

Capítulo 11

MEDIÇÃO DE ROSCAS

11.1 GEOMETRIA DE ROSCAS

São 5 (cinco) os elementos principais que definem uma rosca cilíndrica (veja a figura 11.1, letras minúsculas para o parafuso, maiúsculas para a porca), ou seja:

- diâmetro externo d, D ;
- diâmetro do núcleo d_1, D_1 ;
- diâmetro de flancos d_2, D_2 ;
- passo h ;
- ângulo de flancos α , sendo os semi-ângulos de flancos α_1 e α_2 .

Na figura 11.1a, encontram-se estes elementos desenhados num corte axial que passa pelo eixo da rosca. Apenas neste plano aparecem os flancos da rosca como retas, sem distorção.

Para roscas cônicas, outro parâmetro importante é a conicidade da rosca. Os elementos de uma rosca métrica cônica podem ser identificados na figura 11.2.

Para a medição de roscas o diâmetro de flancos é de máxima importância. É definido como a distância (medida perpendicularmente ao eixo da rosca) dos dois flancos opostos, medida nos pontos A (figura 11.1a) que se encontram na linha central (na metade) dos flancos de um perfil teórico completo (pontiagudo, com profundidade t na figura 11.1.a).

Na figura 11.1a ficam esclarecidos também outros elementos adicionais da rosca:

- a profundidade t do perfil teórico (definindo as grandezas $t/2$ em relação à linha central dos flancos);
- a profundidade t_1 da rosca (tanto para o parafuso como para a porca);
- a profundidade t_2 do assento, ou seja, da sobreposição dos flancos do parafuso e porca;
- os arredondamentos do perfil.

Além dos elementos de rosca mencionados, usam-se ainda, as seguintes grandezas calculadas:

- as folgas, sendo:

$$\text{a folga nas pontas do diâmetro externo} \quad a = (1/2) \cdot (D - d)$$

$$\text{a folga nas pontas do diâmetro do núcleo} \quad b = (1/2) \cdot (D_1 - d_1)$$

$$\text{a folga nos flancos} \quad s = (1/2) \cdot (D_2 - d_2)$$

- o ângulo de avanço \emptyset , sendo

$$\text{tg } \emptyset = h/(d2)$$

ou, para os ângulos pequenos, quando a tangente fica substituída por ângulos em radianos.

$$\emptyset \text{ (graus)} = 18,25 (h/d2)$$

Em construção de máquinas usam-se roscas de vários perfis: roscas métricas, roscas Whitworth, Edison, Laewenhertz, entre outras.

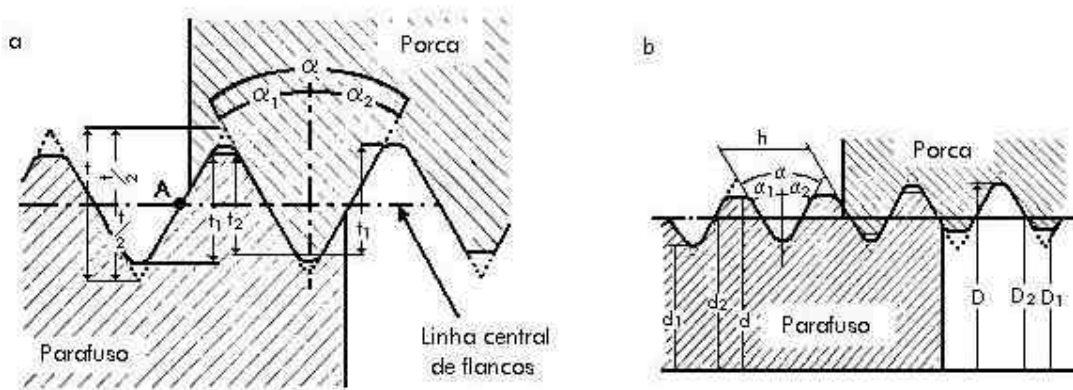


Figura 11.1: Elementos principais de uma rosca.

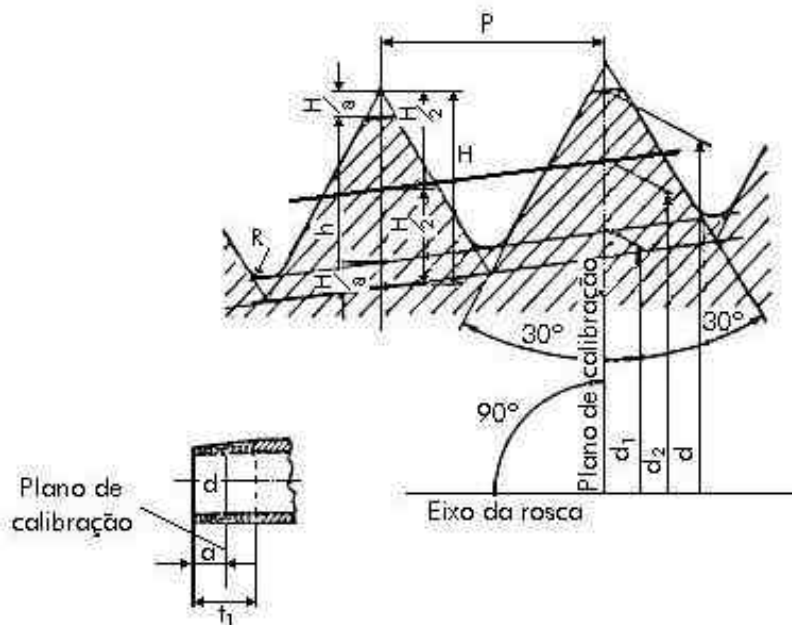


Figura 11.2: Rosca métrica externa cônica.

Atualmente a rosca mais usada é a métrica, M, escalonada de acordo com o diâmetro externo d , D , chamado nesse contexto, diâmetro nominal da rosca e caracterizada por este diâmetro junto com o valor do passo, qualidade de fabricação e posição da tolerância, conforme mostra a figura 11.3.

Para a rosca métrica o valor do ângulo de flanco é 60° (sendo os semi-ângulos $\alpha_1 = \alpha_2 = 30^\circ$). Além disso a norma ABNT NB97, entre outras, prescreve quais diâmetros nominais devem ser usados preferencialmente, quais diâmetros são complementares, de forma que a combinação do diâmetro nominal com certo valor numérico do passo deve ser considerado como normal, e quais combinações podem ser usadas opcionalmente: as normas prescrevem também os valores numéricos de t, t1, t2, arredondamentos, etc.

Outros tipos de roscas têm as suas dimensões e outros elementos definidos também pelas respectivas normas. Para calibradores de rosca métrica, a norma NBR-8225 especifica os valores nominais, tolerâncias de fabricação e tolerância de desgaste.

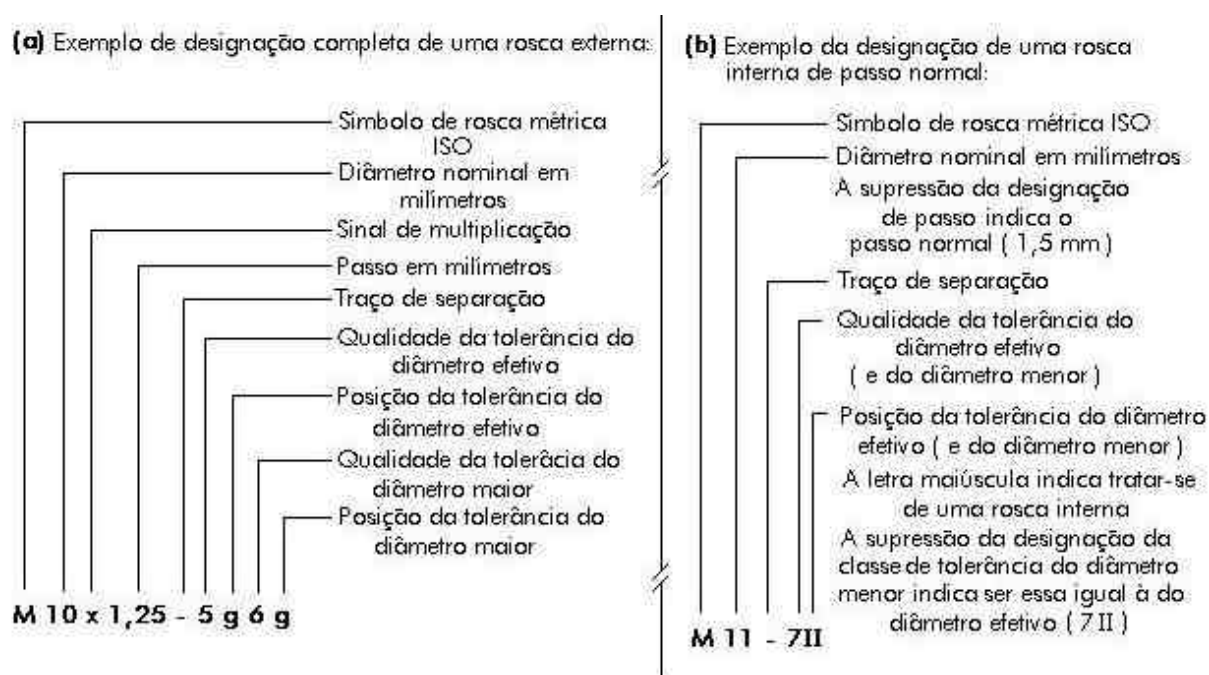


Figura 11.3: Designação de roscas métricas.

11.2 MÉTODOS DE MEDIÇÃO DE ROSCAS

A medição de roscas é abordada tradicionalmente em medição de roscas externas (isto é, roscas tipo parafuso), e medição de roscas internas (tipo porca).

Apesar de terem os métodos alguns procedimentos em comum, há bastante diferenças entre eles. Além disso, a medição de roscas internas é mais complexa e o número de métodos aplicáveis bastante reduzido.

11.2.1 Comparação dos Métodos Ópticos e Mecânicos

Na medição de roscas externas, dispõe-se, basicamente, de dois grupos distintos de métodos: há métodos mecânicos de medição (mais antigos) e, recentemente,

métodos ópticos de medição de roscas, caracterizados pelo uso de um microscópio (com vários acessórios).

Métodos Mecânicos de Medição de roscas estão sujeitos a certas limitações. Por exemplo a medição por meios mecânicos do ângulo do perfil não é aplicável, a não ser para grandes valores de passo e com uso de máquinas de medir especiais. Já a medição do diâmetro do núcleo exigiria o uso de apalpadores de medição especiais e o resultado ficaria fortemente influenciado pelo tipo de contato destes apalpadores no fundo do perfil e pela força de medição utilizada, de modo que a confiabilidade do resultado ficaria comprometida.

Deste modo, os métodos mecânicos de medição limitam-se à verificação do diâmetro externo, do passo e, com grande importância, à verificação do diâmetro de flancos. Estas três medições serão abordadas mais adiante.

Métodos ópticos são caracterizados pelo uso de um microscópio. Todos os parâmetros de uma rosca externa, inclusive o ângulo do perfil e diâmetro do núcleo, são mensuráveis sem problemas, já que o procedimento é direto: mede-se cada um dos parâmetros independentemente dos outros, evitando-se a influência mútua com o subsequente mascaramento dos resultados. Nas roscas internas é possível medir-se apenas os semi-ângulos de flanco, através da confecção de uma " amostra " do perfil real do ângulo da rosca, feita de material com características de deformação volumétrica muito pequena.

Todos os parâmetros da rosca externa são medidas na mesma máquina de medir (microscópio de medição) durante uma única montagem. Os valores numéricos são obtidos sem cálculos intermediários complexos.

Comparando os métodos mecânicos e ópticos, pode-se tecer as seguintes observações:

- a incerteza de medição (erro máximo) dos resultados obtidos com métodos mecânicos na maioria dos casos é menor do que aqueles obtidos com métodos ópticos;
- os métodos ópticos são mais universais permitindo a medição de todos os elementos da rosca, sem exceção;
- genericamente, os métodos mecânicos apresentam certas vantagens na verificação da produção em série. Nesta situação, são mais rápidos e os instrumentos convencionais necessários mais baratos;
- com o surgimento das máquinas de medir por coordenadas, os métodos mecânicos passaram a ser mais utilizados para a medição de parâmetros como diâmetro de flancos, passo e conicidade; o ângulo de flancos é um parâmetro que ainda se obtém melhores resultados com os modernos microscópios de medição.

11.2.2 Métodos Mecânicos de Medição de Roscas

a) Medição do diâmetro externo

A medição do diâmetro externo de roscas por meios mecânicos não difere das medições externas de cilindros lisos.

Devem ser levadas em consideração em cada lado da rosca pelo menos duas cristas dos filetes. No caso de passos grandes pode-se lançar mão de corpos auxiliares como por exemplo, dois blocos padrão a cada lado da rosca.

b) Medição do passo

Na medição do passo de roscas é possível usar dois procedimentos diferentes:

- medição sobre um flanco;
- medição sobre dois flancos vizinhos, ou seja, medição entre " cristas da rosca " .

Na figura 11.4.a, tem-se o perfil de rosca com a marcação nítida do flanco esquerdo do perfil e do flanco direito.

Segundo a definição, o passo (n na figura 11.4.a) é a distância entre dois flancos consecutivos (esquerdos ou direitos).

Se o perfil for ideal, com o passo perfeitamente constante ao longo da rosca, o passo aparece também entre quaisquer pontos do perfil, como por exemplo, entre " cristas da rosca " (n^* na figura 11.4a). Se por outro lado, houver erros locais de passo, os dois procedimentos lembrados oferecem resultados um tanto diferentes. Neste caso, como resultado mais correto, deve ser considerado aquele obtido de acordo com a definição do passo, ou seja, obtido pela medição sobre um flanco só.

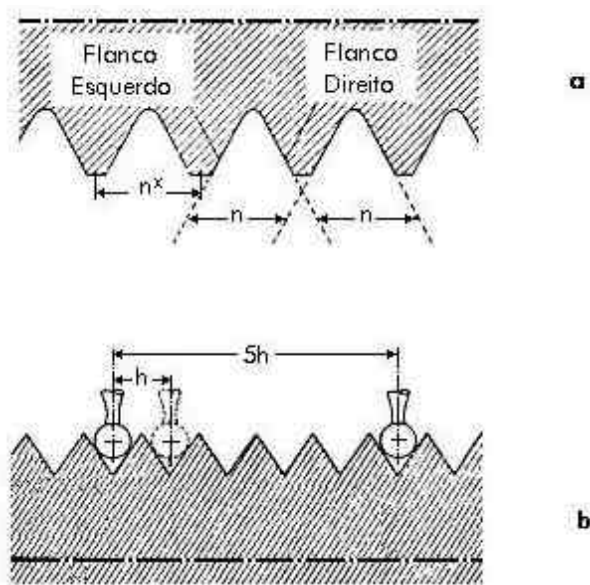


Figura 11.4: Medição do passo.

Nos dois métodos apalpa-se o flanco (ou os flancos) com algum apalpador de medição conveniente. O mais frequente nos métodos mecânicos é o apalpador com ponta esférica. No primeiro método encosta-se o apalpador sempre sobre o mesmo tipo de flanco (por exemplo, sempre o esquerdo) e mede-se o referido deslocamento do apalpador. Este método é menos seguro, visto que o posicionamento pode não ocorrer sempre na mesma altura dos flancos consecutivos.

No segundo método, o apalpador é introduzido entre os filetes da rosca até encostar nos dois flancos vizinhos, figura 11.4b. Nesta posição o centro do apalpador coincide com a linha de simetria do filete da rosca ($\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha/2$, na figura 11.1a). Medindo-se em seguida o deslocamento do apalpador para o filete seguinte (medida h na figura 11.4b), tem-se o valor de um passo. Neste método, porém, é bastante comum deslocar o apalpador em mais do que um filete, como por exemplo, em 5 filetes, obtendo-se depois o passo médio da rosca (figura 11.4b).

Algumas máquinas de medir mecânicas, destinadas a realizar a verificação do passo médio usando o segundo método acima descrito, dispõem de apalpadores cônicos que são ajustados para a medida correta por intermédio de calços-padrão que fazem parte dos acessórios das máquinas de medir.

c) Medição do diâmetro de flancos por meio mecânico

A medição do diâmetro de flancos é uma das mais importantes, pois caracteriza a rosca em projetos de dimensionamento.

Dificuldades surgem porque o diâmetro de flancos não é diretamente disponível para a medição. De acordo com a definição, o diâmetro em questão é a distância medida perpendicularmente ao eixo da rosca na metade da altura do filete. Entretanto, os flancos da rosca encontram-se na realidade deslocados axialmente em valor da metade do passo. Além disso, a ponta central do flanco (onde dever-se-ia medir de acordo com a definição) também não é direta e nitidamente marcada. Logo, não é possível medir o diâmetro de flancos diretamente de acordo com a definição do mesmo.

Servir-se dos diâmetros externos e do núcleo como meios auxiliares para a medição do diâmetro de flancos não é viável nem recomendável, já que estes dois diâmetros são apenas parâmetros secundários para a definição e funcionamento da rosca. Na fabricação dos mesmos não se cuida, por motivos econômicos, de suas dimensões suficientemente para poder aproveitá-los como base de medição.

A solução encontrada e geralmente adotada é servir-se de elementos geométricos auxiliares, como arames calibrados, cones, prismas, esferas, entre os filetes da rosca, permitindo a medição do diâmetro de flancos.

Dois métodos comumente usados serão abordados a seguir.

c.1) O método dos três arames

O princípio deste método está esquematizado na figura 11.5. Num lado da rosca coloca-se, entre dois filetes, um arame e no lado oposto da rosca, dois arames semelhantes.

Os "arames" usados tem a forma de cilindros curtos com geometria de alta qualidade e com diâmetros iguais e conhecidos.

Os três arames acomodam-se nos respectivos filetes tocando os flancos. O diâmetro dos arames deve ser escolhido em função dos parâmetros da rosca a fim de que toquem os flancos perto da linha média do flanco, e ao mesmo tempo, sobressaiam aos filetes.

A medida M_o na figura 11.5a é tomada com algum instrumento de medição com apalpadores planos, por exemplo, com uma Máquina de Medir, e a partir da mesma é possível calcular o diâmetro de flancos. A medição em si é rápida e não exige máquinas complexas, mas os cálculos necessários são incômodos. Para facilitá-los usa-se tabelas, gráficos e/ou softwares específicos para esta finalidade. Tomando-se os cuidados necessários e aplicando-se as correções devidas, os resultados obtidos são muito bons.

Fundamental é a incerteza de medição do instrumento/máquina de medir que é utilizada para medir o valor de M_o .

Para se conseguir os melhores resultados, o diâmetro teórico dos arames a serem utilizados deve ser calculado a partir da fórmula seguinte:

$$d_D = \frac{p}{2 \cdot \cos(\alpha/2)} \quad , \text{ onde } p \text{ é o passo da rosca} \quad . \quad (11.1)$$

Arames com este diâmetro tocam o flanco exatamente na sua linha média, onde teoricamente deveria ser medido o diâmetro. Na prática, porém, isto implicará em grande quantidade de diâmetros dos arames (para vários p e vários h). Por motivos econômicos, são usados jogos de arames com diâmetros normalizados, sendo que então faz-se necessária a devida correção matemática. Os diâmetros dos arames normalizados são citados a seguir (em mm):

0,17	0,455	1,65
0,195	0,53	2,05
0,22	0,62	2,55
0,25	0,725	3,20
0,29	0,895	4,00
0,335	1,10	5,05
0,39	1,35	6,35

O procedimento de seleção do arame é realizado pelo uso da equação 11.1, escolhendo-se o arame de diâmetro normalizado mais próximo do valor calculado.

Muito importante, para redução de erros sistemáticos durante o processo de medição, é utilizar os diâmetros efetivos de cada arame de medição, obtidos pela

calibração dos mesmos, na equação de determinação do diâmetro de flancos. Por exemplo, um erro no diâmetro dos arames igual a 1 μm , gera no diâmetro de flanco de uma rosca métrica (ângulo de flanco igual a 60 °) um erro sistemático de 3 μm .

O valor da leitura sobre arames pode ser deduzido se for estabelecida a premissa de que no corte axial da rosca forem alojados não arames, mas sim, discos de espessura infinitamente fina, com o diâmetro d_D de arames. Neste caso a partir da figura 11.5b, podem ser deduzidas as relações trigonométricas A,B, anotadas nesta figura.

Este resultado tem valor apenas teórico, já que na realidade, a medição não é feita por intermédio de discos finos (como acima pressuposto), mas sim com arames de certo comprimento, que tocam os flancos em planos perpendiculares à hélice da rosca e não no plano de corte axial. Portanto, o ângulo de flanco teórico que se estabelece com o contato do disco fino não é o mesmo ângulo no qual ocorre o contato efetivo do arame.

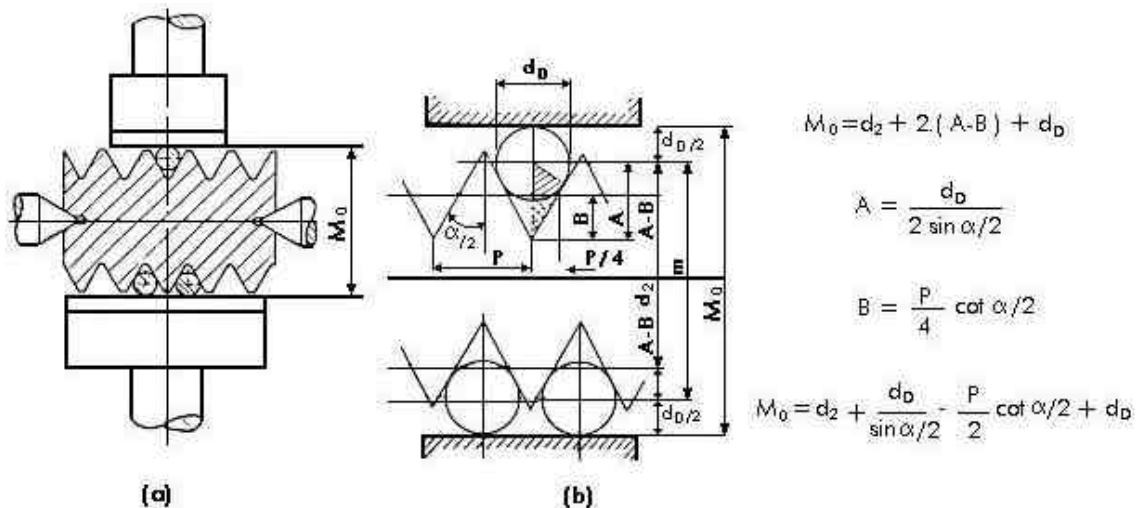


Figura 11.5: O método dos 3 arames.

Estas condições especiais de contato entre arames e flancos deve ser levada em consideração pela correção δ_1 a ser subtraída do resultado acima deduzido porque o arame fica para fora da posição ideal, o que faz com que o valor de M_0 seja maior do que o correto.

O valor desta correção é:

$$d_1 = \frac{d_D}{2} \cdot \frac{p^2}{p^2} \cdot \frac{\cos(a/2) \cdot \cot g(a/2)}{d_2^2} \quad (11.2)$$

sendo apresentado, aqui sem dedução. Este valor pode ser encontrado também a partir de tabelas especiais.

Como exemplo, tem-se, na figura 11.6a, uma tabela referente as roscas métricas ISO normais. O valor M lido na 5a. coluna desta tabela vale para a força de medição zero.

Tamanho nominal da rosca	Diâmetro do arame em mm	Passo em mm	Diâmetro de flancos	M [mm] por força de medição zero	δ_k [μm] por força de medição 10 N	K3 K1= 0,866 K3=-3,000
M1	0,17	0,25	0,386	1,133	7	0,013
M1.1		0,25	0,388	1,232	7	0,013
M1.2		0,25	1,038	1,332	7	0,013
M1.4		0,3	1,205	1,456	7	-0,002
M1.6	0,22	0,35	1,373	1,731	7	0,009
M1.7		0,35	1,473	1,831	7	0,009
M1.8		0,35	1,573	1,931	7	0,009
M2	0,25	0,4	1,743	2,145	6	0,01
M2.2		0,45	1,908	2,172	6	-0,001
M2.3		0,4	2,04	2,444	6	0,01
M2.5		0,45	2,208	2,691	6	-0,001
M2.6	0,29	0,45	2,308	2,789	6	0,001
M3		0,5	2,675	3,113	6	0,001
M3.5	0,335	0,6	3,11	3,595	6	-0,006
M4	0,455	0,7	3,545	4,035	5	0,026
M4.5		0,75	4,013	4,73	5	0,011
M5		0,8	4,48	5,153	5	-0,004
M6	0,62	1	5,35	6,346	5	0,022
M7		1	6,35	7,345	5	0,022
M8	0,725	1,25	7,188	8,282	5	0,002
M9		1,25	8,188	9,282	5	0,002
M10	0,895	1,5	9,026	10,414	4	0,015
M11		1,5	10,026	11,413	4	0,015
M12		1,1	1,75	10,863	12,65	4
M14	1,35	2	12,701	15,021	4	0,098
M16		2	14,701	17,021	4	0,098
M18		2,5	16,376	19,164	4	0,104
M20	1,65	2,5	18,376	21,163	4	0,104
M22		2,5	20,376	23,163	4	0,104
M24	2,05	3	22,051	25,606	3	0,16
M27		3	25,051	28,606	3	0,16
M30		3,5	27,727	30,848	3	0,015
M33	3,5	3,5	30,727	33,848	3	0,015
M36		4	33,402	37,591	3	0,121
M39	2,55	4	36,402	40,59	3	0,121
M42		4,5	39,077	42,832	3	-0,024
M45		4,5	42,077	45,832	3	-0,024
M48	3,2	5	44,752	50,025	3	0,157
M52		5	48,752	54,024	3	0,157
M56		5,5	52,428	57,267	3	0,013
M60		5,5	56,428	61,267	3	0,013
M64	4	6	60,103	66,91	2	0,269
M68		6	64,103	70,91	2	0,269

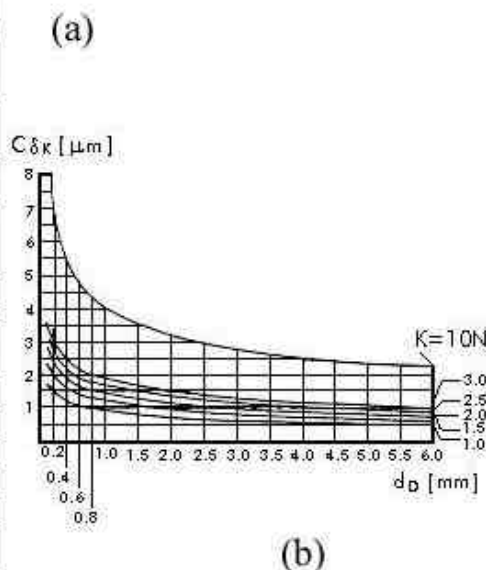


Figura 11.6: Método dos 3 arames ; correções devido à força de medição.

Na realidade não se mede neste método com a força nula, de modo que ocorre o " erro por achatamento " , ou seja, os arames se deformam sob a força de medição verdadeiramente usada na medição, e o resultado obtido é menor do que sem achatamento. O erro pode ser eliminado pela introdução de uma correção cujo valor para $\alpha = 60^\circ$, é:

$$C_{d_k} = 0,86 \cdot \sqrt[3]{\frac{K^2}{d_D}} \quad (11.3)$$

e que deve ser somada ao resultado anteriormente obtido.

Este valor pode ser obtido a partir do gráfico na figura 11.6b ou calculado como produto entre o valor de δ_k , retirado da penúltima coluna da tabela na figura 11.6a, e o coeficiente $C = \sqrt[3]{K^2}$ onde K é a força de medição em N.

Na figura 11.6b tem-se no eixo das ordenadas os diâmetros de arames d_D em mm e no eixo das abcissas lê-se o valor da correção $C\delta_k$, em função das curvas para

diferentes forças de medição (de baixo para cima, à direita, força K = 1 N; 1,5 N; 2,0 N; 2,5 N; 3,0 N e 10 N).

Os valores de M dados nas tabelas são calculados para os valores d_D dos arames que constam do jogo normalizado e para os valores teóricos de $\alpha/2 = 30^\circ$ (perfil métrico perfeitamente simétrico) e do passo p também teoricamente correto. Se qualquer destas grandezas sofrer alterações, torna-se imperativo, para se obter confiabilidade dos resultados, introduzir correções adicionais. Apesar de que alguns elementos para o cálculo das correções constarem na última coluna da tabela na figura 11.6a, não serão os mesmos abordados neste curso. Portanto, a fórmula final para cálculo do diâmetro de flanco fica sendo:

$$d_2 = M_0 - \left(\frac{d_D}{\text{sen}(\alpha/2)} \right) + \frac{P}{2} \cdot \cot g(\alpha/2) - d_D - d_1 + C_{dk} \quad (11.4)$$

c.2) O método com cones e prismas

Os métodos está esquematizado na figura 11.7a. Os respectivos apalpadores podem ser adaptados nas pontas de vários instrumentos de medição, sendo um dos mais usados o micrômetro (figura 11.7b e c).

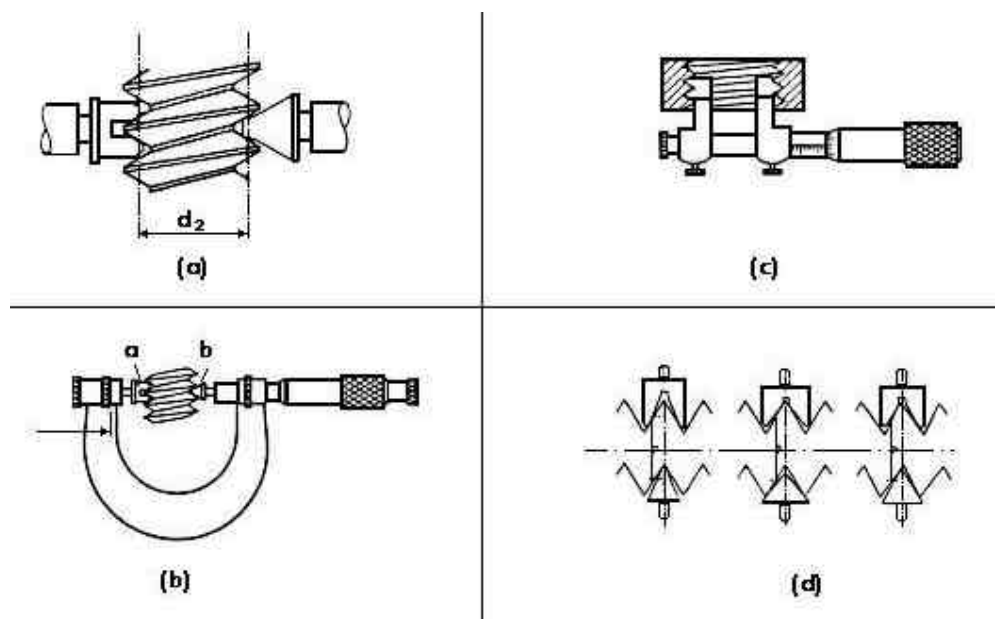


Figura 11.7: Medição de roscas ; método do prisma-cone.

O prisma deve ser inserido na ponta sem folga, porém, facilmente girável, já que no momento da medição deve se acomodar sobre o flanco de acordo com o passo da rosca.

O método é bastante comum em oficinas, já que oferece rapidamente os resultados, sem cálculos adicionais e de fácil aprendizagem .

Porém, este método não deve ser empregado para um controle rigoroso do diâmetro de flancos de calibradores de rosca, já que a incerteza de medição de processo é elevada, isto é, não adequada para calibração destes padrões.

O maior problema reside na necessidade de se ter a coincidência perfeita entre os perfis da rosca com o cone e o prisma. Qualquer erro angular em qualquer das peças envolvidas, provocará erros de medição, como mostra nitidamente, em forma exagerada, a figura 11.7d.

c.3) O método das duas esferas

A medição do diâmetro de flanco de roscas internas pode servir-se do princípio de medições diferenciais segundo o método das duas esferas (figura 11.8c). Como padrão de referência para esta medição utiliza-se blocos padrão de comprimento em conjunto com padrões especiais (blocos de transferência) que possuem, segundo o ângulo de flanco da rosca a medir, chanfros de 55° ou 60° (figura 11.8b). A distância (a + b) (figura 11.8b) destes blocos especiais é conhecida, determinada por calibração.

Para a montagem do padrão de referência, existem basicamente dois procedimentos. O primeiro utiliza um bloco padrão comum, montado entre os blocos de transferência (figura 11.8b), de modo que o valor final do comprimento entre os vértices dos flancos (X na figura 11.8a) seja um valor aproximado ao do diâmetro de flanco da rosca a medir (figura 11.8a).

O valor " X " é calculado segundo a fórmula:

$$X = d_2 + \frac{p}{2} \cdot \cot g\left(\frac{\alpha}{2}\right) + \frac{\frac{p^2}{8}}{d_2 + \frac{p}{2} \cdot \cot g\left(\frac{\alpha}{2}\right) - \frac{d_K}{\operatorname{sen}\left(\frac{\alpha}{2}\right)}} \quad (11.5)$$

onde: d_2 - diâmetro de flanco em mm
 p - passo em mm
 α - ângulo de flanco em graus
 d_K - diâmetro das esferas em mm.

O segundo procedimento, além de utilizar o bloco entre os padrões de transferência, utiliza outro bloco sob um destes a fim de que haja uma defassagem entre os flancos, correspondente ao valor do passo da rosca a medir (figura 11.8d).

Estudos experimentais constataram não haver diferença significativa entre os resultados apresentados por um ou outro método.

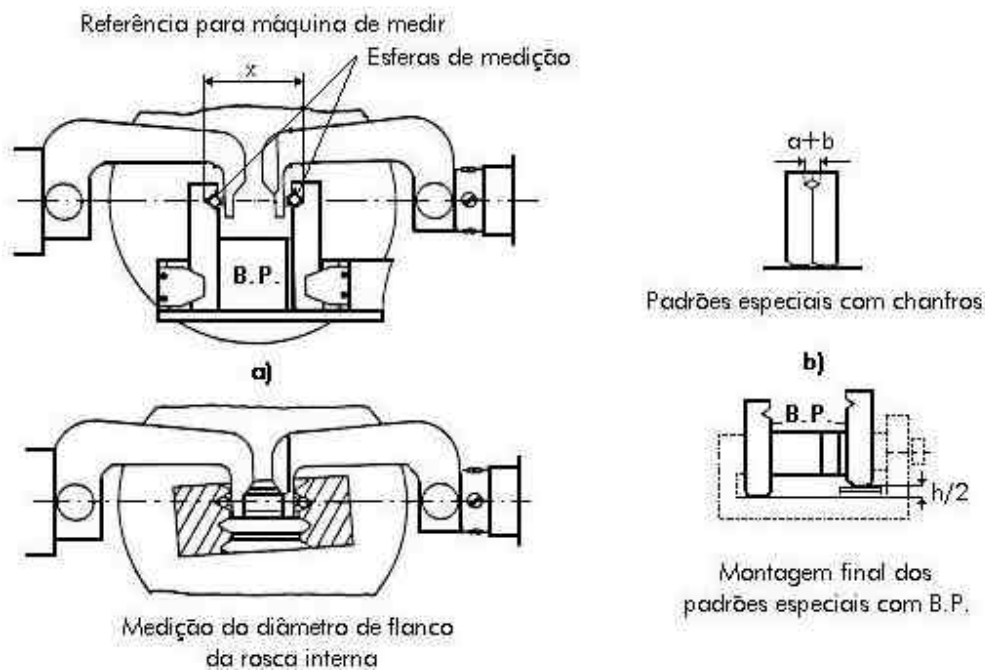


Figura 11.8: Medição de roscas internas.

Assim como os arames de medição, as esferas também apresentam diâmetros normalizados. Estes são 0,7; 0,8; 0,9; 1,35; 1,7; 1,8; 2,3; 3,1 e 3,3 mm .

O processo de medição do diâmetro de flancos de roscas internas é mais complexo do que o método dos três arames, exigindo muita atenção no seu equacionamento e durante as medições.

A medição é realizada com auxílio de uma máquina de medir que apresenta dispositivos e acessórios especiais.

O método do cone-prisma é utilizado com frequência para medição de roscas internas (figura 11.7c). Porém, a incerteza de medição deste método, a exemplo das roscas externas, não é adequada para realizar a calibração de calibradores.

A calibração de calibradores de rosca exige máquinas de medir de alta qualidade, como por exemplo as que se utilizam do princípio de ABBÉ.

11.2.3 Método Óptico de Medição de Roscas Externas

Como já lembrado, os métodos ópticos são caracterizados pelo uso de um microscópio.

O microscópio para medição de roscas é projetado para esta finalidade, com a vantagem de disporem de oculares especiais chamadas pelo fabricante de " oculares-revólver ". Cada ocular é constituída de uma placa giratória de vidro, com vários desenhos de roscas e traços perfeitamente delineados, obtidos por gravação a ácido. As

figuras gravadas aparecem no campo visual do microscópio junto com a imagem da rosca a ser medida.

Basicamente, dois são os métodos utilizados para medição óptica do diâmetro de flanco. Embora os métodos sejam diferentes, não são necessários cálculos complexos na obtenção dos valores efetivos.

a) Processo de intersecção dos eixos:

A medição por este processo é feita tangenciando os gumes das facas de medição nos flancos da rosca, num plano horizontal, coincidente com o eixo axial do calibrador. Estas facas tem, paralelamente ao gume, um traço fino que é utilizado como linha auxiliar nas medições. Esta linha auxiliar é coincidente com o espaçamento entre os reticulados na ocular goniométrica para determinadas aplicações pré-definidas.

Neste processo, o cabeçote do microscópio deve permanecer na posição vertical (inclinação zero).

Utiliza-se também, ao mesmo tempo, iluminação diascópica (de baixo para cima) para visualização do flanco, e episcópica (de cima para baixo) para observação do traço na face de medição.

A medição consiste em tangenciar o reticulado à linha de medição da faca em um lado da rosca e a seguir, dando um deslocamento do calibrador apenas na direção perpendicular à axial, tangenciar o reticulado no lado oposto da rosca.

A diferença entre as leituras realizadas é o valor do diâmetro de flanco da rosca.

b) Processo de Duplicação do Perfil

Uma ocular de duplicação, através de um prisma, duplica e inverte o perfil da rosca, permitindo uma simulação de acoplamento (encaixe) da imagem duplicada com o perfil real da rosca. As leituras obtidas através da simulação deste acoplamento dos dois lados da rosca determinam o valor do diâmetro de flanco efetivo.

A medição do diâmetro externo, diâmetro de núcleo, passo e ângulos de flanco são feitas diretamente nos oculares comuns.

Na figura 11.9a, tem-se o exemplo do campo visual de um microscópio munido com ocular/revólver para as roscas métricas.

O contorno do perfil da rosca a ser medido é desenhado na figura com traço grosso. Os perfis que constam da placa giratória da ocular-revólver aparecem em linha tracejada com números indicando o passo de cada um dos perfis.

No campo visual aparece uma escala em graus (a margem esquerda do campo visual na figura 11.9a) para o posicionamento correto de perfis da placa giratória. Deve-se lembrar ainda que no campo visual aparece, de uma vez, só parte dos

desenhos gravados; o resto é visível ao girar a placa por intermédio do parafuso apropriado.

Para se ter uma idéia de todos os desenhos que constam em uma das placas, na figura 11.9b, tem-se o caso bastante típico da placa giratória para a medição de roscas métricas ISO.

Constam na placa:

- no segmento A, os perfis métricos corretos para os passos de 0,075 até 6 mm;
- R - duas figuras perpendiculares, com traços duplos, usadas como miras para o começo e o fim de um caminho de medição, na direção dos eixos X e Y, respectivamente;
- C - uma escala para a medição rápida de 0,01 até 0,1 mm;
- D - duas escalas horizontais e uma vertical com divisões correspondentes a 0,02 mm, sendo a extensão total de cada escala de 4 mm. Estas escalas servem para a medição rápida de profundidades de roscas, acabamentos de pontas de roscas, etc.;
- E - linhas tracejadas oblíquas, com ângulo de 60° (intercalados com escalas D), usadas para a medição do ângulo de flancos;
- F - uma cruz de fios, tracejada, para a medição de ângulos pequenos (até $\pm 7^\circ$) junto com a escala na ocular (compare na figura 11.9a a escala na extrema esquerda), para medição com apalpador adicional e outras medições;
- G - uma figura de traços duplos, com 60° para a medição de passos de roscas.

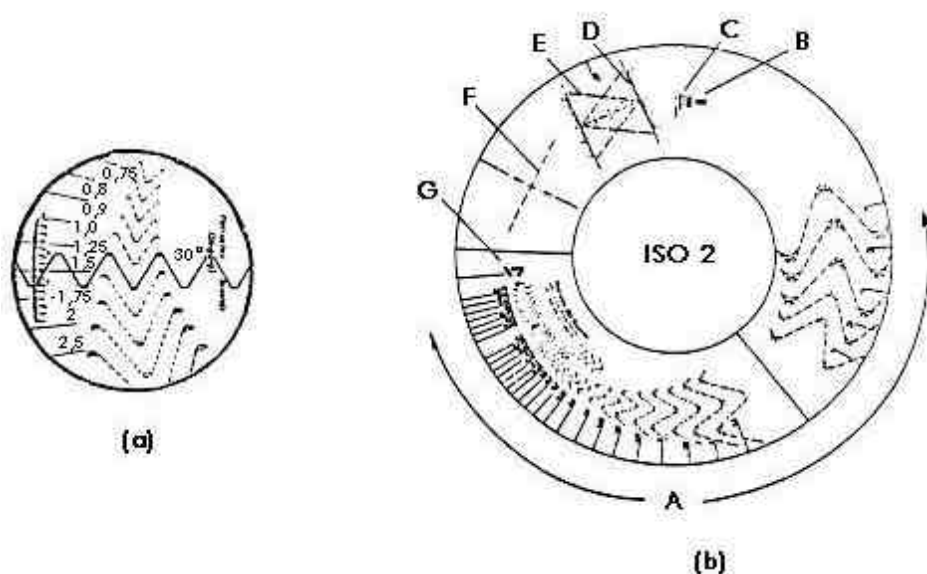


Figura 11.9: Método óptico de medição de roscas.