

MOD – MEDIDOR ÓPTICO DE DIÂMETROS

Marcelo Pereira Campos,¹ Jonas Alexandre Gonçalves², Landulfo Silveira Jr.³

Curso de Engenharia Elétrica/Eletrônica, FEAU - Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo, UNIVAP - Universidade do Vale do Paraíba, Av. Shishima Hifumi, 2911 São José dos Campos – SP.

¹maremona@yahoo.com.br; ²jonasalexandregolcalves@bol.com.br, ³landulfo@univap.br

Resumo - Um importante meio de controle utilizado para garantir a qualidade dos produtos são os sistemas de medições de precisão, existentes em processos dentro das indústrias. Os sistemas dimensionais que garantem as medições de peças mecânicas nas indústrias são na maioria das vezes dispositivos que fazem as medições, utilizando contatos mecânicos entre a peça e o relógio comparador, as medições sofrem variações devido o desgaste mecânico no contato entre a peça e o relógio de medição. Estes desgastes fazem que o operador intervenha no sistema de medição várias vezes dentro do processo, para garantir o dimensional das peças. O objetivo deste projeto é resolver este problema, eliminando o contato peça/dispositivo, utilizando um sistema óptico para medição dimensional. O projeto proposto é um medidor de diâmetros óptico que terá como objetivo inicial realizar medições de uma peça cilíndrica de 5 mm a 10 mm. Utilizando uma fonte de luz e uma câmera CCD, pode-se verificar a relação entre a intensidade captada pela câmera e o diâmetro da peça em amostra. Esta relação possibilita a elaboração de um sistema que soluciona variações derivada de desgastes mecânicos de equipamentos de medições.

Palavras-chave: Medidor óptico, Micrômetro óptico, Micrômetro laser, Medidor óptico de diâmetro, MOD
Área do Conhecimento: III - Engenharias

Introdução

O Medidor Óptico de Diâmetros é um projeto que envolve a possibilidade da utilização da óptica em sistemas de medição, visando uma medição sem contato mecânico, evitando desgastes prematuros de dispositivos e conseqüentemente aumentando a eficiência, rapidez e confiabilidade nas medições realizadas.

Os sistemas mecânicos de medições são complexos e necessitam de cuidados específicos e condições ideais de ambiente e manuseio, pois a precisão e confiabilidade de uma medição dependem destes cuidados especiais.

Atualmente a globalização gera uma necessidade de sobrevivência e competitividade no mercado universal da indústria e comércio, podemos dizer que a qualidade dos produtos e a satisfação dos clientes, são a base e a essência do mercado produtivo (KOTTHAUS, 2003).

Em 1880 através da indústria automobilística, Henry Ford sentiu a necessidade de implantar a produção em massa devido à demanda de pedidos na época. O sistema de produção em massa iniciado por Ford, foi o marco para a história da industrialização de hoje. Porém, no decorrer dos anos, houve a necessidade de garantir a qualidade destes produtos, visando à redução nos desperdícios e satisfação total dos clientes, evitando também os grandes prejuízos causados pela não conformidade dos produtos.

Com a qualidade inserida dentro das indústrias, a necessidade de se detectar defeitos antes dos

produtos serem colocados no mercado, foi essencial para evitar devoluções. Uma evolução fundamental para esta detecção foi observada e criada pelos fundadores da Toyota.

Sakichi Toyoda, fundador do grupo Toyota, criou um equipamento no tear mecânico de sua pequena empresa denominado “pokayoke”, responsável por parar os defeitos automaticamente e chamar atenção para resolver os problemas (ELS, 2001).

Atualmente, para assegurarem a qualidade, as indústrias utilizam sistemas automatizados com sensores e outros dispositivos de aferição, para detecção e controle de potenciais problemas de qualidade gerada no processo produtivo. A não detecção de defeitos ou a falta de controle do processo produtivo podem causar grandes perdas a uma companhia, por exemplo, um recall que possivelmente causaria danos incomparáveis (KOTTHAUS, 2003).

Alguns instrumentos de medições como paquímetros, micrômetros e rugosímetros, são utilizados para garantir a qualidade de produtos que possuem tolerâncias pequenas em suas dimensões. Devido à exigência do mercado competitivo na produtividade com qualidade, empresas utilizam estes sistemas de medição automaticamente, porém o contato mecânico entre peça obra e sistemas de medições são problemas indesejáveis na instabilidade e confiabilidade do sistema dimensional, havendo a necessidade de calibrações periódicas do sistema de medição devido problemas de contato, variações, e

desgastes prematuros da mecânica utilizada para medição.

O MOD (Medidor Óptico de Diâmetro) é um projeto que vem ao encontro de soluções que visam à redução de variações causadas no momento das medições de instrumentos sensíveis e peças com tolerâncias extremamente apertadas. Os sistemas ópticos, sem dúvidas, serão inseridos dentro deste conceito de medição, a fim de assegurar precisão, confiabilidade e rapidez na detecção e prevenção de problemas em processos produtivos.

O objetivo do MOD é estudar uma forma de substituir o contato mecânico no momento da medição, por leitura óptica sem contato e com excelente precisão.

Sistemas de medições - Micrômetros

Há poucas décadas atrás o micrômetro era considerado o principal instrumento de medição de comprimento.

O desenvolvimento dos micrômetros deslançou o avanço tecnológico na fabricação de roscas e fusos de alta qualidade. Recentemente os microprocessadores estão sendo integrados à estrutura dos micrômetros, os quais executam, além da medição de forma versátil, uma série de cálculos estatísticos. O micrômetro é um instrumento de medida que oferece resoluções de milésimos de milímetros, não conseguidas com o instrumento paquímetro (SAVIO, 2008).

O princípio de funcionamento do micrômetro assemelha-se ao do sistema parafuso e porca. Assim, há uma porca fixa e um parafuso móvel que, se der uma volta completa, provocará um descolamento igual ao seu passo. Esse modo, dividindo-se a cabeça do parafuso, pode-se avaliar frações menores que uma volta e, com isso, medir comprimentos menores do que o passo do parafuso. A Figura 1 mostra um modelo de micrômetro.

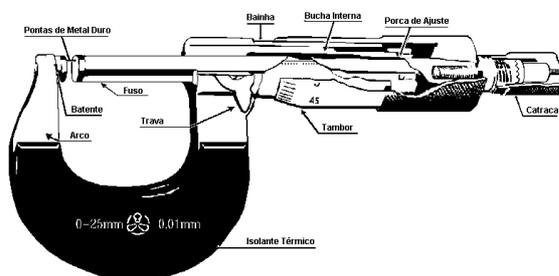


Figura 1- Micrômetro analógico.

Alguns fatores podem prejudicar as medições realizadas com micrômetros, como sujeiras, folga mecânica no fuso, desgastes dos sensores de medição, temperatura do ambiente, deflexão do

arco devido esforço humano e o erro de paralaxe. Para casos onde os micrômetros são utilizados em sistemas de controles dimensionais, as calibrações passam a ser constantes devido os movimentos causados pelo processo.

Medições Ópticas

A óptica é um ramo da física que estuda a luz ou, mais amplamente a radiação eletromagnética. A óptica explica os fenômenos de reflexão, refração e difração, a interação entre a luz e o meio, entre outras.

Os princípios ópticos já são usados há muito tempo na construção de diversos sensores destinados a medir as principais grandezas químicas e físicas, principalmente na medição de grandezas no processo de fabricação, ampliando as possibilidades de inspeção e controle de qualidade.

O fenômeno que mais possui interação no projeto do medidor óptico é a difração, que ocorre com as ondas quando elas passam por um orifício ou contornam um objeto cuja dimensão é da mesma ordem de grandeza que o seu comprimento de onda.

A luz, como meio de medição, proporciona uma série de vantagens. A ausência de contato entre a peça e o sistema de medição, resulta em uma técnica de medição sem perturbações ou interferências, provocadas pelo contato mecânico entre a peça e o sistema de medição. Outro aspecto positivo é a velocidade em que ocorre as medições, inclusive, as medições em movimentos. A ausência de contato, o grande volume de dados medidos e a elevada velocidade de medição, permitem acessar, com riqueza de detalhes, características da peça medida que seriam difíceis, ou mesmo impossíveis com a apalpação mecânica.

As três grandezas físicas básicas da luz são: brilho (ou amplitude), cor (ou frequência), e polarização (ou ângulo de vibração). A luz apresenta sua intensidade ou potência, ligada ao número de fótons emitidos (HALLIDAY, 2ª edição revisada).

Este trabalho tem por objetivo utilizar a luz para realizar uma determinada medição em um componente CCD incorporado em uma câmera, com objetivo de verificar a relação entre a intensidade captada pela câmera e o diâmetro da peça em amostra.

Metodologia

O conceito básico do funcionamento do MOD é a utilização de uma fonte de luz, e um sistema de detecção da sombra refletida gerada pela peça. A Figura 2 mostra a idéia básica deste sistema de medição.

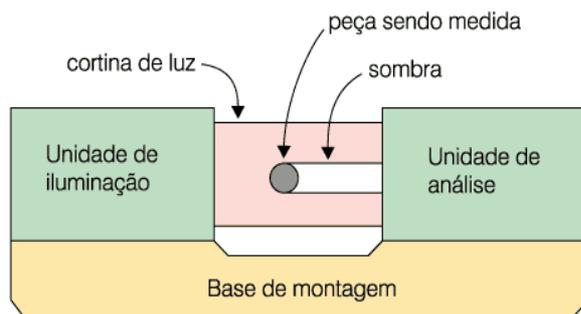


Figura 2- Princípio de funcionamento do MOD.

O MOD analisa a sombra que a peça causa na iluminação, extraindo deste efeito o valor do diâmetro. Percebe-se daí um cuidado no uso destes sistemas: Se a peça deixar de ficar perpendicular à cortina de luz e inclinar-se no plano vertical, a medida aumentará na razão de $1/\cos$ (inclinação). Se a inclinação se der somente no plano horizontal, o valor medido não muda. Para pequenas inclinações verticais o erro é pouco significativo ($1/\cos(0.5^\circ) = 1.00004$, ou $0.8\mu\text{m}$ numa peça de 20 mm), mas para inclinações maiores isto é um problema grave ($1/\cos(5^\circ) = 1.0038$, ou $76\mu\text{m}$ numa peça de 20 mm) (NAZKOM, 2008).

Os experimentos foram realizados no Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento - IP&D, localizado no campus da UNIVAP-Urbanova. Foi utilizada uma câmera CCD deep depletion, tamanho $25,4\text{mm} \times 6,3\text{mm}$, da Princeton Instruments com 1024×256 pixels, refrigerada por nitrogênio líquido, que reduz o ruído eletrônico do sistema. Esta câmera é o detector da intensidade de luz gerada pela sombra da peça.

A Figura 3 apresenta a câmera CCD utilizada no experimento.



Figura 3- Câmera CCD – IP&D.

Como fonte de luz para geração da sombra da peça na câmera CCD, foi utilizado um LED (diodo

emissor de luz) da cor azul com comprimento de onda de 470 nm. Para os experimentos, obtivemos um iluminamento com o led em 8 lux.

Foi desenvolvido um sistema mecânico de apoio ao LED e das peças a serem medidas o diâmetro, conforme Figura 4. Para tal, um tubo de plástico preto (canhão) de 25mm de diâmetro e 600mm de comprimento, sendo que o LED foi afixado em uma peça de diâmetro igual ao do tubo em uma das extremidades. Na outra extremidade foi feita uma flange, que adapta este tubo plástico à entrada da câmera CCD. Na face da câmera CCD foi colocada uma fenda de $25\text{mm} \times 6\text{mm}$, para formar uma máscara na frente da câmera CCD e evitar que radiação proveniente de reflexões da parede do tubo não penetrassem lateralmente à CCD.

A Figura 4 apresenta o canhão de luz desenvolvido para o projeto.



Figura 4- Canhão de LED utilizado para emissão de luz no CCD.

O LED foi alimentado com uma fonte CC estabilizada em 2,8 volts. A radiação proveniente do mesmo foi então direcionada à entrada da máscara em frente à câmera CCD, e a peça a ser analisada colocada exatamente na frente desta máscara, por meio de um rasgo no tubo de plástico.

Para calibração do sistema foram utilizados blocos padrões usado em metrologia, onde obtivemos através do CCD uma intensidade para cada diâmetro de peça. Basicamente, a intensidade total da luz coletada pela câmera CCD é inversamente proporcional à sombra que a peça faz na máscara da CCD, e esta sombra diretamente proporcional ao diâmetro da peça padrão.

Discussão

As experiências no laboratório mostraram que ainda há algumas variáveis da montagem óptica

que necessitam de entendimento e solução para o projeto ter êxito, que é aproximar o erro ao milésimo de milímetro. A relação da intensidade obtida na câmera e o diâmetro, mostrou algumas diferenças na casa dos centésimos.

A Tabela 1 mostra os dados obtidos pela câmera CCD através de uma luminosidade constante aplicada sobre os blocos padrões, onde foi possível obter uma curva característica permitindo uma equação para os cálculos dos diâmetros das peças que seriam utilizadas como amostra para a confirmação do experimento.

| Diâmetro padrão real (mm) | Intensidade CCD (u.a.) | Diâmetro real Medido (mm) |
|---------------------------|------------------------|---------------------------|
| 7,95 | 32231896 | 7,971 |
| 8,95 | 29620734 | 8,952 |
| 9,95 | 27070581 | 9,910 |
| 10,95 | 24324824 | 10,941 |
| 11,95 | 21566115 | 11,977 |

Tabela 1- Experimentos com blocos padrões.

A Figura 5 mostra a relação intensidade da luz por diâmetro dos blocos padrões.

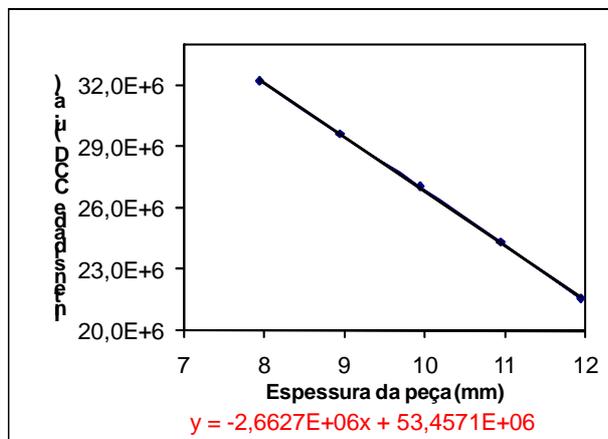


Figura 5 - Relação diâmetro (eixo x) versus intensidade (eixo y).

A reta mostra claramente a relação entre o diâmetro dos padrões com a intensidade observada na câmera CCD. Através da equação gerada pela reta, pode-se medir as amostras, substituindo o valor de intensidade encontrada no CCD, obtendo assim os possíveis diâmetros reais de cada amostra.

Analisando a Tabela 2, verificou-se que os diâmetros das peças apresentaram um deslocamento para maior, em relação ao diâmetro real. Pode-se observar também que algumas peças apresentaram erros por volta de 1%.

| Diâmetro peça real (mm) | Intensidade CCD (u.a.) | Diâmetro real medido (mm) |
|-------------------------|------------------------|---------------------------|
| 5,95 | 37335040 | 6,055 |
| 6,95 | 34592110 | 7,085 |
| 5,95 | 37234523 | 6,092 |
| 9,42 | 27880284 | 9,605 |

Tabela 2- Experimento realizado com as peças, diâmetro real versus diâmetro medido.

Os dados mostraram erros nas medições que ainda não estão solucionados para que o projeto se apresente como uma solução para medição óptica, porém algumas variáveis como, tamanho do CCD, meio de fixação das amostras, estão entre as possíveis causas dos erros nas medições realizadas.

Acreditamos também que a difração da luz nas amostras foi uma variável que impactou os resultados, mesmo sendo embutida no momento da calibração do sistema.

Alguns componentes essenciais como a fixação podem ser melhorados afim de afinar os resultados obtidos.

Conclusão

Este projeto abriu uma oportunidade de conhecer os princípios físicos da óptica e as inúmeras oportunidades da utilização da luz para medições dimensionais nos equipamentos industriais, gerando oportunidades de melhorias e futuros desenvolvimentos, uma vez que o erro obtido nos experimentos, não é capaz de suportar as exigências de algumas aplicações industriais que necessitam de tolerâncias estreitas.

Referências

- ELS. [Sistemas de manufatura] Quality Institute Eaton Corporation, 2001
- KOTTHAUS, H. [Técnica da Produção Industrial] Medição e controle. Ed. Polígono, São Paulo; V.6, p. 44-8. 2003.
- NAZKOM [Funcionamento-óptico] Disponível em: <http://www.nazkom.com.br/index.html> Acesso em 22 jan. 2008.
- SAVIO, Ricardo. [Micrômetros] Disponível em: <http://msohn.sites.uol.com.br/index.htm> Acesso em 27 jan. 2008.
- HALLIDAY, R. Resnick, Fundamentos de Física quatro, Ótica e Física, Ed. Moderna – 2ª edição revisada.