

EVOLUÇÃO DA TOPOGRAFIA DE SUPERFÍCIE DE VIDRO SODO-CÁLCICO USINADOS POR ABRASÃO ULTRASONORA

Jorge Francisco Costa Brasil – costabrasil@mec.ufu.br

Leandro Jacomine – jacomine@mecanica.ufu.br

Alberto Arnaldo Raslan – ltm-raslan@ufu.br

Universidade Federal de Uberlândia – Faculdade de Engenharia Mecânica – Av. João Naves de Avila, 2160- Campus Santa Monica- Bloco 1M- Uberlândia- MG- 38408-902.

Resumo. *O acabamento superficial é um dos parâmetros importantes no desenvolvimento de componentes eletromecânicos confeccionados a partir de cristais piezoelétricos tais como ressonadores, sensores, transdutores, etc. Estes materiais são conformados, na maioria das vezes por processos não convencionais de usinagem, como a usinagem por abrasão ultrasonora. A evolução da topografia de superfície durante o processo de usinagem por abrasão ultrasonora é um assunto ainda não elucidado. Tentando contribuir neste aspecto, este trabalho tem por objetivo avaliar a evolução da topografia de superfície de vidro sodo-cálcico usinados por abrasão ultrasonora. Para tanto, utilizou-se amostras de vidro sodo-cálcico, com a superfície polida. As usinagens com os abrasivos carbeto de silício e carbeto de boro, com granulometria 600 mesh, carga estática sobre o sonotrodo de 25 N, frequência de vibração de 20 KHz, amplitude de vibração 45 μm (pico a pico) e mistura abrasiva na proporção de 2,5 de água para 1,0 de abrasivo. A topografia de superfície foi avaliada através de interferometria laser e microscopia eletrônica de varredura. Os resultados obtidos mostram as modificações superficiais ocorridas durante a abrasão ultrasonora do vidro evidenciando o período de incubação das microtrincas e o regime permanente de desgaste.*

Palavras-Chave: topografia, ultrasom, vidro, usinagem.

1. INTRODUÇÃO

A técnica de usinagem por abrasão ultrasonora, desenvolvida inicialmente por Wood e Loomis (1927) é especialmente adequada ao processamento mecânico de materiais duros e frágeis (Sheppard, 1987), em que não se aplicam os processos tradicionais de usinagem. Em relação aos outros processos não tradicionais de usinagem (Snoeys, 1986), a vantagem principal é a preservação da integridade superficial do material usinado.

O princípio do processo de usinagem por ultrassom baseia-se na transformação de um sinal elétrico em vibrações mecânicas de mesma frequência. Este sinal elétrico deve ser de alta frequência, situado na faixa dos 20.000Hz. O equipamento utilizado possui uma potência de 1790W e uma frequência de 20 KHz, sendo que as diferenças para outros aparelhos similares são o controle pneumático de aplicação de carga, o controle eletrônico da amplitude e do sistema de reciclagem do jato abrasivo e o monitoramento do tempo de usinagem.

As vibrações produzidas pelo transdutor têm sua amplitude amplificada por amplificador mecânico e transmitida à ferramenta através do sonotrodo. Devido às altas frequências de trabalho, o sonotrodo deve possuir alta resistência à fadiga. O material de maior utilização atualmente tem sido o titânio. Os sonotrodos podem ter três geometrias: exponencial, cônico e cilíndrico. As ferramentas são fabricadas na forma negativa em relação à do furo ou cavidade que se deseja na amostra. As ferramentas, assim como os sonotrodos, devem ser fabricadas com materiais de alta resistência à fadiga. O material da ferramenta deve também possuir alta resistência ao desgaste para que efetue o corte sem que sofra grandes alterações dimensionais, para que se garanta o controle nas usinagens de alta precisão. Os materiais mais empregados para a construção destas ferramentas são aços prata, aços inoxidáveis austeníticos como os ABNT 304 e ABNT 316, cobre e latão. Outros materiais, como o aço carbono, foram testados. Mas apresentam um desgaste acentuado tornando não recomendável a sua utilização.

A amplitude de vibração depende do sinal fornecido ao transdutor e é da ordem de 45 a 100 μm pico a pico na direção axial, sendo que todo o conjunto avança em direção à amostra.

Na interface ferramenta/amostra, circula pó abrasivo diluído em um líquido. Além disso, o líquido tem função refrigerante. Admite-se a ocorrência de cavitação, mas sem exercer uma influência direta nos mecanismos de desgaste responsáveis pela usinagem.

O objetivo deste trabalho é verificar a evolução da topografia de superfície durante o processo de usinagem por abrasão ultrasonora tendo em vista que é um assunto ainda não elucidado. A topografia de superfície foi avaliada através de interferometria laser e microscopia eletrônica de varredura.

2. METODOLOGIA

Neste trabalho, foram usinadas amostras de vidro sodo-cálcico de diâmetro igual a 80 mm, em uma máquina marca Sonic Mill modelo HD Series Figura 01. Realizou-se retificação destas amostras em uma retífica de topo, com a utilização de um rebolo tipo copo diamantado. A rugosidade média (R_a) da superfície, após retificação, era de 0,5 μm . A ferramenta de usinagem foi confeccionada em aço inoxidável na forma de sextavado. Sua geometria pode ser vista na Figura 2.

Os ensaios foram conduzidos após a devida limpeza da ferramenta e amostra de vidro. Utilizou-se carga estática aplicada ao sonotrodo de 25 N, amplitude de vibração de 45 μm pico a pico, frequência de 20 KHz e carbeto de silício como abrasivo, diluído em água na proporção de 2,5/1. Tais parâmetros caracterizaram o regime de usinagem como sendo de acabamento. Foram selecionados 6 tempos de usinagem, os quais sejam, 5,0, 8,7, 15,1, 26,2, 45,5 e 60,0 segundos.



Figura (1). Equipamento usado nos ensaios de usinagem por abrasão ultrasonora.



Figura (2). Conjunto ferramenta de usinagem, sonotrodo e arruela

Após a realização dos ensaios de usinagem e da limpeza dos corpos de prova em acetona e ultrassom por 15 min, foram realizadas análises de topografia de superfície através de microscopia eletrônica de varredura e interferometria laser.

Nas análises de interferometria laser tridimensional, foi utilizada densidade de pontos na direção x igual a 1000 pontos por milímetro e na direção y igual a 100 pontos por mm. Com as imagens de topografia obtidas, calculou-se parâmetros de superfícies tais como: rugosidade média (R_a), rugosidade média quadrática (R_q), achatamento (R_{ku}) e simetria (R_{sk}).

3. RESULTADOS / DISCUSSÃO

Avaliando as topografias obtidas no MEV, para os seis intervalos de tempos testados, com ampliações de 200 e 1000 vezes, nota-se que nos instantes iniciais de usinagem Figura (03) o vidro é usinado severamente, tendo um acabamento superficial grosseiro em decorrência das grandes placas lascadas por fratura frágil.

Com o progresso da usinagem observa-se que em fotografias com pequeno aumento o regime torna-se uniforme, ou seja, há uma topografia aproximadamente igual Figuras (4) e (5).

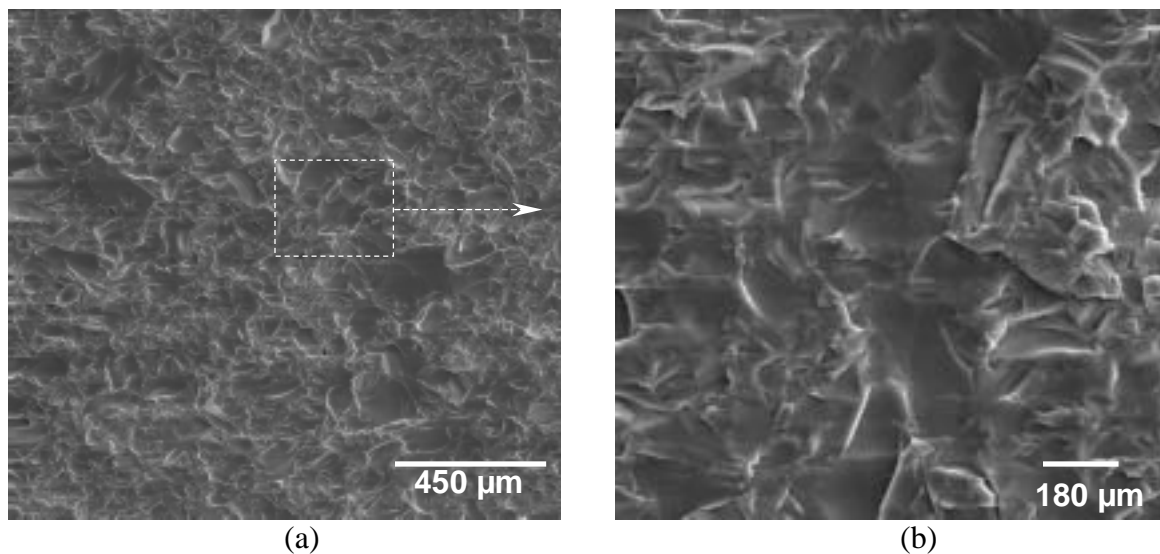
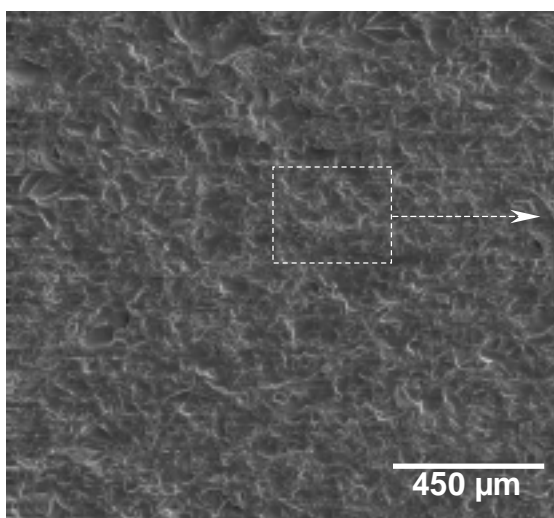
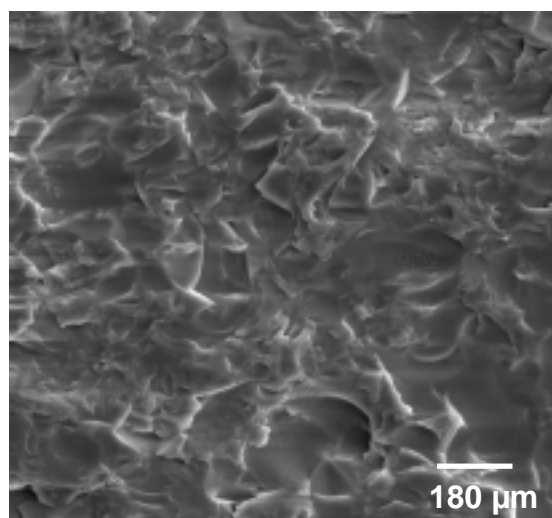


Figura (3). Superfície da amostra de vidro sodo-cálcico, usinada por USM por 5 s, MEV (a) visão geral e (b) detalhe de (a)

Avaliando as topografias obtidas com interferometria laser, observa-se que nos instantes iniciais de usinagem, a rugosidade média quadrática diminui (ver Figura (6)) até cerca de 10 segundos. Após essa fase, a rugosidade aumenta tendendo a ficar constante com o decorrer da usinagem.

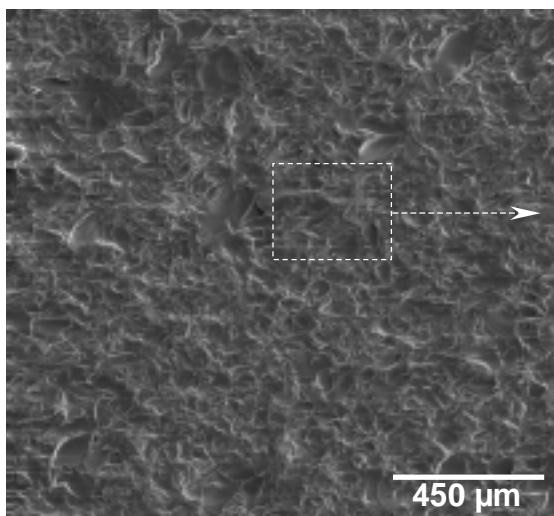


(c)

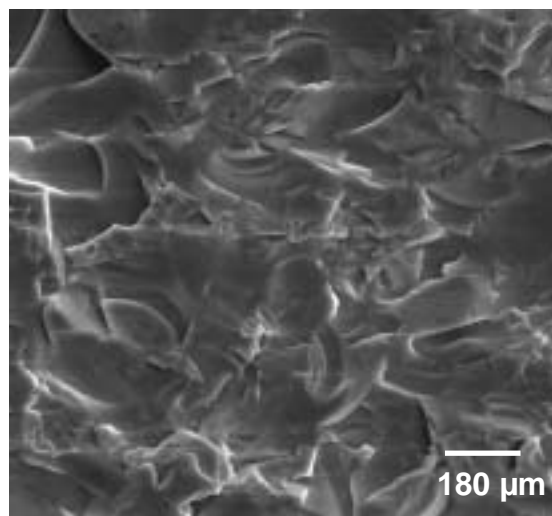


(d)

Figura (4). Superfície da amostra de vidro sodo-cálcico, usinada por USM por de 15,1 segundos, MEV (c) visão geral e (d) detalhe de (c)



(e)



(f)

Figura (5). Superfície da amostra de vidro sodo-cálcico, usinada por USM por 60 segundos, MEV (e) visão geral e (f) detalhe de (e).

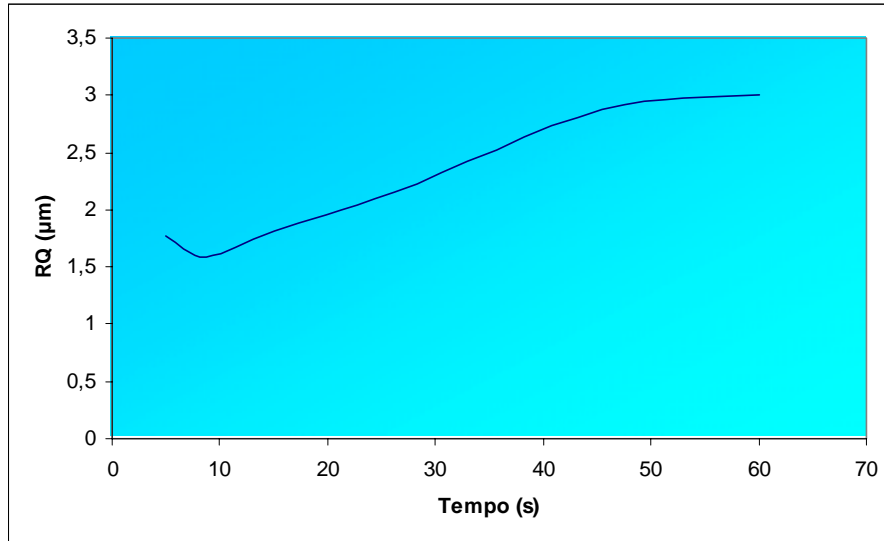


Figura (6). Rugosidade média quadrática em função do tempo de usinagem

Observa-se também que a função densidade de probabilidade do momento central de terceira ordem, usada para medir a assimetria de perfil sobre a linha média (Figura 7), há um aumento significativo de vales nos instantes iniciais de usinagem. Após essa fase há uma diminuição dos mesmos. Com o decorrer da usinagem esse valor tende a ficar constante, ou seja, número de picos aproximadamente igual ao número de vales ($S_K=0$). Quando o coeficiente de simetria tende a ficar positivo, verifica-se predominância de picos.

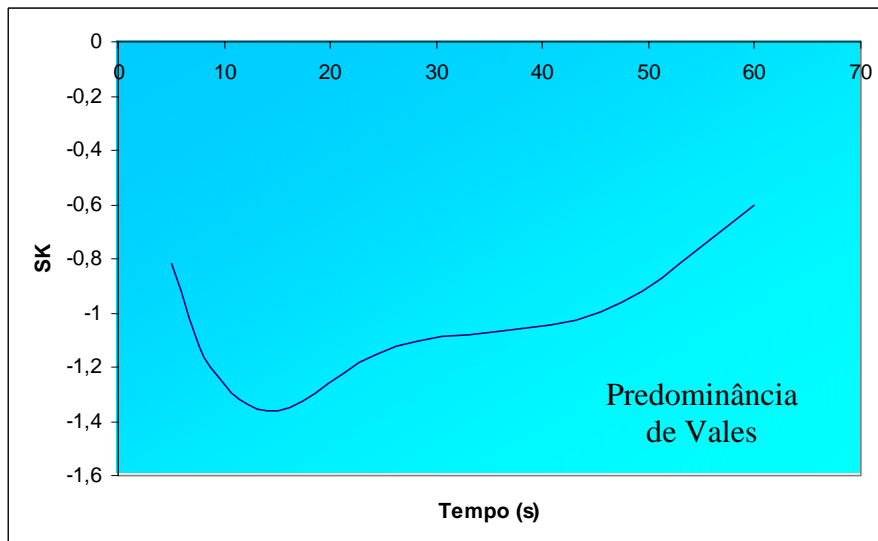


Figura (7). Coeficiente de simetria em função do tempo de usinagem

Comparando o aspecto topográfico das peças, observa-se que na peça que sofreu usinagem de 60 segundos tem um número maior de picos em comparação a peça que sofreu apenas 5 segundos de usinagem, evidenciando a veracidade do gráfico mostrado na Figura 7.

O aspecto topográfico das amostras de vidro sodo-cálcico, obtidos para amostras ensaiadas por 5; 15,1 e 60 segundos, por interferometria laser podem ser vistas nas Figuras 8, 9 e 10, respectivamente.

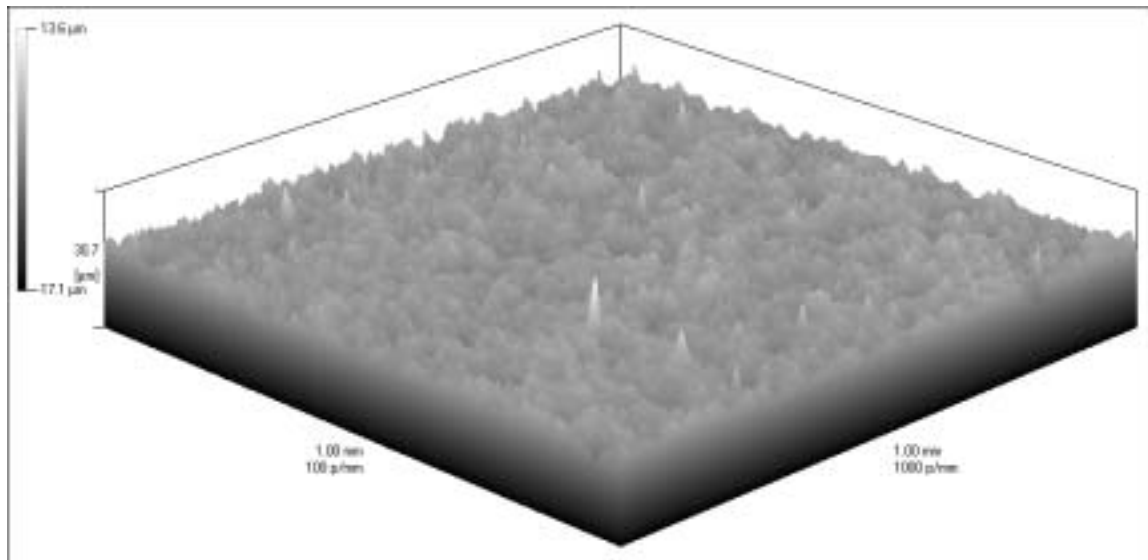


Figura (8). Aspecto topográfico da amostra de vidro sodo-cálcico, usinada por USM por 5 s, interferometria laser.

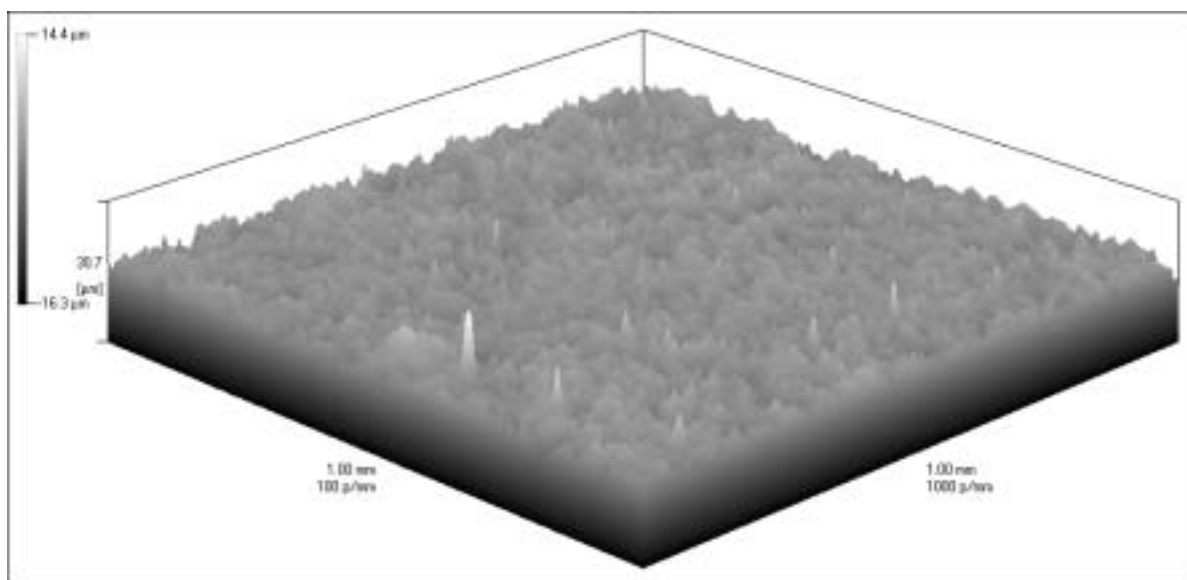


Figura (9). Aspecto topográfico da amostra de vidro sodo-cálcico, usinada por USM por 15,1 s, interferometria laser

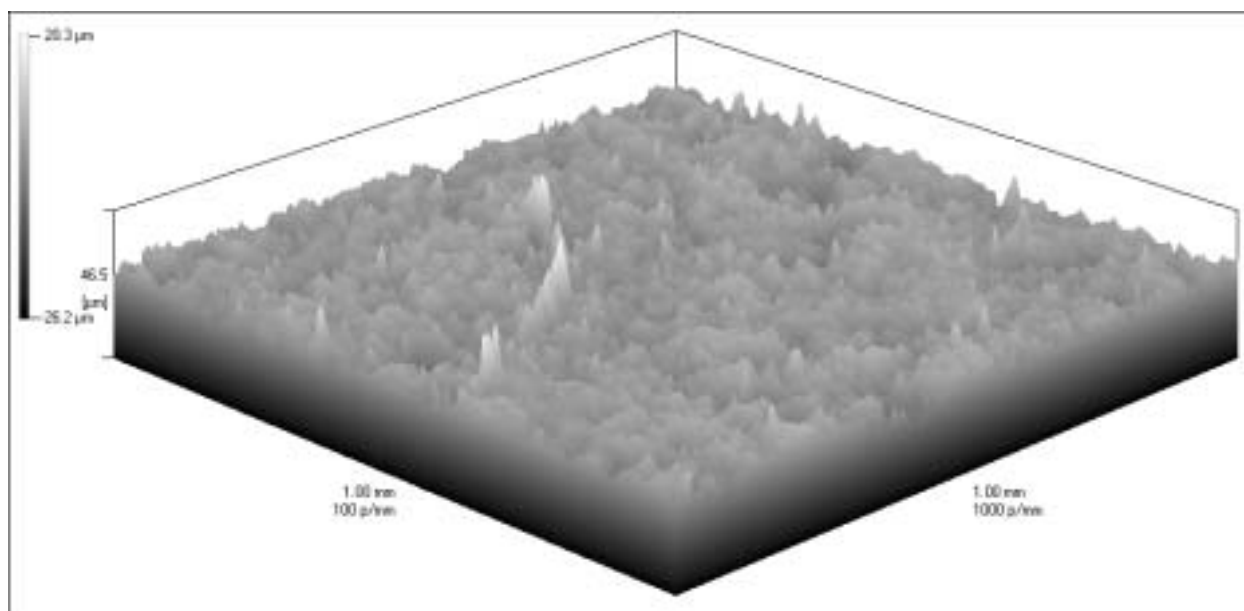


Figura (10). Aspecto topográfico da amostra de vidro sodo-cálcico, usinada por USM por de 60s, interferometria laser.

4. CONCLUSÕES

Nota-se que nos instantes iniciais de usinagem o vidro é usinado severamente, tendo um acabamento superficial grosseiro em decorrência das grandes placas lascadas por fratura frágil.

Nos instantes iniciais de usinagem a rugosidade superficial diminui. Com o decorrer da usinagem aumenta e depois de algum tempo permanece constante.

Nos instantes iniciais de usinagem ha um aumento na quantidade de vales. Após cerca de 15 segundos de usinagem os mesmos são reduzidos, numero de picos aumentados. Com o decorrer da usinagem, há um certo equilíbrio entre numero de picos e vales.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Luciano José Arantes, Flavio José da Siva, Thiago Silva Figueredo pela colaboração e aos programas CAPES, CNPq, CAPES/COFECUB, FAPEMIG pelas bolsas concedidas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

WOOD, R.W., LOOMIS, A. L. “The Physical and Biological Effects of High Frequency-Waves of Great Intensity”, Philosop. Mag., 4: 417 – 436, 1927.

SHEPPARD, L. H., “Machining of Advanced Ceramics”, Advanced Mat. And Process, 12: 40 – 48, 1987.

SNOEYS, R., “Advances in Non-traditional Machining”, ASME, 1 – 20, 1986.

SURFACE TOPOGRAPHY EVALUATION OF CALCIC GLASS MACHINED BY ULTRASONIC ABRASION

Jorge Francisco Costa Brasil – costabrasil@mec.ufu.br

Leandro Jacomine- jacomine@mecanica.ufu.br

Alberto Arnaldo Raslan – ltm-raslan@ufu.br

Federal University of Uberlândia – Faculty of Mechanical Engineering – Av. João Naves de
Avila, 2160- Campus Santa Monica- Bloco 1M- Uberlândia- MG- 38408-902.

Abstract. *The superficial finishing is one of the important questions in the development of electromechanical components confectioned from piezoelectric crystals such as resonators, sensors, transducers, etc. These materials are conformed, in the majority of the times for non-conventional machining processes, as the ultrasonic abrasion machining. The evolution of the surface topography during the machining process for ultrasonic abrasion is a subject that is still not elucidated. Trying to contribute in this aspect, this paper has as objective evaluates the evolution of the topography of calcic glass surface machined by ultrasonic abrasion. For in such a way, was used calcic glass samples, with polished surface. The machining used silicon carbide and boron carbide as abrasives, 600 mesh, static load on sonotrode of 25 N, vibration frequency of 20 kHz, vibration amplitude of 45 μm (peak to peak) and mixes abrasive in the ratio of 2,5 of water for 1 of abrasive. The surface topography was evaluated with laser interferometry and scanning electronic microscopy. The results show the superficial modifications occurred during the ultrasonic abrasion of the glass evidencing the incubation period of microcracks and the permanent regimen of wear.*

Keywords: *Topography, ultrasonic, glass, machining.*