

A EVOLUÇÃO DOS REDUTORES

A evolução dos materiais, tratamento térmico e das máquinas operatrizes fizeram grandes alterações no fator peso/potencia dos redutores de velocidade.

Na tabela a seguir mostra como se deu essa evolução. A coluna em amarelo é a referencia para nós para acompanha a evolução.

À esquerda todos os valores aumentam e à direita os valores diminuem exceto os pesos dos rolamentos que aumentam.

O fator de segurança no flanco SH e o fator de segurança no pé do dente SF diminuem sem ultrapassar os limites mínimos admissíveis.

Nota-se que com a evolução o peso do redutor passou de 8505 kg para 1050 kg, mantendo como vemos os fatores SF e SH dentro do mínimo.

Com a redução do tamanho do redutor para uma mesma potencia trouxe consigo a consequência da diminuição da capacidade térmica dos redutores. Capacidade térmica de um redutor é a capacidade dele trocar calor com o meio ambiente.

Relatando a evolução descreveremos abaixo o ano das mudanças.

Ano de 1952

Material utilizado: **SAE 1045**

Pinhão e engrenagem

Fabricação: só fresados

Qualidade: desconhecida

Peso do redutor=8505 kg

Ano de 1962

Material: **Aço liga 42 Cr Mo 4**

Pinhão e engrenagem.

Fabricação: só fresado

Qualidade: desconhecida

Peso do redutor=4860 kg

Ano de 1972

Pinhão

Material: - **20 Mn Cr 5.**

(cementado, temperado e retificado).

Qualidade: DIN 6 (Pequenos diâmetros < 8") Só existia pequena máquinas.

Engrenagem

Material: **-42 Cr Mo 4** só fresada com qualidade Q>DIN 8
Peso do redutor: 3465 kg

Ano de 1972 e 1975

Neste período houve na Europa muitos estudos para melhorar o desempenho e a relação peso/potencia.

Estudaram a nitretação, tempera por indução e por chama para o endurecimento superficial dos dentes. Entretanto não se conseguiam melhorar a qualidade do endentamento. No caso de tempera por indução e por chama o par era lapidado. Com este artifício a qualidade das engrenagens permanecia maior que DIN 8.

Estes processos foram abandonados pelas grandes empresas e fazem parte do passado para os redutores modernos. Somente engrenagens com dentes internos para planetários permaneceram só fresadas e nitretadas. O próximo passo é cementar, temperar e retificar todas as engrenagens internas.

Ano de 1975

Engrenagens e pinhões

Material: **20 Mn Cr 5 ou SAE 4320.**

(cementado, temperado e retificado).

Qualidade: DIN 6

Peso: **1581 kg**

Ano de 1978 em diante.

Engrenagens e pinhões

Material : **17 Cr Ni Mo 6.**

(cementado, temperado e retificado).

Qualidade: DIN 6

Peso: **1050 kg**

Este é o melhor resultado, até hoje.

Com a diminuição do peso tivemos por conseqüência a redução da área. Com a redução da área veio a diminuição da capacidade térmica dos redutores.

Diz-se que um redutor tem capacidade térmica suficiente quando após um após duas horas de trabalho a temperatura do óleo se estabiliza entre 85°C máximo sem carga e 90°C máximos com carga. Essa temperatura

não é prejudicial aos redutores. Esta temperatura máxima poderá ter que ser menor de acordo com certas aplicações e conforme exigência do cliente. Em alguns casos quando o redutor vai trabalhar em lugares onde há circulação de pessoas provocam incômodos. A temperatura de 60°C é excelente para o redutor porem a pele humana não resiste ao toque nessa sensação térmica.

Existem clientes que não aceitam que seus redutores ultrapassem a 70°C a temperatura externa. Isto torna o redutor mais caro.

CONSEQUÊNCIA EM RELAÇÃO AO RENDIMENTO.

Em valores aproximados, 1% da potencia de cada par de engrenagens cilíndricas e 1,5% da potencia de um par de engrenagens cônicas helicoidais são transformado em calor.

Essa perda de potencia se dá por causa do atrito:

- No engrenamento.
- Nos rolamentos.
- No banho de óleo.
- Nos retentores.
- Nos acessórios (Bomba de óleo, contra recuo, etc).

O calor é absorvido pelo óleo e transmitido para carcaça que por sua vez libera calor para o meio ambiente se a refrigeração for natural.

De acordo com o meio ambiente o redutor pode apresentar temperaturas diferentes. Isto se deve à capacidade do meio ambiente de dissipar calor.

Para fins de cálculo consideramos três ambientes. Cada um apresentando sua capacidade de transmissão de calor para o meio ambiente.

Eles são:

- Ambiente fechado onde o redutor fica confinado.
- Galpão amplo onde o redutor recebe alguma corrente de ar.
- Ao ar livre onde o redutor recebe uma grande corrente de ar.

Assim vemos que a evolução do redutor com a redução do seu tamanho/peso nos trouxe outro problema que é a capacidade térmica menor. Toda evolução foi feita mantendo-se o mínimo de segurança no flanco e no pé que são:

Considerando o fator de aplicação KA igual a 1 para potencia nominal do redutor mantendo os fatores mínimos de segurança SH =1,0 (flanco) e SF = 1,4(no pé) e fomos, a medida que tudo evoluía, diminuindo o tamanho/peso do redutor.

Elaborado pelo eng: Clerisson Passos-BH

1978
até
2016

1975

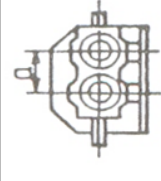
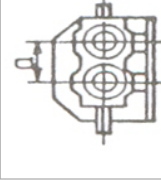
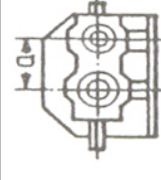
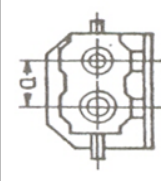
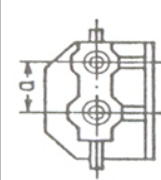
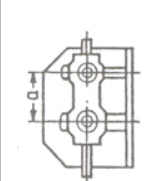
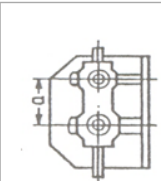
1972

1972

1972

1962

1952

Material	Pinhão e engrenagem em 17CrNiMo6	Pinhão e engrenagem em 20MnCr5 Ou SAE 4320	Pinhão e engrenagem 34CrMo4	Pinhão e engrenagem 31CrMoV9	Pinhão: 20MnCr5 ou SAE 4320 Engrenagem: 42CrMo4 (SAE 4140)	Pinhão e engrenagem 42CrMo4 (SAE 4140)	Pinhão e engrenagem C45 (SAE 1045)
T. Térmico	Cementado temperado	Cement. temperado	Temperado por indução ou por chama.	Nitretado a gás	Pinhão: Cem./ temp. Engrenagem: Beneficiada	Beneficiado	Normalizado
Método de fabricação	Retificado	Retificado	Fresado e lapidado	Fresado com rugosidade 3.2	Pinhão: retificado Engr.: Fresada	Fresado	Fresado
Distância "av" Módulo normal	$\frac{360\text{mm}}{12}$	$\frac{390\text{mm}}{12}$	$\frac{470\text{mm}}{14}$	$\frac{490\text{mm}}{10}$	$\frac{585\text{mm}}{10}$	$\frac{650\text{mm}}{10}$	$\frac{830\text{mm}}{10}$
Construção							
Peso dos rolamentos	120 Kg	120 Kg	105 Kg	105 Kg	95 Kg	95 Kg	95 Kg
Peso total	1050 Kg	1581 Kg	2390 Kg	2620 Kg	3465 Kg	4860 Kg	8505 Kg
Porcentagem do peso total	22 %	33 %	49 %	54 %	71 %	100 %	175 %
Porcentagem do preço	60%	63 %	66%	78 %	85 %	100 %	132 %
Segurança S_H (No flanco) Segurança S_F (No pé)	1,2 2,0	1,6 2,3	1,4 2,3	1,3 2,3	1,3 3,9	1,3 5,7	1,3 6,1