



19 Congresso de Iniciação Científica

AVALIAÇÃO DA MEDIÇÃO POR COORDENADAS DE UMA SUPERFÍCIE LIVRE: PRINCIPAIS LIMITAÇÕES E DIFICULDADES

Autor(es)

CARLOS EDUARDO RIBEIRO RODRIGUES

Orientador(es)

ÁLVARO JOSÉ ABACKERLI

Apoio Financeiro

CNPQ

1. Introdução

As MMCs (Máquinas de Medir por Coordenadas) tem revolucionado a metrologia dimensional e tem se tornado uma parte fundamental dos sistemas de qualidade industrial, resultando em baixos custos de inspeção e aumento da produtividade (MIGUEL, 1996). A aplicação de medições em máquinas de medir por coordenadas e sistemas CAD/CAM na indústria cria uma grande possibilidade de integrá-las, exercendo uma vasta influência na simplificação e na redução do ciclo de projeto e manufatura do produto. Elas são amplamente utilizadas hoje em muitas companhias, onde frequentemente constituem uma parte integral de todo o chão de fábrica. A aplicação de tais máquinas não está restrita ao controle de qualidade, mas também para reconstruir objetos de superfícies complexas (WERNER, 2009). Uma máquina de medir por coordenadas é caracterizada pela representação física de um sistema de coordenadas cartesianos, em que a máquina realiza a modelagem de uma geometria substituta com base nos pontos coordenados (X,Y,Z) dispersos sobre a sua superfície, ajustados com a ajuda de um software adequado (ORREGO, 2000). Uma superfície livre pode ser definida em três classes. A classe um contém superfícies que possuem degraus, facetas, ou espaços, sendo os faróis um exemplo mais claro desta classe. As superfícies da classe dois têm como característica possuir padrões repetitivos, como no caso de superfícies abrasivas. Por fim a classe três não possuem nenhuma das estruturas anteriores, podendo ser chamadas de superfícies lisas, aplicada na fabricação de peças para automóveis e aeronaves e até na fabricação de pás de turbina (JIANG, 2007). Alguns erros presentes nas medições estão associados a diversos fatores como àqueles relacionados às variações de temperatura, às vibrações, aos algoritmos matemáticos e também erros derivados da influência das propriedades da peça, como rugosidade, de forma, e erros relacionados com a estratégia de medição (ORREGO, 2000). Estes dois últimos mais críticos em relação à medição da superfície livre a ser medida. No sistema de medição por coordenadas a interferência do operador está na escolha da estratégia de medição, avaliando qual característica medir primeiro, onde o sistema de referência da peça será colocado, quais funções do programa serão utilizadas, e principalmente quantos pontos serão medidos e a distribuição deles sobre a superfície avaliada (ORREGO, 2000). A inspeção de superfícies livres é um ponto desafiante. A estratégia mais comum é distribuir uniformemente uma amostra de pontos. Por esse método ser mais simples, isso pode resultar em uma amostragem inadequada quando há grandes mudanças na curvatura e uma maior amostragem desnecessária em áreas relativamente planas, ambos indesejados no processo de medição (RAJAMOHAN, 2011). Dado um determinado número de pontos, a estratégia de medição tem que distribuí-los sobre a superfície de certa forma que a superfície seja caracterizada. Com essas posições, a medição é carregada e os pontos medidos são usados para construir a superfície substituta. Na literatura observa-se que o tamanho do apalpador não é considerado, enquanto que o apalpador não consegue realizar o contato com a superfície de trabalho no mesmo ponto escolhido da amostragem. Outro ponto enfatizado na literatura é que os pontos não podem estar localizados em cantos, pois a medição

de cantos não é confiável (RAJAMOHAN, 2011).

2. Objetivos

Esse artigo tem como objetivo descrever o processo de medição de uma peça com superfície livre, indicando as dificuldades e limitações referentes às estratégias adotadas para minimizar alguns problemas de medição.

3. Desenvolvimento

A peça escolhida para medição está ilustrada na figura 1, juntamente com a representação dos elementos construídos para a realização do alinhamento Best-fit. Usinada em alumínio, ela possui as seguintes dimensões nominais: altura máxima de 56,68 mm; altura mínima de 24,40 mm; comprimento de 94,87 mm e largura de 30,50 mm. De acordo com a definição por classes de Jiang, 2007, ela pode ser classificada como uma superfície livre de classe 3. A máquina utilizada foi uma Tesa Micro-hite 3D-DCC, com um apalpador Tesa-Star-I de 3 milímetros de diâmetro, equipada com o software de inspeção PC-DMIS versão v.4.2. O desempenho da máquina está relatado com um MPEP = 3.5 μ m (Maximum Permissible Error for Probing) e MPPE = 3 + 4L/1000 μ m (Maximum Permissible Error of indication for size measurement), quando em operação entre 20 \pm 1 $^{\circ}$ C, conforme recomendações do fabricante. O método aplicado para a medição foi uma varredura linear aberta, que varre a superfície da peça por meio de medições ponto a ponto, a partir de um ponto inicial até um ponto final definido pelo usuário, bem como podem ser definidos também o número de pontos a serem coletados ou a distância entre eles. A distância entre os pontos foi definida em 1,5 mm, gerando ao todo 134 pontos para cada linha de medição, sendo 6 linhas no sentido do comprimento da peça, cada uma com largura de 5 mm. Foi realizado um alinhamento Best-fit, que é um procedimento que gera um conjunto de pontos medidos ou um conjunto de centróides da geometria atual, deixando-os o mais próximo possível de sua localização nominal ou contraparte teórica. O algoritmo utilizado para a medição foi o de Least Squares, ou Mínimo Quadrados, que proporciona um alinhamento entre o conjunto de pontos medidos e o teórico, de modo que a soma dos quadrados da distância entre esses dois conjuntos de pontos seja a mínima possível (PC-DMIS Core Reference Manual, 2011).

4. Resultado e Discussão

Na medição da peça apresentada, ocorreram algumas dificuldades relacionadas ao seu alinhamento, pois além de apresentar uma geometria complexa, a peça também foi gerada no sistema CAD em uma orientação diferente da referência na máquina, levando à adequação do alinhamento após algumas tentativas. Este procedimento dificultou a realização de medição, pois foi preciso fazer várias tentativas de alinhamento. Outro ponto a ser relatado foi a criação da varredura linear aberta, porém outros tipos de varredura foram testadas, tais como a varredura de grade, a linear fechada e a varredura UV, mas devido à dificuldade técnica de conhecer todas as variáveis envolvidas nessas varreduras, optou-se por realizar apenas a linear aberta, por ser a mais simples de todas. Por outro lado pode-se compreender a complexidade envolvida em determinadas peças no processo de medição e visualizar a integração de dois sistemas utilizados na indústria, compreendendo melhor a cadeia de processo CAD/CAM inserindo a parte de inspeção. Desta forma, o alinhamento das coordenadas da peça foi feito pelo Best-fit, onde foram construídos dois tipos de elementos, visualizados na figura 1, planos e pontos. Foram definidos dois planos, uma para cada região plana da peça, e os pontos foram definidos como toques em cada lateral da superfície livre. Houve um fato relatado por Rajamohan, 2011, sobre a medição de cantos, onde o autor relatou que a medição de pontos nessas regiões não é confiável, pois mesmo que a usinagem realizada atinja 100% de seu objetivo, realizando o canto, o toque realizado pelo apalpador não coletará as coordenadas que deviam ser coletadas, por causa dessa geometria. Esse fato foi observado na análise dos dados, conforme pode ser visto na figura 2. Em todas as medições, de todas as linhas, houve um grande desvio localizado exatamente no ponto do canto.

5. Considerações Finais

Pode-se concluir que a medição de superfícies complexas considera a complexidade da geometria da peça, a estratégia de medição a ser utilizada, e os recursos que o usuário possui para medi-la, tais como as funções fornecidas pelo software, a configuração da máquina e do apalpador, além do modelo CAD da peça. A experiência do operador influencia muito na definição da estratégia de medição adotada, influenciando diretamente nos erros encontrados na medição, podendo levar a decisões incoerentes, escondendo a real fonte de erros. Apesar desse fator influenciar muito, outra influência está na geometria da peça e como a mesma foi fabricada, sendo que ocorreu um problema semelhante descrito na parte de resultados deste artigo. Embora com limitações, o processo de medição da superfície livre, foi realizado de forma satisfatória para garantir que as dificuldades fossem discutidas.

Referências Bibliográficas

JIANG, X.; SCOTT, P.; WHITEHOUSE, D. 2007. Freeform Surface Characterization - A Fresh Strategy. *Annals of the CIRP*. 2007, Vol. 56, 1, pp. 553-556. MIGUEL, P.C. KING, T. DAVIS J. CMM verification: a survey. *Measurement* Vol. 17, No 1, pp 1-6, 1996. ORREGO, R.M.M. GIACOMO, B. ABACKERLI, A.J. Fontes de Erros em Metrologia a Três Coordenadas: Considerações Gerais. *Revista de Ciência e Tecnologia*, Vol. 8, No 16, pp 43-56, 2000. PC-DMIS Core Reference Manual, Hexagon Metrology and Wilcox Associates and Incorporated, 2011 RAJAMOHAN, G. SHUNMUGAM, M.S. SAMUEL, G.L. Practical Measurement Strategies for Verification of Freeform Surfaces using Coordinate Measuring Machines. *Metrology and Measurement Systems*, Vol. XVIII, 2011. WERNER, A. PONIATOWSKA, M. Coordinate Measurements of Complex-Shape Surfaces. XIX IMEKO World Congress, Fundamental and Applied Metrology, September 6-11, Lisbon, Portugal, 2009.

Anexos

