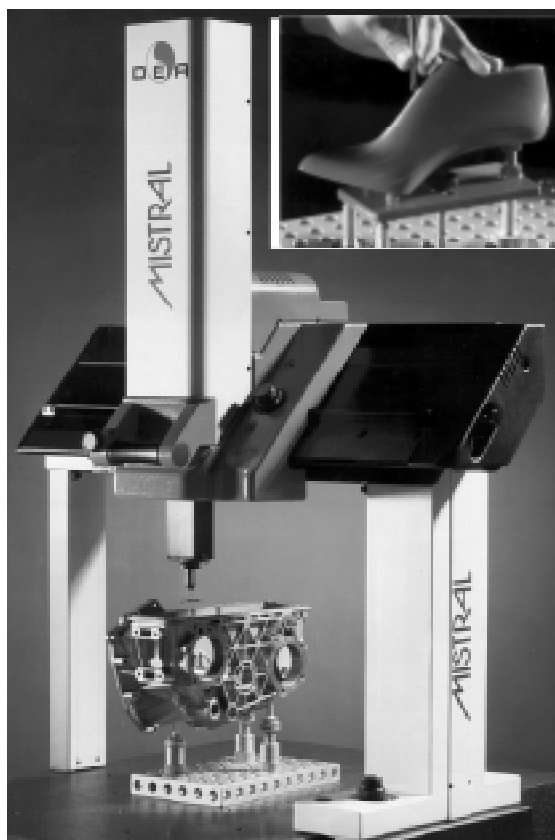


Medição tridimensional

Um problema

O controle de qualidade dimensional é tão antigo quanto a própria indústria, mas somente nas últimas décadas vem ocupando a importante posição que lhe cabe. O aparecimento de sistemas de medição tridimensional significa um grande passo nessa recuperação e traz importantes benefícios, tais como aumento da exatidão, economia de tempo e facilidade de operação, especialmente depois da incorporação de sistemas de processamento de dados.

Em alguns casos, constatou-se que o tempo de medição gasto com instrumentos de medição convencionais ficou reduzido a um terço com a utilização de uma máquina de medir coordenadas tridimensional MMC manual sem computador, e a um décimo com a incorporação do computador.

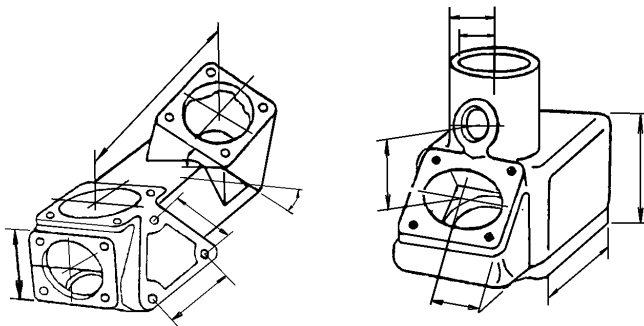


O projeto de novas máquinas exige níveis de perfeição cada vez mais altos, tanto no aspecto dimensional quanto no que se refere à forma e à posição geométrica de seus componentes. Ao lado disso, a indústria vem incorporando recursos de fabricação cada vez mais sofisticados, rápidos e eficientes. Dentro dessa realidade dinâmica, surgiu a técnica de medição tridimensional, que possibilitou um trabalho de medição antes impossível por meios convencionais ou, então, feito somente com grande esforço técnico e/ou com grande gasto de tempo.

Esta aula tem como objetivo apresentar, de modo sintético, o método de medição com a máquina de medir tridimensional e seus recursos periféricos, o que revela a influência que tal maneira de efetuar medições vem exercendo na verificação da qualidade da indústria atual, cada vez mais exigida para melhorar a qualidade de seus produtos e diminuir seus custos.

Especificação da qualidade dimensional - sentido tridimensional

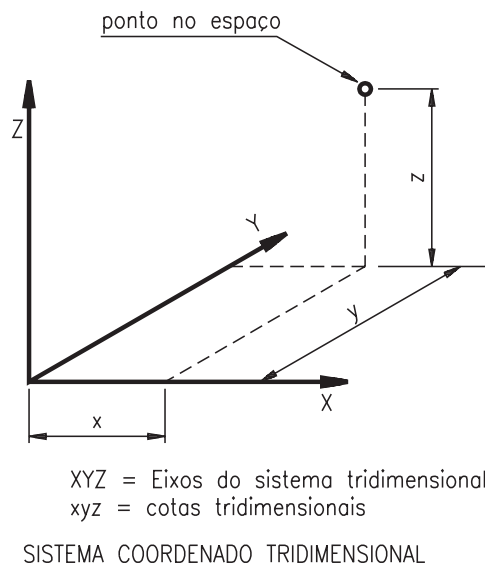
No detalhamento de um projeto mecânico, as especificações de forma, tamanho e posição estão contidas num sistema coordenado tridimensional. Entre as especificações, encontramos diâmetros, ângulos, alturas, distâncias entre planos, posição perpendicular, concentricidade, alinhamento etc. Para cada item requerido, deve-se procurar um meio de verificação. Por isso, para medir uma peça, tornam-se necessários diversos instrumentos, o que naturalmente leva a um acúmulo de erros, pois cada instrumento possui o seu erro, conforme norma de fabricação.



Exemplos de cotas tridimensionais

Conceito de medição tridimensional (X, Y, Z)

A definição dimensional de uma peça é feita geometricamente no espaço tridimensional. Esse espaço é caracterizado por três eixos perpendiculares entre si - chamados **X**, **Y**, **Z** - e que definem um sistema coordenado de três dimensões. Assim, um ponto no espaço é projetado no plano de referência, onde se definem duas coordenadas (**X**, **Y**) e a terceira corresponde à altura perpendicular a esse plano (**Z**).



Máquina de medir coordenadas tridimensional MMC manual

Princípio de funcionamento e sistema de leitura

A MMC manual consiste de uma base de referência rigorosamente plana, sobre a qual desliza horizontalmente um corpo guiado no sentido "Y". Esse corpo possui, por sua vez, outro corpo que desliza horizontalmente, e é perpendicular ao anterior, no sentido "X". Finalmente, há um terceiro corpo que se movimenta verticalmente, e é perpendicular aos anteriores, no sentido "Z".

No lado externo inferior do eixo vertical "Z" é acoplado um sensor especial (mecânico, eletrônico ou óptico) que entrará em contato com a peça que será medida, movimentando-se de acordo com a capacidade da máquina.



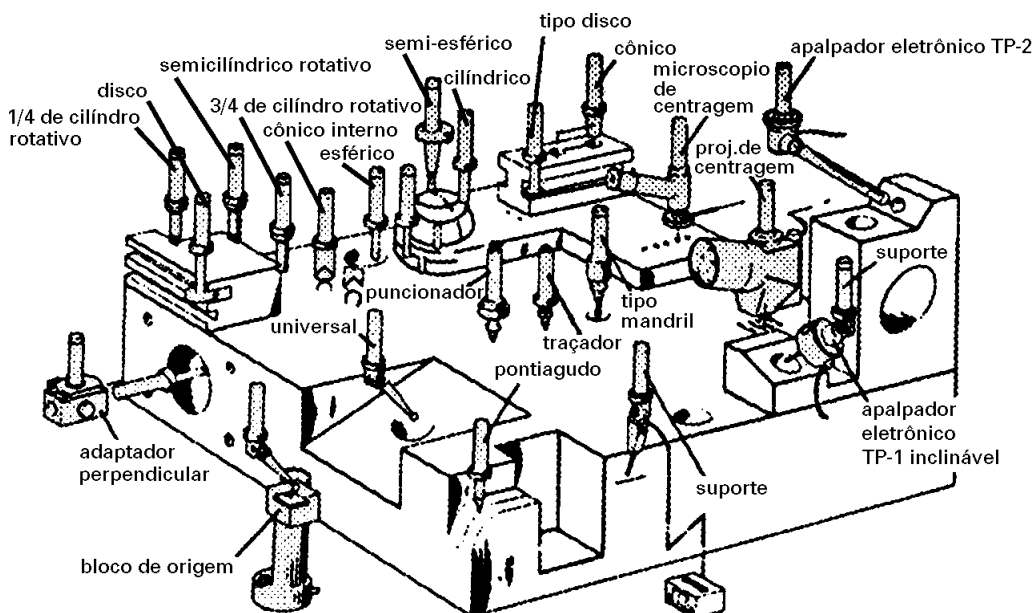
O movimento de cada eixo é registrado por um sistema de leitura eletrônico mostrado digitalmente. Esse sistema de leitura oferece a possibilidade de zeragem em qualquer posição; introdução de cota pré-selecionada no indicador de qualquer eixo; e, geralmente, é possível o acoplamento de um sistema de processamento de dados (SPD).

Os sensores são acoplados ao extremo inferior do eixo vertical (Z). São de vários tipos, e sua seleção deve estar de acordo com a geometria, o tamanho e o grau de exatidão da peça.

Sensores mecânicos - São sensores rígidos, geralmente fabricados de aço temperado, com diversas formas geométricas em sua extremidade de contato, para permitir fácil acesso ao detalhe da peça que será verificada. Uma vez realizado o contato na peça, os sensores devem se manter fixos para se fazer a leitura no sistema de contagem digital. Os mais comuns são cônicos, cilíndricos, com esfera na ponta e tipo disco.

Sensores eletrônicos - São unidades de apalpamento muito sensíveis, ligadas eletronicamente aos contadores digitais. Ao fazer contato com a peça que será medida, a ponta de medição, por efeito de uma pequena pressão, desloca-se angularmente e produz um sinal elétrico (e acústico) que congela a indicação digital, mostrando o valor da coordenada de posição do sensor. Quando se utilizam sistemas de processamento de dados, esse sinal permite que o valor indicado no contador digital seja analisado pelo computador.

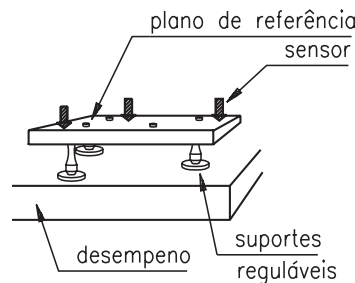
Sensores ópticos - Quando a peça ou um detalhe dela é muito pequeno, impossibilitando a utilização de sensores normais, o ponto de medição pode ser determinado com o auxílio de microscópio ou projetor de centrar, acoplado do mesmo modo que os outros sensores. Nesse caso, o sinal elétrico para definir as coordenadas é emitido com o auxílio de um pedal.



Método de medição com a MMC manual (sem SPD)

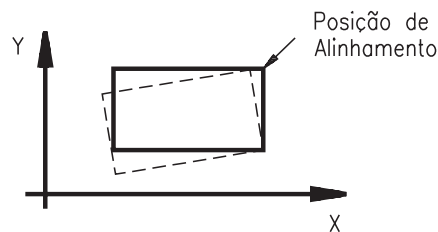
Depois de tomar as devidas providências em relação à limpeza e à verificação do posicionamento da peça em relação aos três eixos coordenados da máquina, utiliza-se o método de medição a seguir:

- **Nivelamento** - O plano de referência da peça deve ficar paralelo ao plano de medição da mesa. A peça deve estar apoiada em três suportes reguláveis.



NIVELAMENTO DE PLANO

- **Alinhamento** - Os eixos de referência da peça devem ficar paralelos aos eixos da máquina.



- **Determinação do ponto de origem** - Com o sensor mais adequado encostado na peça, procede-se ao zeramento dos contadores digitais. Feito isso, cada novo ponto apalpado terá suas coordenadas indicadas nos contadores digitais, bastando fazer as leituras correspondentes e compensar o diâmetro do sensor.

Benefícios da MMC manual (sem SPD)

Principais benefícios em relação ao processo de medição com instrumentos convencionais:

- Maior exatidão final, devido à substituição de diversos instrumentos de medição convencional, o que diminui o erro acumulado.
- Redução considerável do tempo de medição e manipulação da peça.
- Simplicidade de operação e leitura.

Quando acoplado à MMC, o computador recebe os sinais eletrônicos que definem as três coordenadas de um ou mais pontos no espaço e, com elas, efetua cálculos matemáticos de acordo com instruções gravadas em seu programa de medição. Esse programa é elaborado pelo fabricante. Cabe ao operador determinar a sequência de medição que seja a mais conveniente, com a diferença de que, neste caso, os dados para cálculo são entregues diretamente pelo sensor que está em contato com a peça. O computador processará essas informações, mostrando no vídeo e/ou na impressora as dimensões da peça.

Configuração e conexão de sistemas

Existem diversos tipos de construção para as máquinas de medir, obedecendo a critérios diferentes, tais como tamanho, forma da estrutura, tipo de movimentação etc. E o computador é uma outra variável que pode apresentar opções como capacidade de memória, programa de medição etc. As principais configurações são:

- **MMC manual assistida por computador** - Ao conjunto básico, formado pela MMC e seus contadores digitais eletrônicos, é acoplado um sistema de processamento de dados que permite a realização de cálculos geométricos, utilizando sensores eletrônicos.
- **MMC com movimentos motorizados assistida por computador** - Este sistema é particularmente útil na medição de peças de grande porte, para as quais se torna difícil o acesso do sensor movimentado pelo operador. A movimentação nos três eixos se faz com um controle remoto (*joy-stick*), porém a entrada de dados no computador é feita pelo sensor eletrônico.
- **MMC com movimentos controlados por CNC e comandada por computador** - Este sistema foi desenvolvido para medir peças complexas produzidas em série. O programa permite gravar uma sequência de movimentos para percorrer a peça automaticamente e de maneira repetitiva. A movimentação manual para gravar a sequência de movimentos é feita com controle remoto (*joy-stick*). Em geral, o sensor também possui movimentação motorizada, podendo mudar de posição para facilitar o acesso à peça e até trocar de sensor durante a medição.



Princípios básicos de medição com computador

As operações de nivelamento e alinhamento da peça em relação aos eixos coordenados da máquina tornam-se consideravelmente simples e rápidas com o uso do computador, pois não é necessário realizá-las fisicamente - o computador e seu programa compensam a posição. Para “nivelar” um plano, por exemplo, é suficiente acionar um comando no computador e fazer o sensor dar três toques na peça.

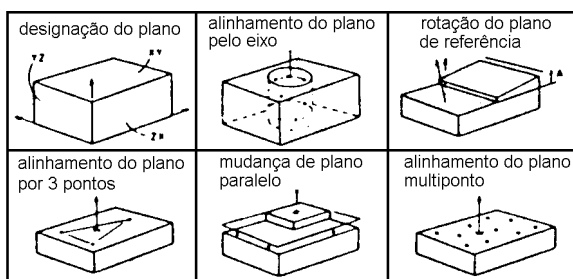
Diversos programas vêm sendo elaborados para processar os sinais elétricos procedentes do sistema de leitura digital. Entre esses programas estão os que permitem medições em diferentes planos da peça, sem mudar sua posição na mesa ou perder o sistema coordenado prestabelecido. Cada função (do programa) requer uma quantidade definida de pontos tocados. Por exemplo, para definir um plano, um círculo ou a distância entre duas retas paralelas, são necessários três pontos; para medir uma esfera são necessários, no mínimo, quatro pontos e assim por diante. Pode-se aumentar o número de pontos para melhorar a exatidão da medida.

Quando se utiliza um sensor com uma ponta esférica, é necessário introduzir a medida desse diâmetro na memória do computador, para que o programa a leve em conta, conforme o tipo de medição, e faça uma compensação automática do diâmetro do sensor.

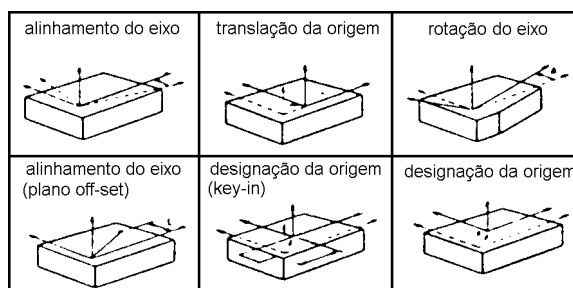
Programas de medição geométrica

Diversas funções do programa permitem definir, por meio de pontos tocados, os detalhes de medição necessários à peça. Para facilitar sua análise, classificaremos essas funções em três grupos principais, esclarecendo que cada uma precisa de determinado número de pontos. Assim, temos:

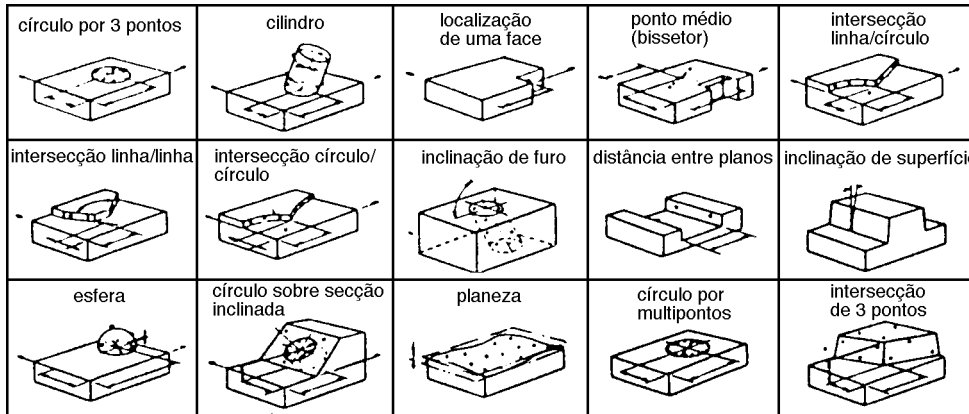
- **Funções para designar plano de referência**



- **Funções para designar ponto de origem e eixo de alinhamento**



- **Funções para medição indireta e combinação por meio de memórias**



Existem ainda outros tipos de programas mais específicos, como, por exemplo, o programa de contornos, que permite obter resultados por meio de gráficos impressos, e o programa estatístico, que permite obter resultados quando se processam lotes de peças seriadas.

Benefícios da MMC com computador

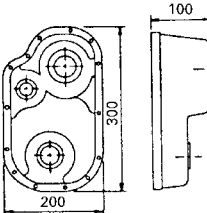
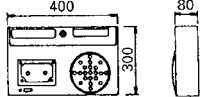
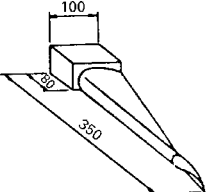
A técnica de medição tridimensional com auxílio de computador oferece uma série de benefícios:

- Grande redução do tempo de medição e de cálculos, especialmente em peças de geometria complexa.
- O sistema dispensa totalmente as operações de posicionamento físico da peça em relação ao sistema coordenado.
- A operação pode ser feita por qualquer pessoa que tenha conhecimentos básicos de metrologia, após um treinamento dado pelo fabricante quanto à utilização do software de medição.
- Aumento da exatidão da medição, pois o sistema dispensa não somente uma grande quantidade de instrumentos de medição como também a movimentação da peça no desempenho, e realiza a medição com uma pressão de contato constante.
- No caso de sistemas CNC, obtém-se maior exatidão final pois, com a movimentação automática, a interferência humana fica reduzida ao mínimo.

Comparativos de tempos de medição

Conforme o tipo de peça que será medida, seu tamanho, sua complexidade geométrica e a quantidade de detalhes, a relação de economia de tempo entre os sistemas convencional e tridimensional poderá variar consideravelmente.

A figura a seguir ilustra três casos diferentes. Neles fica evidente a substituição de diversos instrumentos do método convencional pela MMC e a diferença de tempos. A comparação é feita com máquina de movimentação manual com deslizamento sobre colchão de ar.

		CAIXA DE ENGRENAGENS	TAMPA RÁDIO GRAVADOR	PÁ DE TURBINA
DESENHO DA PEÇA				
ITENS DE MEDIÇÃO		Diâmetros, distâncias entre centros, localização de furos, alturas, etc.	Alturas, localização de furos, diâmetros, passos, distâncias entre centros, etc.	Passo, contorno por secção, alturas, etc.
MÉTODO CONVENCIONAL	INSTRUMENTOS	Paquímetro, micrômetro, padrão de altura, traçador, desempenho, bloco padrão, etc.	Calibrador de altura, bloco padrão, paquímetro, micrômetro, desempenho, etc.	Micrômetro padrão de altura, traçador, desempenho, relógios etc.
	TEMPO	5 horas	25 horas	30 horas
MÁQUINA DE MEDIR	UNID.BÁSICA	1,5 horas (1/3)	8 horas (1/3)	5 horas (1/6)
	COM COMPUTADOR	0,5 horas (1/10)	4 horas (1/6)	2 horas (1/15)

Conclusão

As realizações tecnológicas na área industrial estão muito ligadas ao aparecimento de novas necessidades. A metrologia acompanha, ou deve acompanhar, o progresso dos meios de fabricação.

A técnica de medição tridimensional permite o desempenho de tarefas da metrologia que antes implicavam um grande esforço. Em algumas aplicações, essa técnica representa a única opção de uma medição objetiva e reproduzível.

Teste sua aprendizagem. Faça os exercícios a seguir e confira suas respostas com as do gabarito.

Exercícios

Marque com X a resposta correta.

Exercício 1

Os sistemas de medição tridimensional permitem fazer medições com a seguinte vantagem:

- a) () dispensa de operador;
- b) () aumento da exatidão;
- c) () redução de peças;
- d) () redução do espaço a dois eixos.

Exercício 2

A máquina de medir tridimensional MMC manual funciona nos seguintes sentidos:

- a) () W, X, Y;
- b) () X, K, Z;
- c) () X, Y, Z;
- d) () a, b, c.

Exercício 3

Para a medição tridimensional são usados sensores:

- a) () mecânicos, eletrônicos, ópticos;
- b) () ópticos, automáticos, eletrônicos;
- c) () eletrônicos, mecânicos, pneumáticos;
- d) () mecânicos, ópticos, digitais.

Exercício 4

No método de medição com a MMC manual são realizadas as seguintes operações:

- a) () alinhamento, determinação do ponto de acabamento, nivelamento;
- b) () determinação do ponto de origem, nivelamento, balanceamento;
- c) () nivelamento, alinhamento, determinação do ponto de fuga;
- d) () nivelamento, alinhamento, determinação do ponto de origem.

Exercício 5

O sistema de processamento de dados acoplado à MMC é sempre assistido por:

- a) () processador;
- b) () sensor mecânico;
- c) () computador;
- d) () sensor eletrônico.

Exercício 6

Os programas de medição geométrica necessitam das seguintes funções:

- a) () designação de plano de referência, ponto de origem e eixo de alinhamento;
- b) () designação de planos, pontos e eixos de alinhamento;
- c) () tracejamento de linhas, referências e ponto de origem;
- d) () plotagem de referências, esquemas e ponto de origem.

