etch a qual aproveita os servomotores com 0,001 mm de precisão situados nos eixos X-Y do sistema. Como o corte é a frio não são produzidas alterações das propriedades do material alvo minimizando as possíveis alterações químicas e praticamente eliminando a necessidade de acabamento ulterior da peça. A velocidade do jato é tal, que o corte é efetuado praticamente sem introdução de tensões no material alvo (Hennies et al., 2000).

1. PARÂMETROS DO CORTE COM JATO DE ÁGUA

Os parâmetros incorporados ao computador do sistema de controle do waterjet centre foram:

1. Material: vidro comum para janelas
2. Número de Maquinabilidade: 326,9
3. Espessura de corte: 3,0 mm (Espessura da chapa de vidro)
4. Qualidade selecionada: 3

5. S.O. (stand-Off): 1,0 mm
6. Longitude total de corte: 7.303,92 mm
7. Velocidade de translação máxima: 1209,30 mm/min.
8. Velocidade de translação ideal: 1152,90 mm/min.
9. Velocidade de translação real: 1147,64 mm/min.
10. Tempo total de corte: 6,554 minutos
11. Foi aplicado jato com adição do abrasivo (mineral de granada 80 malhas)

2. EXPERIÊNCIAS DE CORTE DE OUTRAS SUBSTÂNCIAS

Outras substâncias foram cortadas com antecedência. Assim, polímeros, rochas ornamentais, metais e solos foram submetidos à técnica de corte por jato de água de ultra-alta pressão.

No caso dos polímeros foi muito bem sucedida a conformação de corpos de prova para ensaios mecânicos de caracterização em substituição do método de injeção para aqueles casos quando poucas centenas de corpos seriam submetidos a testes de qualidade. Apenas para citar alguns destes trabalhos em 2002 foram cortados os primeiros corpos de prova em materiais poliméricos e os resultados concluíram que foi demonstrada a viabilidade do corte de peças em materiais poliméricos utilizando jato de água de ultra-alta pressão, sendo os melhores resultados aqueles onde foi aplicada a maior velocidade de corte (qualidade 1), obtendo-se velocidades de corte de 12 a 30 vezes maiores que as obtidas com serra elétrica, e, 30 a 70 vezes aquelas com corte manual além de que o corte com jato de água abrasivo de ultra-alta pressão deixa a peça pronta para o ensaio de tração, sem necessidade de qualquer operação de acabamento adicional.

Mas nesses trabalhos também se comprovou que o corte de materiais poliméricos frágeis como o PMMA não podia ser efetuado apenas com água pois os corpos de prova mostravam fraturas conchoides nas bordas. (MARTÍN-CORTÉS et al, 2002a; MARTÍN-CORTÉS et al, 2002b).

Ainda noutros trabalhos de pesquisa foi demonstrada a utilidade da técnica de corte com jato de água de ultra-alta pressão para a conformação de corpos de prova em materiais poliméricos em peças injetadas já usadas para conferir o desgaste ou a degradação dos materiais poliméricos envolvidos. (MARTÍN-CORTÉS et al, 2008; MARTÍN-CORTÉS et al, 2007a; MARTÍN-CORTÉS et al, 2007b e outros)

Já no caso do corte de rochas ornamentais no equipamento citado foram efetuados trabalhos para o corte de mármore e granitos brasileiros nos quais para poder obter superfícies de corte lisas foi necessário utilizar a opção de qualidade de corte etch com seleção manual de velocidade. Para granitos a velocidade selecionada foi 44,0 mm/min enquanto que para os mármore de Campos de Jordão a velocidade de corte foi de 79 mm/min. (MARTÍN-CORTÉS et al, 2007).

Considerando esses e outros trabalhos precedentes, realizados pelos integrantes do GPJA – Grupo de pesquisa em Jato de água abrasivo do PMI-EPUSP – Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo se observa que a velocidade de trabalho com o vidro foi superior e o por tanto o tempo de obtenção da espiral foi menor o que implica menores custos.

3. ASPECTOS GERAIS DO VIDRO

O **vidro** é uma substância inorgânica, homogênea e amorfa, obtida com o resfriamento de uma massa líquida à base de sílica.

Em sua forma pura, o **vidro** é um óxido metálico superesfriado. O produto é transparente, de elevada dureza essencialmente inerte e biologicamente inativo, que pode ser fabricado com superfícies muito lisas e impermeáveis.

Estas propriedades desejáveis conduzem a um grande número de aplicações: podendo-se citar entre outras as seguintes: vidros planos de janelas, garrafas e recipientes de vidro, tubulações e bulbos de lâmpadas, fibras de vidro, vidros laminados de pára-brisas, vidros resistentes ao calor, utensílios domésticos de vidro, vidros decorativos, recipientes e jarras de vácuo onde cada qual dos itens referidos possuem processos específicos de produção. Além disso, existem ainda vidros especiais como entre outros muitos podemos citar vidros condutores de eletricidade, fibras óticas, etc.

Certos autores consideram o vidro um sólido amorfo, ou seja, sem estrutura cristalina, porém, o vidro apresenta características de um líquido em sua ordenação atômica, mesmo em temperatura ambiente, ou seja, quando tem a aparência de sólido, por se tratar de uma substância de alta viscosidade (1040 Pas a 20 °C). O vidro comum se obtém por fusão em torno de 1.250 °C de óxido de silício, (SiO_2), carbonato de sódio (Na_2CO_3) e carbonato de cálcio (CaCO_3). Sua manipulação só é possível enquanto fundido, quente e maleável.

No entanto, o vidro após perder as altas temperaturas e atingir as existentes no entorno se torna frágil, quebra-se com facilidade. Será que podemos tornar esta substância flexível?

4. PARADIGMA: VIDRO RÍGIDO OU FLEXÍVEL?

O paradigma, ou a questão é o vidro um material rígido ou flexível é o motivo principal deste artigo.

O vidro plano comum de janelas com cerca de 2 mm de espessura é constituído de laminas que são frágeis e quebradiças. Qualquer tentativa de as deformar leva ao seu rompimento. Estiletes de diamante são usados para os riscar e cortar as dimensões nas estruturas metálicas onde devem ser instaladas como portas ou janelas.

Descobriu-se, no entanto, que este vidro plano, quando cortado num módulo de jato abrasivo em forma de espiral o mesmo se transforma em uma mola bastante flexível.

Das experiências realizadas quanto menor for a espessura da chapa de vidro tanto mais flexível é a mola resultante.

Na Figura 1 mostra-se uma espiral conformada por jato de água de ultra-alta pressão deste vidro plano comum de janela repousado sobre uma mesa plana.



Figura 1 Espiral cortada com jato de água de ultra-alta pressão em lâmina de vidro de 10 mm de espessura

Já na Figura 2 é apresentada a mesma espiral porém com comportamento de mola flexível deformado pela colocação de um objeto sob a espira de vidro.



Figura 2. Vidro material rígido ou flexível?

5. CONCLUSÃO E QUESTÃO ADICIONAL

Deixa-se ao leitor a decisão de concluir se o vidro é um líquido super resfriado com comportamento de sólido flexível ou rígido.

Uma nova questão que pode ser colocada é a seguinte: Existem outros materiais rígidos que após convenientemente cortados apresentam comportamento flexível similar?

Estes aspectos sobre a pesquisa do comportamento de matérias de engenharia surgem após uma década de estudos do Grupo de Pesquisa em Jato d'água abrasivo da Universidade de São Paulo.

REFERÊNCIAS:

HENNIES, W. T.; LAUAND, C. T., MARTÍN CORTÉS, G. R. AYRES DA SILVA, L. A. & CICCU, R. The Brazilian Program of high pressure water jet to cut ornamental rocks In: International Conference on environmental issues and management of waste in energy and mineral production 6th. Calgary, SWEMP 2000 Balkema, Rotterdam p. 711-716.

HENNIES, Wildor Theodoro; STELLIN JUNIOR; Antonio; LAUAND, Carlos Tadeu; MARTÍN CORTÉS, Guillermo Ruperto; LAUAND, Valena Hennies; O Grupo de Pesquisa em Jato Abrasivo – GPJA 2010 em publicação

LAUAND, Valena Hennies; STELLIN JUNIOR, Antonio; HENNIES, Wildor Theodoro. Glass milling with abrasive water jetting. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON WATER JETTING, 18TH, 2006, Gdansk. Water jetting: papers presented.. Cranfield, Inglaterra: BHR Group., 2006. p. 275-282.

LAUAND, Valena Hennies; HENNIES, Wildor Theodoro; STELLIN Junior, Antônio. Glass and marble (Cachoeiro de Itapemirim) milling with abrasive water jetting. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON WATER JETTING 19., 2008: Nottingham, UK. Presented papers. Cranfield: BHR Group, 2008. p. 121-139. - TRABALHO DE EVENTO

LAUAND, Valena Hennies; STELLIN Junior, Antonio; SOARES, Lindolfo; HENNIES, Wildor Theodoro. Brazilian marble Cachoeiro do Itapemirim and glass milling with waterjet. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON MINE PLANNING AND EQUIPMENT SELECTION, 17., 2008: Beijing, China. Mine planning and equipment selection: proceedings. Beijing: China Metallurgical Mining Corporation, 2008 p. 648-660.

MARTÍN-CORTÉS, G. R., Carvalho A.L., ESPER, F. J., HENNIES, Wildor Theodoro, WIEBECK, H., VALENZUELA-DIAZ, F. R., Silva M. A. CONFORMAÇÃO POR AWJ DE CORPOS-DE-PROVA EM PEÇAS PRODUZIDAS COM PA-6 PARA TESTES DE QUALIDADE In: Plast Show Feira e Congresso 2008, 2008, São Paulo. Plast Show Feira e Congresso 2008. São Paulo: Plast Show Feira e Congresso 2008, 2008. v.CD-ROM.

MARTÍN-CORTÉS, G. R., Carvalho A.L., ANADÃO, P., ESPER, F. J., WIEBECK, H., HENNIES, Wildor Theodoro, VALENZUELA-DIAZ, F. R. PMMA – CAST TEST BODIES CONFORMATION WITH AWJ In: The Polymer Processing Society 23rd Annual Meeting, 2007, Salvador. The Polymer Processing Society 23rd Annual Meeting. Akron, Ohio: The Polymer Processing Society, 2007a. v.CD_ROM.

MARTÍN-CORTÉS, G. R., Carvalho A.L., ANADÃO, P., WIEBECK, H., HENNIES, Wildor Theodoro, ESPER, F. J., VALENZUELA-DIAZ, F. R. USO DE EQUIPAMENTOS CNC PARA CONFORMAÇÃO DE PEÇAS DE PMMA - CAST. In: 9no.Congresso Brasileiro de Polímeros – CBC, 2007, Campina Grande. 9no.Congresso Brasileiro de Polímeros – CBC. São Carlos: Sociedade Brasileira de Polímeros, 2007b. v.CD-ROM.

MARTÍN-CORTÉS, G. R., ANADÃO, P., LIMA, V. A. C., WIEBECK, H., DÍAZ, F. R. V., HENNIES, Wildor Theodoro, LAUAND, Carlos Tadeu. Corte de corpos de prova de materiais poliméricos com jato d'água de ultra-alta pressão In: VIII Simposio Latinoamericano de Polímeros, VI Congreso Iberoamericano de Polímeros, 2002, Acapulco. Libro de Resúmenes: Sociedad Polimérica de México A.C.. México DF.: Sociedad Polimérica de México A.C, 2002a. p.546 – 547

MARTÍN-CORTÉS, G. R., ANADÃO, P., LIMA, V. A. C., WIEBECK, H., DÍAZ, F. R. V., HENNIES, Wildor Theodoro, LAUAND, Carlos Tadeu. Corte de corpos de prova em materiais poliméricos do tipo ABS, PMMA, PSAl, e GPPS In: XV Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, 2002b, Natal. CIBECIMAT - 2002 1 CD-Rom (Resumo). São Paulo: CIBECIMAT, 2002

MARTÍN-CORTÉS, G. R., HENNIES, Wildor Theodoro, LAUAND, Carlos Tadeus, VALENZUELA-DIAZ, F. R. Dimension Stone Cutting with AWJ Methods. Materials Science Forum. v.498, p.482 - 487, 2005.

CUTTING GLASS WITH ABRASIVE WATER JET

ABSTRACT

Glass as is, is an extremely rigid and fragile material, any attempt of torsion effort will take its break. However, it was discovered that, when a glass is cut by a module of abrasive jet in the spiral form the same becomes a quite flexible spring. Of the performed experiences there are results that say: how much lesser goes the foil of glass in such a way much flexible is the resultant spring. A subject that can be placed is the following: Would other rigid materials behave in the same way? These aspects on the research of the behavior of engineering materials appear after a decade of studies of the Group of Research in abrasive Water Jet of the University of São Paulo.

Key words: cutting of glass, abrasive water jet, manufacture of materials.