

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia Mecânica

Projeto Mecânico

Projeto de uma Bobinadeira

Professor Orientador
Marcelo Alves

Professores Coordenadores
Edson Gomes
Omar M. Madureira

ALUNOS

Carlos Alberto Yamada
Marco Minoru Sasaya

NºUSP

2831550
8239166

ÍNDICE

	Pag.
<i>INTRODUÇÃO</i>	1
<i>ESTUDO DA VIABILIDADE</i>	2
<i>Estabelecimento da Necessidade</i>	2
<i>Formulação do Projeto</i>	3
Aspectos Construtivos	3
Aspectos Operacionais	3
Aspectos Funcionais	4
<i>Síntese de Soluções</i>	5
Entradas Desejadas	5
Saídas Desejadas	6
Entradas Indesejadas	6
Saídas Indesejadas	7
Matriz	8
A) Acionamento	9
B) Transmissão	9
C) Variador de Velocidades	10
D) Método de Fixação da Bobina	11
E) Mecanismo para Variar o Diâmetro	12
F) Freios	17
G) Fixação da Chapa no Dispositivo	20
Matriz de Soluções	22
<i>Exequibilidade Física</i>	23
<i>Viabilidade Econômica</i>	24
Viabilidade Econômica para o Usuário	24
Viabilidade Econômica para Fabricação	24
<i>Viabilidade Financeira</i>	29
<i>Conclusão</i>	30

<i>PROJETO BÁSICO</i>	31
<i>ESCOLHA DA MELHOR SOLUÇÃO</i>	31
<i>MODELAGEM E CONCEPÇÃO DO PROJETO</i>	35
<i>Seleção do Motor</i>	36
<i>Verificação das Tensões na Castanha</i>	39
<i>Dimensionamento do Eixo</i>	43
<i>Verificação do Limite de Fadiga</i>	45
<i>Seleção do Mancal de Rolamento</i>	48
<i>Determinação das Rotações de Trabalho do Motor</i>	49
<i>Dimensionamento das Engrenagens</i>	50
<i>Dimensionamento do Parafuso de Potência</i>	53
<i>Seleção do Rolamento</i>	54
<i>Dimensionamento do Inversor de Frequência</i>	54
<i>Seleção do Redutor a Engrenagens Cilíndricas</i>	57
<i>Seleção do Acoplamento Elástico</i>	58
<i>ANÁLISE, CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</i>	59
<i>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</i>	60
<i>ANEXOS</i>	61

INTRODUÇÃO

Este trabalho de formatura está sendo desenvolvido com o tema projeto de dispositivos para bobinar chapas, sob a orientação do Prof. Marcelo Alves, a fim de atender às disciplinas Projeto Mecânico I e II (PMC-580 e PMC-581 respectivamente).

O objetivo geral do trabalho é o estudo de novas soluções ou o aprimoramento das bobinadeiras existentes, sendo que na primeira etapa será feito um estudo de viabilidade do projeto, analisando-se assim, a necessidade de realização do trabalho, elaborando-se os requisitos necessários. Parte-se, então, para a busca de soluções viáveis técnica, econômica e financeiramente.

Na segunda etapa será apresentado o projeto básico da melhor solução escolhida. Busca-se a otimização do dispositivo, através de toda uma formulação matemática imprescindível para o traçado do mecanismo.

Assim abrem-se as portas para a elaboração de um futuro projeto executivo, baseado em estudos mais profundos do que é aqui apresentado e na finalização de testes complementares. Fica também um modelo para o desenvolvimento de trabalhos que envolvam o projeto de mecanismos semelhantes.

ESTUDO DA VIABILIDADE

A fase inicial de qualquer projeto é um estudo preliminar que visa determinar sua viabilidade. A partir de uma análise de necessidades, chegou-se a possíveis soluções, determinando-se quais as realmente viáveis. Os itens a seguir representam esta fase:

Estabelecimento da Necessidade

O processo de produção para alta produtividade de peças feitas por punctionamento, laminação, perfilação, etc., é baseado no princípio de linha de produção contínua. Para que o processo seja contínuo nas operações mencionadas acima, a matéria-prima utilizada são chapas bobinadas, surgindo assim a necessidade de bobinadeiras para este tipo de produção.

A cinemática e o projeto de bobinadeiras variam de acordo com as características de funcionamento do equipamento de produção, pois as especificações destas variam em função de sua operação, fabricante, material a ser processado, etc. Portanto a concepção de mecanismos de bobinamento deve adequar-se à máquina de produção e às condições de produção pois as bobinadeiras são máquinas auxiliares destas, colocando assim este dispositivo na categoria de máquinas especiais, ou seja, projetado para um fim muito específico com pouca flexibilidade e projetado um a um.

Este trabalho, tem como objetivo solucionar o problema de fornecer matéria-prima continuamente em dois tipos de equipamentos, uma estampadeira e uma perfiladeira. A solução adotada é a utilização de chapas bobinadas, surgindo assim a necessidade do bobinador.

Como este tipo de dispositivo é de uso muito específico, principalmente neste caso que exige flexibilidade para poder funcionar com dois tipos de equipamentos diferentes, e com pouca demanda no mercado, não existe a produção seriada deste, existindo poucas empresas que projetam e fabricam este equipamento, elevando bastante o custo do mesmo devido a pequena concorrência e pouca procura. Portanto ocorreu a necessidade de projetar e fabricar o nosso próprio dispositivo.

Formulação do Projeto

Para satisfazer as necessidades anteriormente expostas, a bobinadeira deverá atender determinados aspectos construtivos, operacionais e funcionais.

- **Aspectos Construtivos**

O mecanismo deve ser desenvolvido de forma a atender os seguintes requisitos:

A) Peso máximo 10 ton.

Este peso é o máximo suportado pela ponte rolante do local de trabalho do dispositivo, pois este terá que ser transportado de um equipamento para outro facilmente e a única forma de se satisfazer esta exigência é através da ponte rolante.

B) Dimensões máximas do mecanismo:

Largura	1500 mm
Comprimento	2000 mm
Altura	2000 mm

Estes limites devem ser estabelecidos de forma a evitar problemas de espaço disponível e mobilidade.

C) Altura do piso ao centro da bobina: 800 mm

A altura citada acima deve ser mantida para melhor alinhamento da chapa com a máquina operatriz.

- **Aspectos Operacionais**

Devem ser previstos os seguintes itens, do ponto de vista operacional:

A) Facilidade de Transporte

O mecanismo não deve impor dificuldades de transporte da fábrica para o local onde será utilizado.

B) Instalação

O mecanismo deve ser fixo no piso por meio de chumbadores a fim de evitar movimentos do dispositivo e para maior segurança do operador.

C) Manutenção Preventiva

As operações de manutenção devem ser simples, exigindo baixo tempo de parada, baixo custo e feitas em períodos longos, estabelecendo-se uma frequência máxima de operação a cada ano. Manutenção dos mancais e lubrificação do sistema devem ser feitas a cada 6 meses e a manutenção da transmissão a cada 3 meses.

- **Aspectos Funcionais**

Deve-se atender as seguintes especificações:

A) Carga máxima suportada pelo dispositivo: 4000 kgf

O dispositivo deve ser utilizado para bobinar chapas com as dimensões a seguir :

Dimensões da Chapa:	Largura máxima: 350 mm
	Largura mínima: 300 mm
	Espessura da chapa #14: 1,98mm

B) Velocidade de Bobinamento

O dispositivo deve ser capaz de operar em regimes contínuos e intermitentes. No caso de trabalhar em regime intermitente o sistema deverá ser sincronizado automaticamente com a operação de estampagem. No regime contínuo, este equipamento deverá funcionar, com velocidades tangenciais constantes durante a operação que variam de 5 e 30 metros por minuto sendo a seleção do regime de trabalho, contínuo ou intermitente, feita manualmente. No caso do regime de operação ser contínua a seleção da velocidade tangencial deverá ser feita de forma contínua manualmente e a compensação da variação da velocidade tangencial devido a variação do diâmetro externo da bobina deverá ser feita automaticamente.

SÍNTESE DE SOLUÇÕES

Entrada e Saída

Pode-se considerar o projeto como uma pequena caixa preta, com entradas desejadas e indesejadas bem como saídas desejadas e indesejadas, que devem ser previstas. Esquematicamente, temos (figura 1):

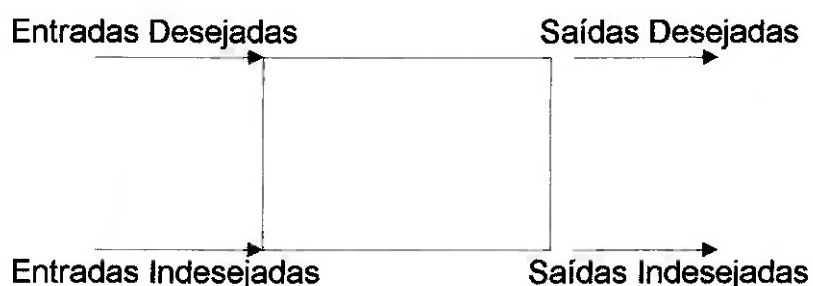


figura 1: representação das entrada e saídas do projeto

Estas são representadas por:

Entradas desejadas

A) Carga máxima: 4000 kgf

Este é o máximo valor admissível pois serão utilizadas bobinas de até 4000 kgf.

B) Energia

Este item é necessário para o funcionamento de motores que acionam o mecanismo, devendo ser disponível no local de utilização, energia elétrica com voltagem de 220V, trifásica e linhas de pressão hidráulica.

C) Dimensões do chapa a ser bobinada:

As dimensões da chapa a serem bobinadas devem ter os máximos valores citados nas especificações de projeto.

D) Velocidade de bobinamento

O mecanismo deve ser capaz de operar em regimes contínuos e intermitentes devendo ter um dispositivo que varie sua velocidade angular, de modo que sempre possua velocidade tangencial constante.

Saídas Desejadas

A) Troca de Bobina

O mecanismo deve possuir um dispositivo que facilite a colocação e retirada de bobinas.

B) Variação do Diâmetro da Bobina

Podem ser colocadas bobinas de diferentes diâmetros onde deve-se variar a posição de fixação das castanhas.

C) Segurança e conforto para o operador

O dispositivo deve ser dimensionado de forma a transmitir segurança para o operador, sem nenhum risco para ele durante o serviço. Além disso, devem ser evitados componentes ou conjuntos que, devido à sua posição, dificultem o serviço do operador e ponham em risco sua vida.

D) Segurança para a Bobina

A fixação da bobina deve ser altamente eficiente, de forma a evitar qualquer possibilidade de queda ou danos ao mecanismo e a bobina.

E) Elevada Durabilidade

O tempo mínimo de vida útil estipulado é de 20 anos, o que envolve um bom sistema de proteção contra poeira, corrosão, e exige a utilização de componentes de boa qualidade.

Entradas Indesejadas

A) Carga Excessiva

Deve-se considerar o fato da má utilização do dispositivo, na tentativa de bobinar mais material com carga acima de 4000 kgf, de forma a não provocar danos irreversíveis e nem causar acidentes de trabalho.

B) Funcionamento das Castanhas

As castanhas devem se deslocar igualmente a fim de que a peça bobinada não resulte numa bobina 'ovalada'.

C) Comandos Errados

Uma má utilização a ser prevista é o controle errado do dispositivo, procurando minimizar o risco de acidentes.

Saídas Indesejadas

A) Ruídos Excessivos

O mecanismo deve permitir a propagação de baixos níveis de ruídos, tanto no bobinamento quanto na variação do diâmetro da bobina a fim de não tornar insuportável o ambiente de trabalho.

B) Falhas na fixação da peça

A peça deve ser bem fixada a fim de se evitar que se solte, deixando de girar solidariamente à castanha. Por isso deve-se projetar um mecanismo de fixação que seja durável e não solte a peça. Entretanto, a operação de retirada da bobina deve ser facilitada..

C) Troca da Bobina

Caso a peça bobinada fique 'emperrada' no dispositivo, este deve poder variar o diâmetro entre as castanhas com a finalidade de se poder retirar a peça.

Síntese de Soluções

Função	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C	Alternativa D	Alternativa E
Acionamento (Bobinadeira)	Motor Elétrico CA	Motor Elétrico CC	Motor Hidráulico		
Transmissão	Redutor de Engrenagens Cilíndricas	Polias com Correia	Roda Dentada com Correia	Redutor com Rosca Sem Fim	
Variador de Velocidades	Variador Eletromagnético	Variador Contínuo de Velocidade	Caixa de Câmbio	Inversor de Frequência	Válvula Proporcional
Método de Fixação da Bobina	Interno por Castanhas	Externo por Roletes			
Mecanismo para Variação do Diâmetro Interno	Pistões Hidráulicos	Placa com Rosca Radial Helicoidal com Castanhas	Parafuso de Força Acionado por Engrenagens Cônicas	Alavancas Acionados por Parafuso de Força	Alavancas Acionados por um Pistão Hidráulico
Dispositivos para Parar o Sistema	Freio de Fita	Freio Acionado por Sapatas Externas	Freio a Tambor (Sapatas Internas)		
Fixação da Chapa no Dispositivo	Mecanismo de 4 Barras	Fixador do tipo Morsa	Camo Fixador	Camo Fixador cm Alavanca	

A) Acionamento

O acionamento poderá ser feito por motor elétrico de corrente alternada ou contínua, ou ainda por motor hidráulico. O motor de corrente alternada tem a vantagem de poder utilizar a energia elétrica diretamente da rede sem nenhum refinamento, o que não é o caso do motor de corrente contínua que necessita de uma corrente retificada para a sua operação. A utilização de motores elétricos é uma solução que possui um custo relativamente baixo. O motor hidráulico é máquina hidrostática que transforma pressão hidráulica em momento de torção.

B) Transmissão

A transmissão do torque do motor para o eixo motriz poderá ser feito por engrenagens, polias com correia, roda dentada com corrente e por redutor com rosca sem fim.

A transmissão por engrenagens distingue-se pela transmissão de forças sem deslizamento (relação de transmissão constante e independente do carregamento), pela segurança de funcionamento e pela vida, pela resistência às sobrecargas e devido à pequena manutenção, pelas dimensões reduzidas e devido ao alto rendimento. Deve-se levar em conta o seu maior custo bem como os maiores ruídos durante o funcionamento e a transmissão relativamente rígida (eventualmente deve ser previsto um acoplamento elástico para amortecer os choques).

As transmissões por correntes empregam-se para eixos paralelos com maior distância entre eixos do que no caso de engrenagens cilíndricas, e para relações de multiplicidade até 6 (em casos extremos até 10), com um rendimento de 97 a 98 % e também não apresentam escorregamentos. E em comparação com as transmissões por engrenagens cilíndricas, o preço é da ordem de 85%, apresentando além disso, a vantagem de uma só corrente poder acionar várias rodas.

As transmissões por correias caracterizam-se por sua construção extremamente simples, funcionamento silencioso e uma capacidade considerável de absorver choques elasticamente. Seu rendimento é elevado (95 a 98%) e o preço é reduzido (aproximadamente 63% daquele da transmissão por engrenagens cilíndricas); em compensação, suas dimensões são maiores, bem como as distâncias entre eixos e as cargas dos mancais; a vida das correias é menor e as transmissões por correias apresentam um escorregamento de 1 a 3% na transmissão da força.

A utilização de redutores de rosca sem fim permite maiores relações de transmissão na redução (até 100) e na multiplicação (até aproximadamente 15). Possui um alto rendimento (até 98%), que pode ser conseguido por meio de certas condições, pois ele diminui principalmente para ângulos pequenos de avanço, para pequenas velocidades de escorregamento e para construções menores. Em relação às engrenagens, são geralmente menores e mais fáceis de serem fabricadas e para grandes relações de transmissão, mais econômicas.

C) Variador de Velocidade

O variador de velocidade eletromagnéticos funciona com a variação da excitação da bobina que provocará um aumento ou diminuição do fluxo magnético que por sua vez modifica a força de arraste da aranha proporcionando assim um controle contínuo da velocidade de saída com aceleração suave independente da carga.

Já o variador contínuo de velocidade é uma solução totalmente mecânica onde pode-se variar a relação de transmissão entre as polias variando-se mecanicamente as distâncias entre as duas semi-polias como pode-se observar no croqui abaixo (figura 2).

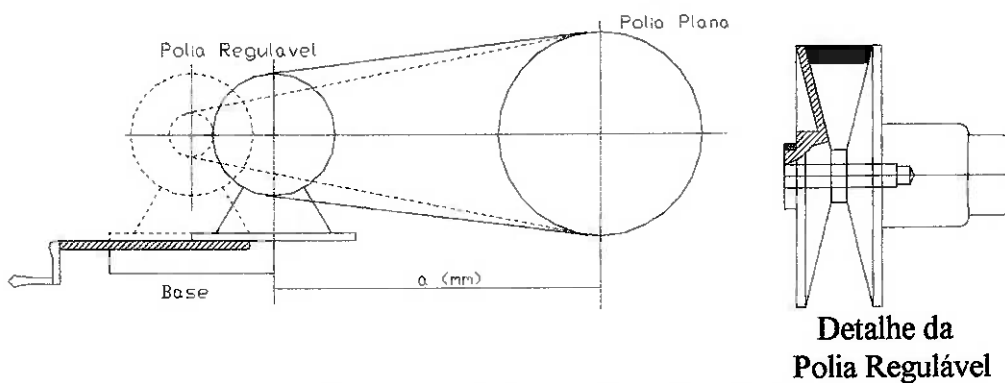


figura 2: variador contínuo de velocidades

A caixa de câmbio é um solução cara em relação as outras soluções e tem a desvantagem de não variar a velocidade de transmissão continuamente e sim discretamente.

O inversor de frequência altera a frequência proveniente da rede elétrica, controlando assim a rotação dos motores de indução, este têm a vantagem de poder omitir o redutor de velocidades, podendo atuar diretamente no eixo.

As válvulas proporcionais controlam o sentido de fluxo do fluido, controlando sua vazão e/ou pressão. No nosso caso poderá ser empregada para o controle da rotação do motor hidráulico, a válvula proporcional reguladora de vazão.

D) Método de Fixação da Bobina

A bobina pode ser fixada no dispositivo tanto internamente quanto externamente como podemos observar no croqui abaixo (figura 3).

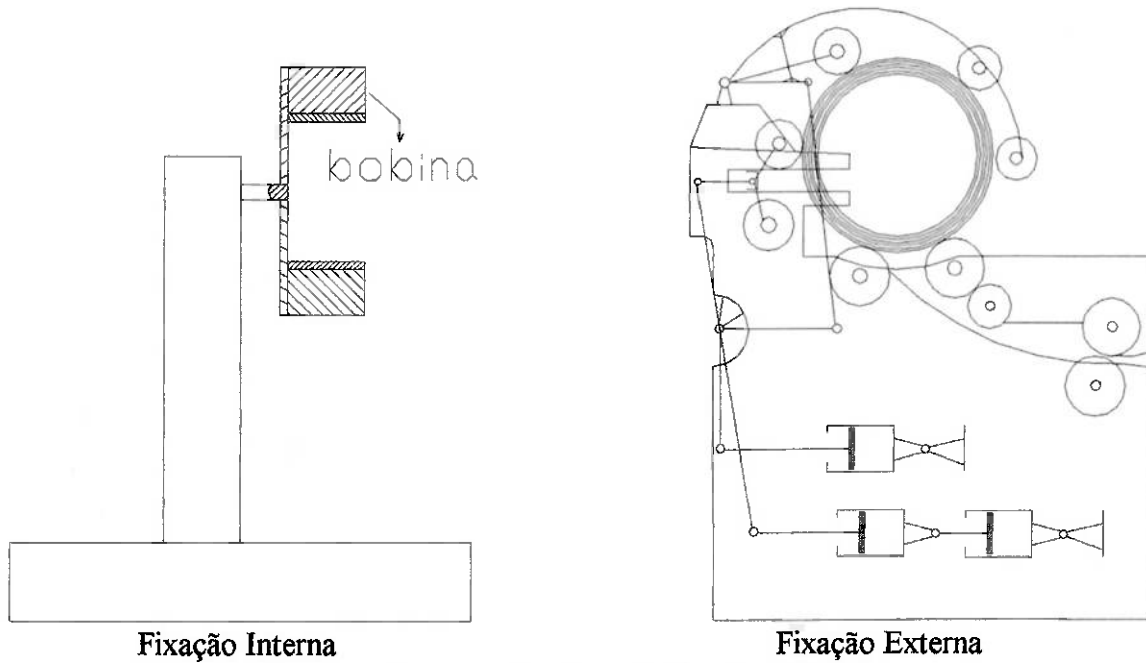


figura 3: Esquema dos tipos de fixação da bobina

E) Mecanismo para Variação do Dispositivo de Fixação para diversos Diâmetros Internos

Os pistões hidráulicos de dupla ação acionam a castanha como podemos observar no croqui abaixo (figura 4). A pressão hidráulica passa por uma válvula unidirecional de assento (para garantir estanqueidade) podendo agora tomar dois rumos, sendo eles: voltar ao tanque caso a pressão da linha à jusante exceda o valor regulado da válvula limitadora de pressão, caso isso não ocorra o óleo passará por uma válvula direcional de 4 vias e três posições e centro fechado, sendo distribuído a seguir para três motores hidráulicos acoplados entre si, a única função destes motores é garantir a vazão rigorosamente iguais que serão enviados aos pistões, ou seja, os três atuadores lineares terão os seus avanços iguais. Como todo esse sistema descrito até agora é estacionário e os pistões terão o movimento solidário ao eixo é utilizado um eixo vazado que distribui o óleo para os pistões e recebe a pressão por uma luva conforme mostrado detalhadamente a seguir. Esta luva é vedada por “quadri-rings” e entre dois canais de pressão é colocado um outro canal cuja finalidade é escoar para o tanque o óleo vazado pelas vedações.

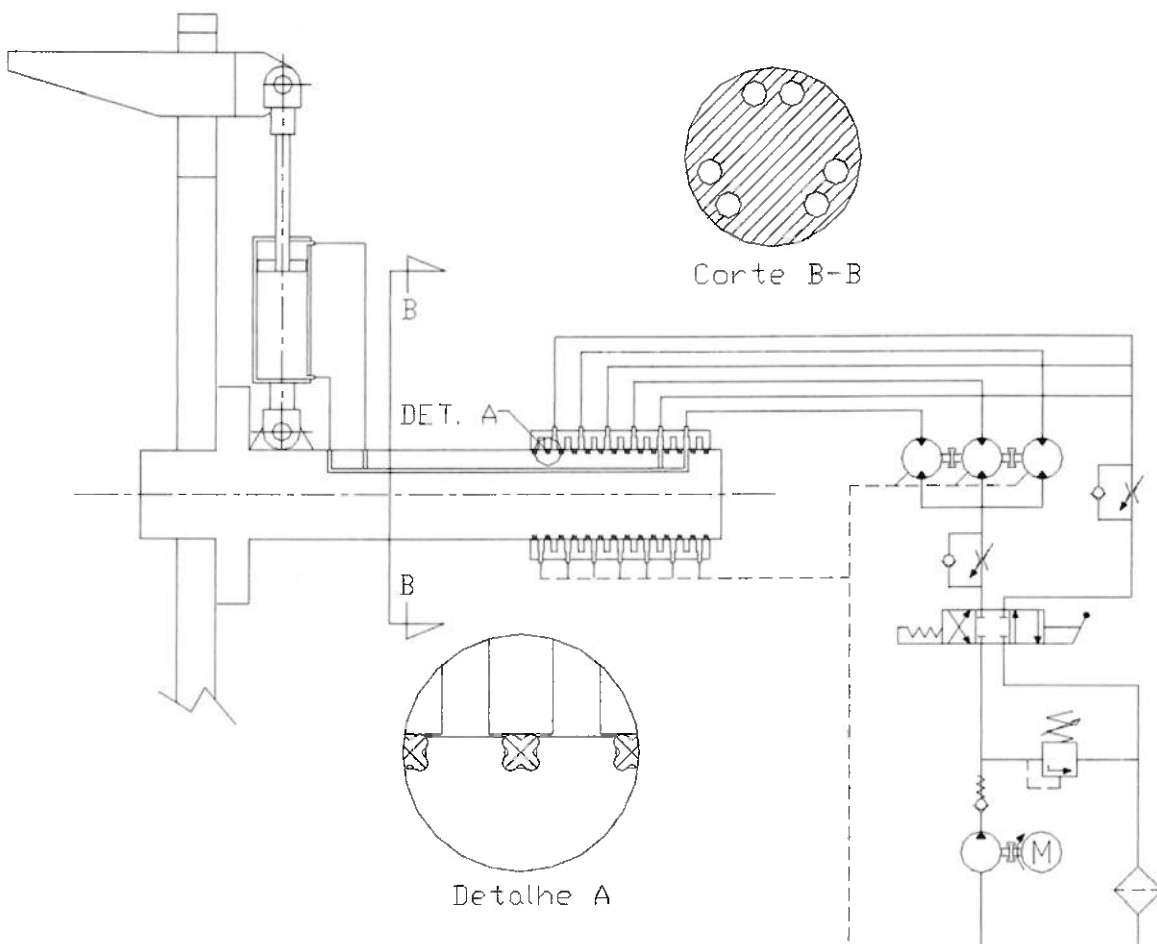


figura 4 : Mecanismo com 3 pistões hidráulicos

A placa com rosca radial helicoidal, esquematizada na figura 5, consiste em um disco com sulcos helicoidais no qual passa-se uma guia que é a própria castanha conferindo-se uma rotação relativa entre a castanha e o disco obtemos o movimento radial da castanha. É um mecanismo bastante utilizado para fixação de peças em tornos.

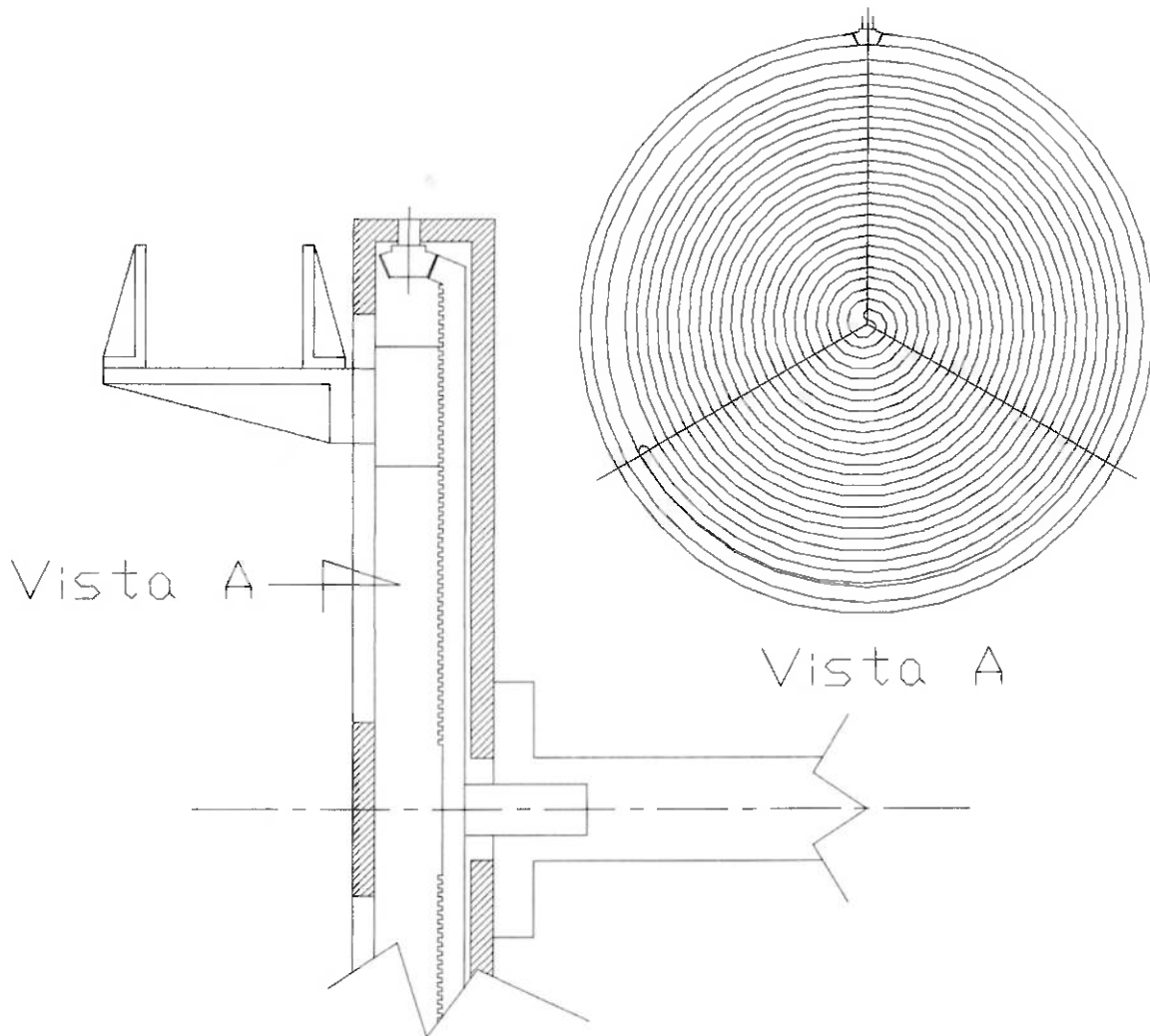


figura 5: placa com rosca radial helicoidal

A alavanca acionada por parafuso de força é utilizada quando necessita-se de movimentos radiais ao eixo do parafuso possuindo elevada força de carga pois esta pode ser projetada para um intervalo grande de esforços. Isto pode ser feito variando-se o passo do parafuso, mudando-se o braço da alavanca e mudando-se o ponto de pivotamento da alavanca. O parafuso de força é acionado por um volante que por sua vez confere um movimento axial à porca que através de um rolete aciona a alavanca conferindo um movimento radial para a castanha, como, podemos observar na figura abaixo (figura 6).

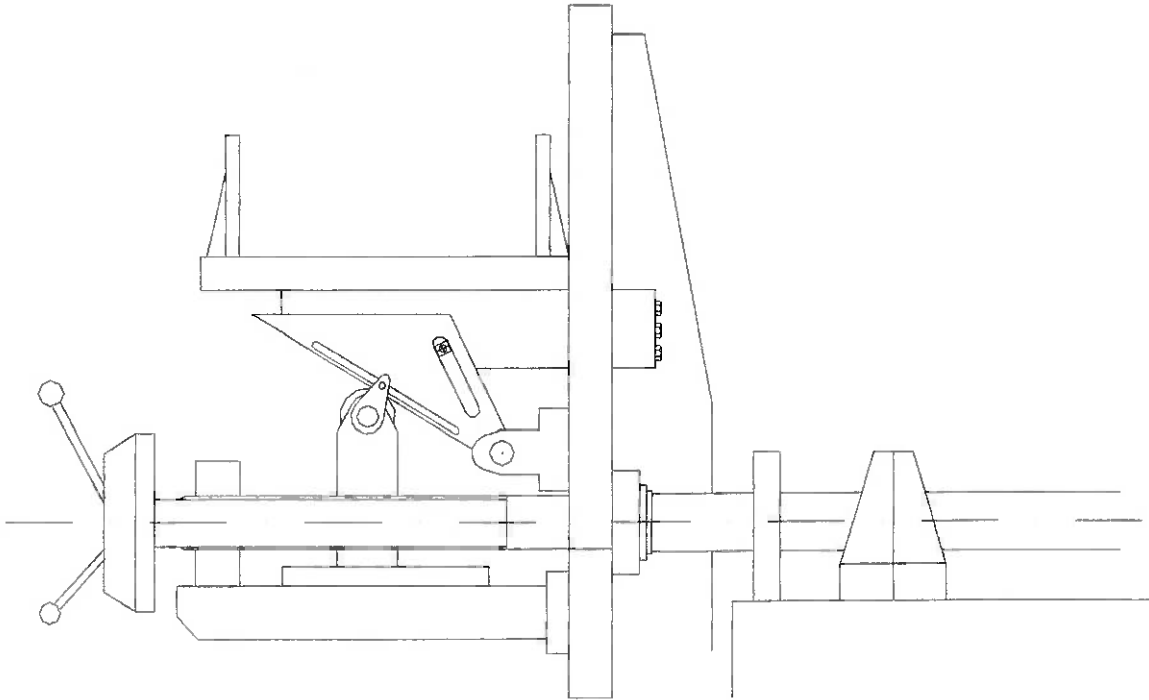


figura 6: Alavanca acionada por parafuso de força

Este mecanismo é o mesmo do item anterior porém o seu acionamento será feito por um pistão hidráulico, neste caso não será necessário a utilização dos três motores hidráulicos para manter a mesma vazão para os pistões utilizados no primeiro caso, consequentemente obtém-se um circuito hidráulico mais simplificado.

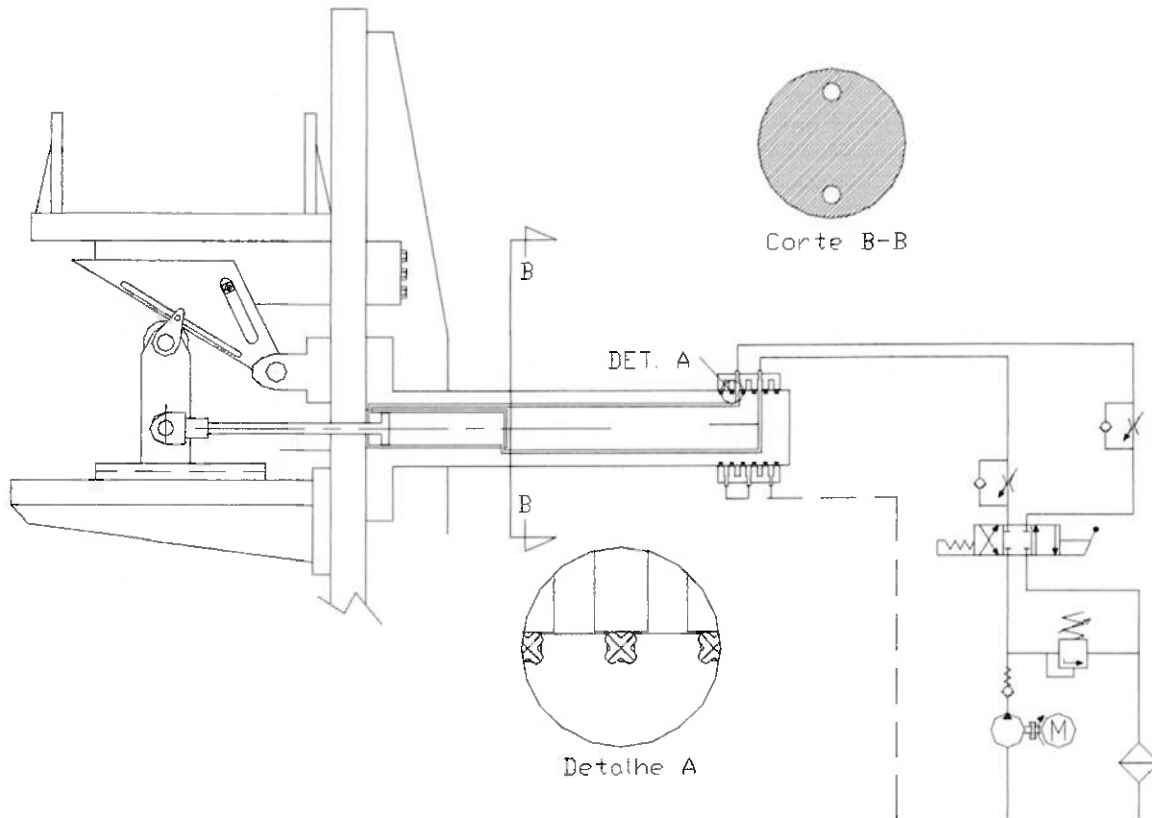


figura 7: Alavanca acionada por pistão hidráulico

O acionamento por três parafusos de força é utilizada para que o movimento das castanhas possuam a mesma velocidade usando parafusos de força e engrenagens cônicas. O mecanismo é acionado através de uma engrenagem cônicas a qual faz movimentar outros três parafusos de força que contém pinhões nas suas extremidades que por sua vez confere movimentos radiais às castanhas.

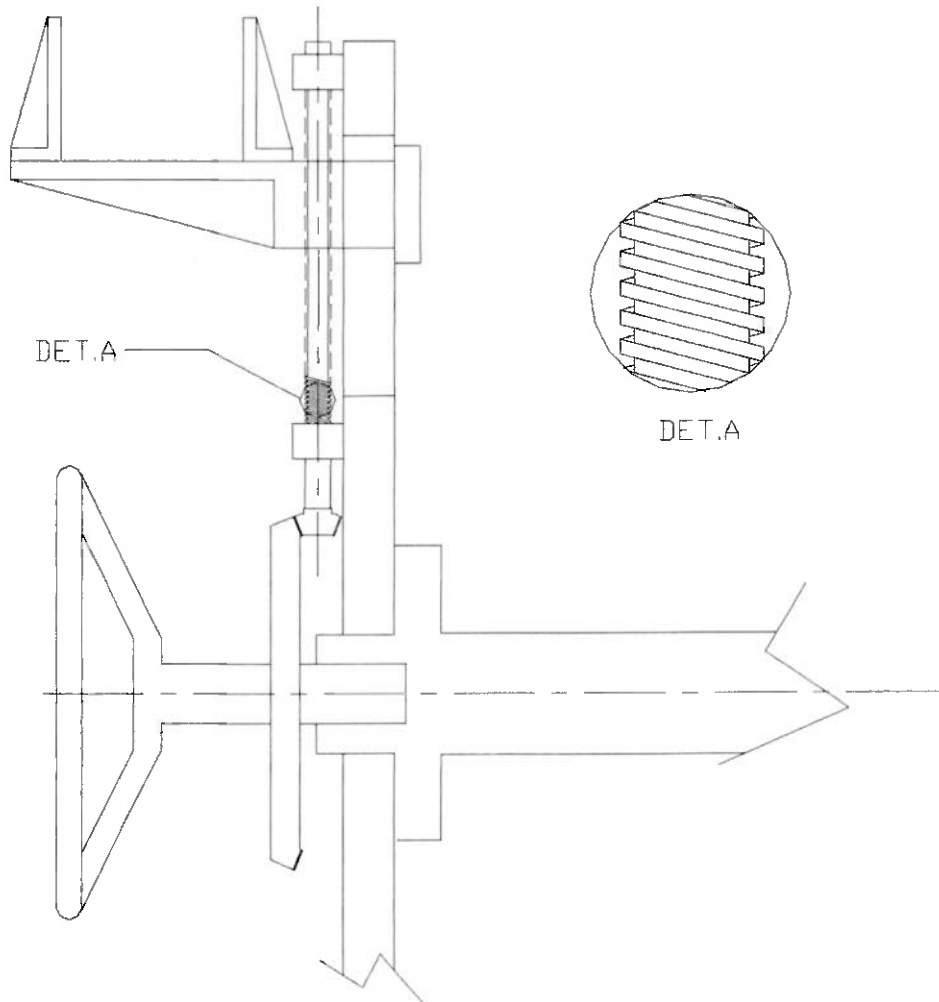


figura 8: três parafusos de forças acionados por engrenagem cônica

f) Dispositivos para Parar o Sistema

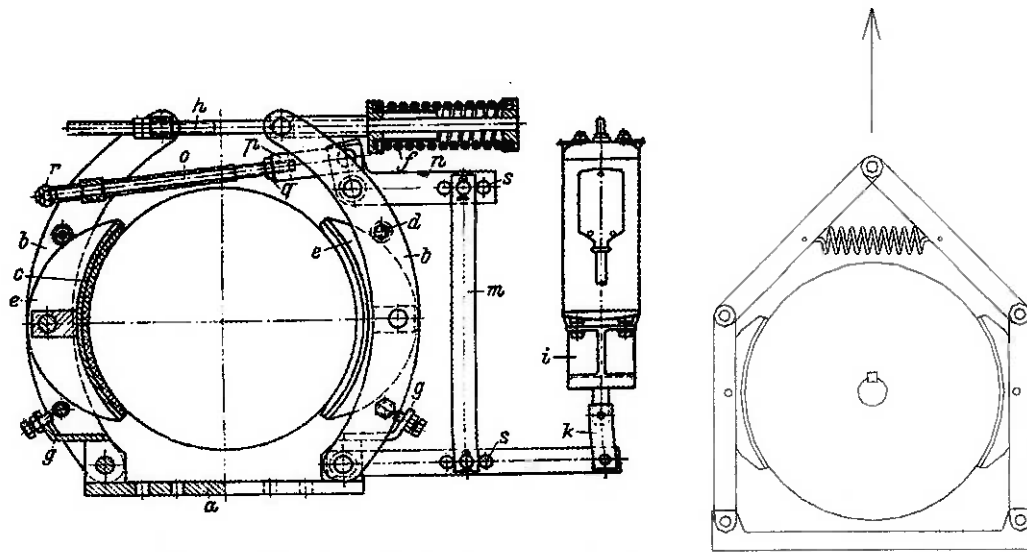


figura 9: Freio de sapata dupla

Freio de Sapata Dupla

É utilizado como freio de bloqueio sobre o eixo do motor. As sapatas de frenagem *e* com lonas de frenagem (sapatas articuladas de chapa soldada) são articuladas com pinos nas alavancas *b* e, além disso, um pouco apertadas (parafuso de aperto *d*). Com a mola de compressão *f*, as alavancas com as sapatas são comprimidas sobre a polia de frenagem. O alívio do freio é executado pelo eletroímã a tração *i* através das hastes *k*, *m*, *n* e *o*. Pode-se ajustar o seguinte: a força de mola através da porca, à esquerda, na haste *h*; a relação de multiplicação de folga das sapatas, através do parafuso de ajuste *g* como limitador para a alavanca (o percurso do ímã não pode ser influenciado pelos parafusos de ajuste).

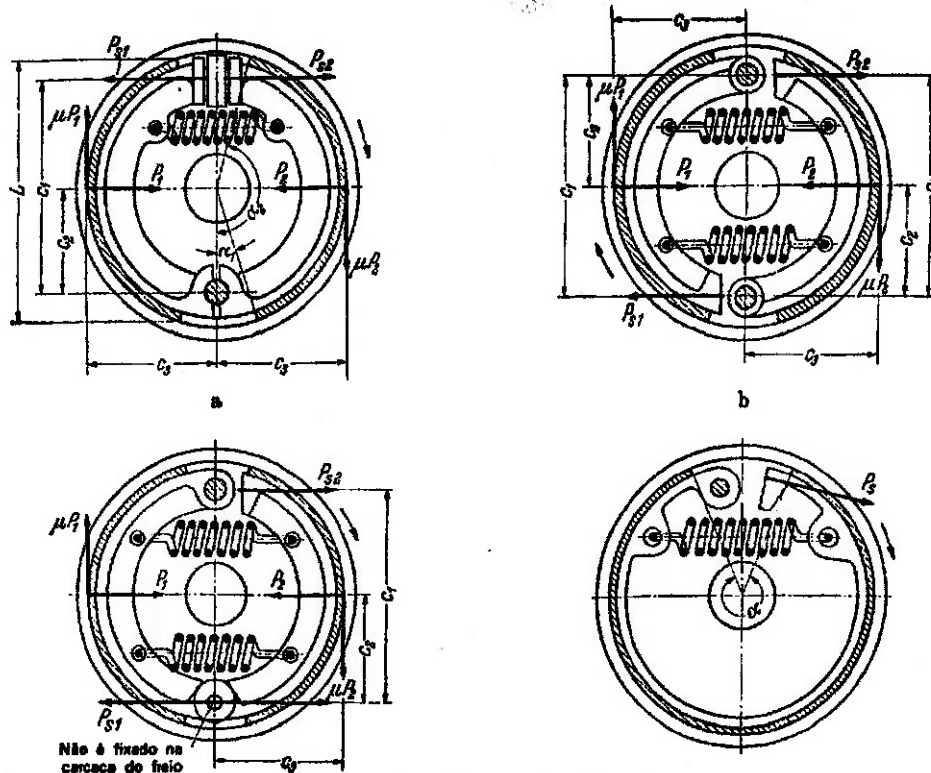


figura 10: Freios de sapatas internas

Freios de Sapatas Internas

As sapatas internas estacionárias são pressionadas contra o tambor solidário ao movimento rotativo do eixo causando uma força de atrito que força o sistema a frear.

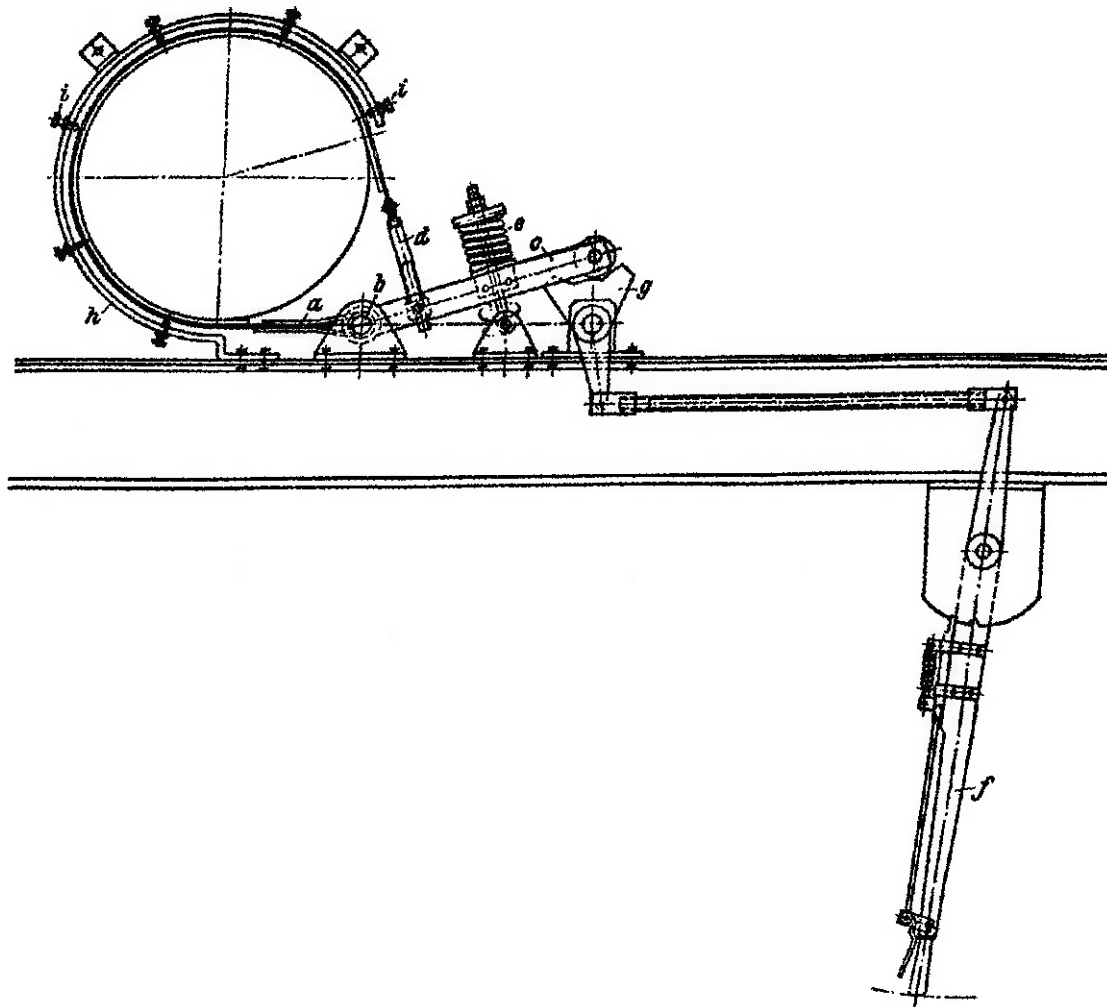


figura 11: Freio de fita

Freio de Fita

A fita de frenagem é solicitada através de uma mola de compressão *e* na alavanca *c* e aliviada pela rotação do disco excêntrico *g* por meio da alavanca manual *f*. Pode-se ajustar o seguinte: a força de mola através da porca superior; a posição da alavanca *c* e o comprimento da fita de frenagem através do ajuste posterior da porca na extremidade do parafuso *d*; a uniformidade da folga da fita por meio dos parafusos de ajuste *i* como limitadores para a fita no aço chato de contorno *h*.

g) Fixação da Chapa no Dispositivo

Para fixar a chapa no dispositivos podemos utilizar os seguintes mecanismos:

Mecanismo 1:

Consiste no mesmo sistema de uma morsa de bancada. Deve-se rotacionar a peça 1 a fim de que a peça 2 mova-se axialmente podendo-se abrir ou fechar as barras a e b.

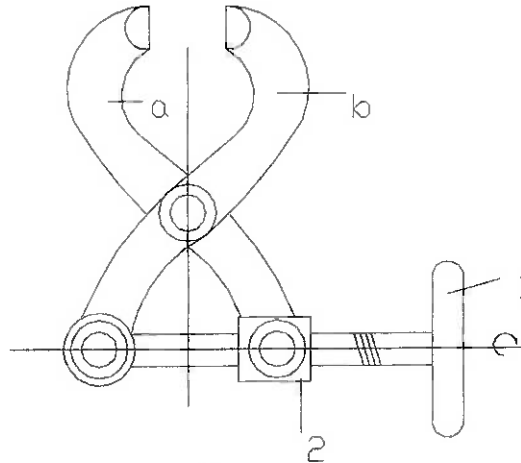


figura 12: Fixador do tipo morsa

Mecanismo 2:

Utiliza-se o mesmo princípio de camos excêntricos. Gira-se a peça 2 para se prender a peça 1.

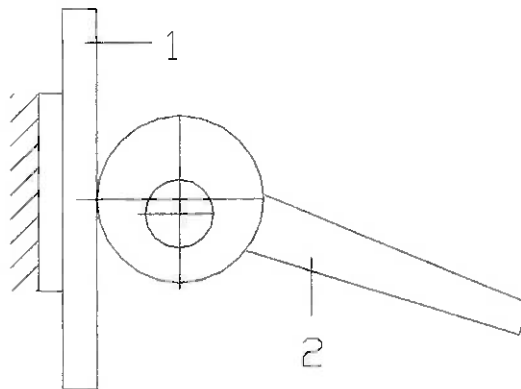


figura 13: Camo fixador

Mecanismo 3:

Possui o mesmo princípio do mecanismo 2, mas um pouco mais sofisticado. Deve-se girar a peça 1. Forma-se um momento de um lado da barra 2 a fim de aplicar um força de fixação na peça 3.

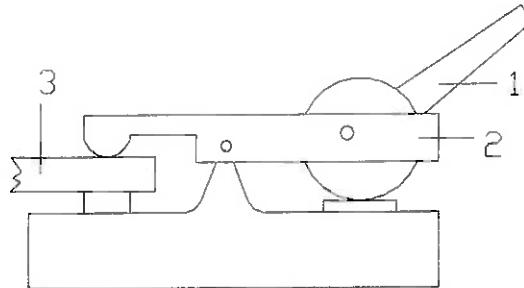


figura 14: Camo fixador com alavanca

Mecanismo 4:

Segue o princípio do alicate de pressão. É também chamado de mecanismo 4 barras. Através da rotação da alavanca, pode-se fechar o alicate a fim de fixar a peça desejada.

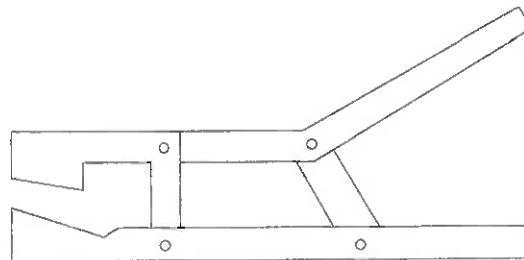


figura 15: Mecanismo de 4 barras

<i>Solução</i>	<i>Acionamento</i>	<i>Transmissão</i>	<i>Variador de Velocidades</i>	<i>Fixação da Bobina</i>	<i>Varição do Diâmetro</i>	<i>Parar o Sistema</i>	<i>Fixação da Chapa</i>
1	Motor Hidráulico	Engrenagens	Válvula Proporcional	Interna	Pistão Hidráulico	Sapatas Internas	Fixador do Tipo Morsa
2	Motor Hidráulico	Red. de Rosca Sem Fim	Válvula Proporcional	Interna	Alavanca Acion. por um Pistão hidráulico	Freio de Sapatas	Camo Fixador
3	Motor Elétrico CA	Engrenagens	Variador Eletromagnético	Interna	Paraf. Força Acion. por Engr. Cônica	Sapatas Internas	Camo Fixador
4	Motor Elétrico CA	Correia	Inversor de Frequência	Interna	Alavanca Acion. por Paraf. Força	Freio de Sapatas	4 Barras
5	Motor Elétrico CA	Correia	Var. Contínuo de Velocidade	Interna	Alavanca Acion. por Paraf. Força	Freio de Sapatas	Camo Fixador
6	Motor Hidráulico	Roda Dentada e Corrente	Caixa de Câmbio	Interna	Placa com Rosca Helicoidal	Freio de Fita	4 Barras

Exequibilidade Física

a) Solução 1

Nesta solução podemos notar que, os componentes hidráulicos são itens comerciais, sendo de fácil aquisição, a mesma linha de pressão será utilizada para o acionamento, freio e para variar a posição das castanhas, simplificando assim bastante o projeto. O controle da rotação será feita por uma válvula proporcional.

Nota-se que a transmissão será feita por engrenagens e a transmissão da pressão de óleo será feita por uma luva que envolve o eixo com canais internos, sendo estes sistemas de construção mais complicada, devido ao alto grau de precisão.

b) Solução 2

Solução bastante parecida com a primeira porém utiliza o mecanismo de alavanca acionada por um cilindro hidráulico. Esta solução simplifica o circuito hidráulico, porém a parte de fabricação mecânica é mais complexa, a fixação da chapa no dispositivo é feita por camo, e o freio é de sapatas externas, sendo estes de fabricação simples, a transmissão por redutor de rosca sem fim possibilita um alto fator de redução, que não é necessário para o motor hidráulico.

c) Solução 3

Solução totalmente mecânico, melhorando em relação as duas primeiras soluções no sentido de se evitar a utilização da luva para transmissão de óleo para o eixo, mas ainda utiliza a transmissão por engrenagens e o acionamento dos parafusos de força é feito por engrenagem cônica, esta de execução relativamente complexa.

d) Solução 4

O acionamento desta solução é feito por motor de corrente alternada controlado por inversor de frequência e a transmissão do torque para o eixo é feita por polias e correias e o freio de sapatas duplas será acionado por solenóides facilitando o controle da bobinadeira pois estes serão de controle totalmente elétrico, solução bastante comum e de fácil execução.

Para se fazer a variação das posições das castanhas foi utilizado o sistema de alavanca acionado por parafusos de força e para a fixação da chapa o mecanismo de 4 barras, tornando o projeto mais simples, e facilitando bastante a sua fabricação.

e) Solução 5

Solução semelhante à anterior, porém o controle será totalmente mecânico, para se variar a rotação da bobinadeira será utilizado o variador contínuo de velocidades e o seu controle poderá ser feito por um seguidor situado na tangência da bobina ligado a um mecanismo ligado ao variador.

f) Solução 6

A variação das velocidades neste caso é feita por uma caixa de câmbio, solução inconveniente para o nosso problema, pois este varia a velocidade de forma discreta.

A utilização da placa com rosca helicoidal é uma excelente solução do ponto de vista funcional, porém de fabricação complexa, envolvendo muitas horas de usinagem.

VIABILIDADE ECONÔMICA

Para a análise econômica do projeto, deve-se avaliar se o produto será compensador tanto para o fabricante quanto para o usuário.

Viabilidade Econômica para o Usuário

Do ponto de vista do usuário, a análise deve ser feita sobre o valor econômico, que exprime a relação entre os benefícios conseguidos com a aquisição do produto e custo de aquisição.

Entre os benefícios, que entram no numerador do valor econômico, podem-se citar:

- satisfação do cliente;
- eficiência e rapidez do serviço.

A satisfação do cliente está no que diz respeito à utilização do dispositivo de modo a amortizar o custo de aquisição da máquina rapidamente.

O trabalho de bobinamento deve ser realizado de maneira rápida e organizada, eliminando-se perdas de tempo com operações de troca de bobina, variação do diâmetro da bobinadeira e fixação da bobina no dispositivo e possibilitando uma melhor organização para despachar o produto acabado e uma melhor distribuição espacial da fábrica.

Viabilidade Econômica para o Fabricação

Para o fabricante, devem ser estimados os preços de comercialização do produto, de forma a analisar-se possíveis problemas relacionados com a venda do dispositivo.

Para a solução 1, podemos analisar a seguinte tabela:

Matéria-prima	Quantidade	Custo R\$/kg	Custo Parcial R\$
Aço	900	0,75	675,00

Mão-de-obra	Tempo (h)	Custo R\$/hora	Custo Parcial R\$
caldeiraria	225	30,00	6.750,00
usinagem	70	35,00	2.450,00
montagem	24	30,00	720,00

Componentes	Custo Parcial R\$
Motor/Acionamentos	1.200,00
Componentes Hidráulicos	9.000,00
Componentes Elétricos	
Componentes Mecânicos	550,00

Custo Total	21.345,00
--------------------	------------------

Para a solução 2, temos a seguinte tabela de custo:

Matéria-prima	Quantidade	Custo/kg	Custo Parcial
aço	900	0,75	675,00

Mão-de-obra	Tempo (h)	Custo R\$/hora	Custo Parcial R\$
caldeiraria	200	30,00	6.000,00
usinagem	60	35,00	2.100,00
montagem	22	30,00	660,00

Componentes	Custo Parcial R\$
Motor/Acionamentos	1.200,00
Componentes Hidráulicos	9.000,00
Componentes Elétricos	
Componentes Mecânicos	1.000,00

Custo Total	20.635,00
--------------------	------------------

A solução 3, pesquisou-se os seguintes custos de produção, constante na tabela abaixo:

Matéria-prima	Quantidade	Custo/kg	Custo Parcial
aço	910	0,75	682,50

Mão-de-obra	Tempo (h)	Custo R\$/hora	Custo Parcial R\$
caldeiraria	228	30,00	6.840,00
usinagem	60	35,00	2.100,00
montagem	24	30,00	720,00

Componentes	Custo Parcial
Motor/Acionamentos	250,00
Componentes Elétricos	1.500,00
Componentes Mecânicos	550,00

Custo Total	12.642,50
--------------------	------------------

Para a solução 4, chegou-se à seguinte tabela de custos:

Matéria-prima	Quantidade	Custo/kg	Custo Parcial
aço	1050	0,75	787,50

Mão-de-obra	Tempo (h)	Custo R\$/hora	Custo Parcial R\$
caldeiraria	263	30,00	7.890,00
usinagem	15	35,00	525,00
montagem	25	30,00	750,00

Componentes	Custo Parcial
Motor	250,00
Componentes Elétricos	2.100,00
Componentes Mecânicos	200,00

Custo Total	12.502,50
--------------------	------------------

Para a solução 5, chegou-se à seguinte tabela de custos:

Matéria-prima	Quantidade	Custo/kg	Custo Parcial
aço	1060	0,75	795,00

Mão-de-obra	Tempo (h)	Custo R\$/hora	Custo Parcial R\$
caldeiraria	265	30,00	7.950,00
usinagem	17	35,00	595,00
montagem	25	30,00	750,00

Componentes	Custo Parcial
Motor	250,00
Componentes Elétricos	
Componentes Mecânicos	850,00

Custo Total	11.190,00
--------------------	------------------

Para a solução 6, chegou-se à seguinte tabela de custos:

Matéria-prima	Quantidade	Custo/kg	Custo Parcial
aço	1.110	0,75	832,50

Mão-de-obra	Tempo (h)	Custo R\$/hora	Custo Parcial R\$
caldeiraria	277	30,00	8.325,00
usinagem	80	35,00	2.800,00
montagem	24	30,00	720,00

Componentes	Custo Parcial
Motor/Acionamentos	1.200,00
Componentes Elétricos	
Componentes Mecânicos	1.700,00

Custo Total	15.577,50
--------------------	------------------

VIABILIDADE FINANCEIRA

O último item da análise de viabilidade diz respeito aos investimentos necessários para a produção do produto, de acordo com os recursos disponíveis. Certamente, as empresas mais indicadas para a produção de um dispositivo de bobinamento de chapa, de acordo com as soluções propostas, são as indústrias de equipamentos mecânicos em geral, estabelecidas no ramo industrial e comercial.

A facilidade de produção do produto para essas empresas caracteriza-se pela disponibilidade de maquinário e mão-de-obra especializada no tipo de serviço a ser realizado. As principais operações a serem feitas seriam as de usinagem de barras e chapas de aço, soldagem, pintura e montagem dos subconjuntos elétrico e hidráulico, além de embalar e transportar o dispositivo.

Componentes específicos como motor, componentes hidráulicos (bomba de óleo, pistão, válvulas, etc.), componentes elétricos e mecânicos (correia, corrente, freios, camos) devem ser adquiridos de empresas especializadas nessas áreas, pois, para a produção interna desses equipamentos, seriam necessários investimentos de elevado valor, tornando o projeto financeiramente inviável. A matéria-prima para a confecção do dispositivo, ou seja, as barras de aço, basicamente, também devem ser adquiridas no mercado. A aquisição desses produtos é facilitada pela sua elevada disponibilidade, pela sofisticação e boa qualidade dos modelos oferecidos.

As engrenagens, podem ser fabricadas internamente, assim como encomendadas a outras empresas de fresamento, ou comprar caixas de redução completas de empresas especializadas, dependendo do interesse, disponibilidade de mão-de -obra, da competência dos fornecedores e da compensação econômica.

Para concluir, deve-se lembrar que, à medida que o projeto evolui, e seus componentes e conjuntos são definidos e especificados, as análises econômicas e financeiras devem ser refeitas, de forma a obter-se uma maior precisão nos valores, considerando-se cada item com um maior detalhamento.

CONCLUSÃO

As soluções encontradas atendem as especificações de projeto e situam-se dentro da perspectiva econômica para construção. No ramo de máquinas especiais, os equipamentos são caros e o mercado restrito. Com nossa proposta tentamos diminuir o custo da máquina e para isso procuramos utilizar componentes simples, de preferência já existentes no mercado e também uma construção menos complicada.

O próximo passo será o Projeto Básico, no qual todos as peças serão detalhadamente especificadas o que nos dará condições de otimizar o projeto e custos.

PROJETO BÁSICO

Para a execução do projeto básico da bobinadeira, estabeleceu-se uma divisão em conjuntos, podendo estes conjuntos serem ou não dependentes. O critério para a divisão dos conjuntos é quanto à função, ou seja, a sequência de execução do projeto depende da relação entre os conjuntos.

No projeto básico, será estabelecida a concepção global do projeto, que serve como base para o projeto executivo.

O resultado deste trabalho consistirá de um relatório detalhado do dimensionamento das principais peças da máquina, representando-as através de esboços e desenhos das peças e do conjunto. Este relatório deve permitir que o projeto possa ter continuidade com o projeto executivo no qual seriam executados os desenhos de fabricação e o planejamento da mesma.

A ESCOLHA DA MELHOR SOLUÇÃO

Da etapa anterior, pode-se concluir que as sete soluções apresentadas são viáveis sob qualquer ponto de vista, atendendo às especificações técnicas. Cabe, então fazer uma comparação entre estas soluções, analisando-se suas vantagens e desvantagens, de forma a escolher-se a “melhor”.

Numa primeira etapa será feita uma comparação entre as soluções para se decidir qual delas será adotada, a seguir, serão definidas todas as peças do conjunto e subconjunto (dimensão, material, etc.), sendo utilizados desenhos para ilustrar as partes da máquina.

Para a escolha da melhor solução, foram analisadas as propostas com base em propriedades que considerou-se importantes e suficientes para determinar o projeto que será feito:

- Eficiência do mecanismo:** avalia a capacidade do bobinar variados tipos de chapas de diferentes espessuras, na velocidade desejada, com um alto rendimento global do conjunto;
- Peso total do mecanismo:** implica em maior ou menor esforço do operador para transportar o dispositivo;
- Dimensões do mecanismo:** reflete os resultados na busca da eliminação de problemas de espaço para o consumidor;
- Facilidade de operação:** visa tornar o mais simples possível as operações que devem ser feitas para o funcionamento do dispositivo;
- Manutenção do mecanismo:** característica que leva em conta a quantidade de peças sujeitas a manutenção, bem como a facilidade e o custo para que essa manutenção possa ser executada;

Segurança e conforto para o operador: visa eliminar os riscos de operação e as dificuldades na prática do serviço;

Segurança para o produto bobinado: visa eliminar a possibilidade de falha para do dispositivo, com consequentes danos à bobina;

Durabilidade: característica que avalia o tempo de bom funcionamento do dispositivo, antes de sua obsolescência funcional;

Nível de ruído: reflete a busca de manter o ambiente de trabalho com baixos níveis de ruído;

Efeito de apresentação: qualidade estética capaz de impressionar um possível comprador;

Facilidade na fabricação: implica nas dificuldades existentes na aquisição de matéria-prima, operações de usinagem e de montagem;

Preço: o custo provável ao consumidor do produto. Aqui, cabe explicar que as notas para este item são baseadas em comparação com o quanto se pagaria por um dispositivo de bobinamento;

Uma forma metódica de selecionar a melhor entre as soluções é construir uma matriz de avaliação. Esta matriz é construída de maneira tal a possuir por entradas, em suas linhas, as características funcionais e operacionais consideradas viáveis. Atribuindo-se pesos às características, pode-se definir a importância relativa de cada item. Com a atribuição de graus a cada solução, faz-se a comparação relativa entre elas. A soma destes graus, multiplicado pelos seus pesos, geram valores globais que permitem a classificação e escolha da melhor solução.

A matriz de avaliação está apresentada a seguir, com as notas de cada solução e os pesos de cada propriedade.

PROPRIEDADES	PESO	NOTA SOL.1	NOTA SOL.2	NOTA SOL.3	NOTA SOL.4	NOTA SOL.5	NOTA SOL.6
EFICIÊNCIA DO MECANISMO	8	6	5	5	6	7	5
PESO TOTAL DO MECANISMO	4	5	4	5	5	5	4
DIMENSÕES DO MECANISMO	4	5	5	6	6	6	5
FACILIDADE DE OPERAÇÃO	6	6	7	6	7	8	5
MANUTENÇÃO DO MECANISMO	8	4	4	6	5	6	4
SEGURANÇA E CONFORTO PARA O OPERADOR	7	4	4	6	6	6	4
DURABILIDADE	7	4	4	5	6	6	5
NÍVEL DE RUÍDO	5	7	7	5	5	5	7
EFEITO DE APRESENTAÇÃO	3	6	6	5	5	5	6
FACILIDADE DE FABRICAÇÃO	5	3	4	4	5	5	4
PREÇO	8	3	3	6	6	7	5

Assim, a matriz de avaliação, pode-se chegar à nota de cada solução:

- nota da solução 1:
$$\frac{\sum (\text{notas} \times \text{pesos})}{\sum \text{pesos}} = \frac{304}{65} = 4,67$$

- nota da solução 2:
$$\frac{\sum (\text{notas} \times \text{pesos})}{\sum \text{pesos}} = \frac{304}{65} = 4,67$$

- nota da solução 3:
$$\frac{\sum (\text{notas} \times \text{pesos})}{\sum \text{pesos}} = \frac{358}{65} = 5,50$$

- nota da solução 4:
$$\frac{\sum (\text{notas} \times \text{pesos})}{\sum \text{pesos}} = \frac{376}{65} = 5,78$$

- nota da solução 5:
$$\frac{\sum (\text{notas} \times \text{pesos})}{\sum \text{pesos}} = \frac{406}{65} = 6,25$$

- nota da solução 6:
$$\frac{\sum (\text{notas} \times \text{pesos})}{\sum \text{pesos}} = \frac{328}{65} = 5,04$$

Com as propriedades acima citadas, atribuindo notas às soluções , chegou-se a um consenso quanto ao peso dado às propriedades. Conclui-se que a melhor solução para o nosso dispositivo de bobinamento possui as seguintes características:

- motor de corrente alternada;
- transmissão por acoplamento elástico;
- inversor de frequência;
- fixação interna da bobina;
- variação do diâmetro por sistema de roletes com plano inclinado;
- sistema de freio acionado pelo motor através do inversor de frequência;
- fixação da chapa por camo fixador.

Portanto, a solução 5 será escolhida como a melhor solução, e o desenvolver-se-á a partir desta.

MODELAGEM E CONCEPÇÃO DO PROJETO

A transformação da solução escolhida, de uma idéia abstrata em objetos concretos, é feita inicialmente através de descrição, esquemas e equações matemáticas. A representação matemática é a mais útil para representar a idéia básica, pois através dela pode-se analisar o projeto de forma mais detalhada, prevendo-se quantitativamente o seu comportamento. Será feito a seguir o dimensionamento de algumas partes que foram consideradas críticas para o projeto.

Está anexado um desenho de conjunto do dispositivo de bobinamento. Para se variar o diâmetro da bobina, utiliza-se um parafuso de força apoiado por 3 guias engastadas na extremidade do volante. Com a rotação do parafuso de força, faz-se variar o diâmetro da bobina. A castanha se apoia em roletes e movimenta-se apenas radialmente. O bobinamento é acionado por um motor trifásico de corrente alternada. A transmissão é feita por engrenagens cilíndricas retas e a variação da velocidade por inversor de frequência acionado por encoder incremental posicionado em uma das castanhas. Há um redutor de engrenagens para transformar a rotação do motor em torque para o eixo de rotação da bobinadeira.

A seguir serão feito o dimensionamento e seleção dos elementos principais e críticos do dispositivo de bobinamento de chapas.

Seleção do Motor

Para o cálculo da potência do motor utilizou-se a fórmula contida no livro "Rolling Mills" (Tselikov) dada por:

$$P = (M_{\text{bend}} + T \cdot R) \frac{v}{R} \cdot \frac{1}{\eta} [\text{hp}]$$

onde:

M_{bend} é a momento necessário para dobrar a chapa no dispositivo;

T é a força para tracionar a chapa onde se assume que $\sigma \cong 0,2 \cdot \sigma_s$;

R é o mínimo raio da bobina;

v e η são a velocidade de bobinamento e o fator de eficiência da transmissão.

Temos que a largura e espessura da chapa #14 a ser bobinada são 0,35m por 1,98mm, respectivamente. O estudaremos para os diâmetros da bobina de 0,48m à 0,6m na menor velocidade de 5 metros por minuto.

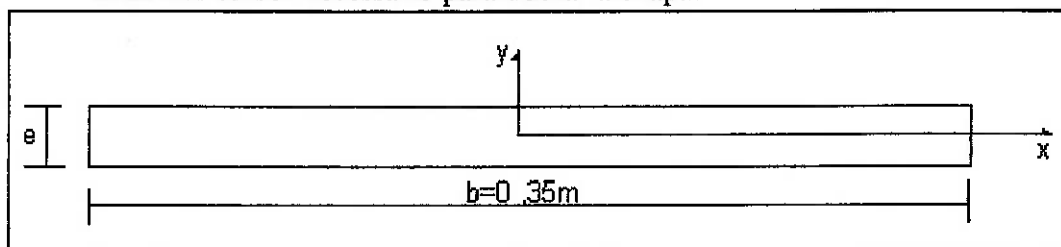
Parâmetros

Largura da chapa	0,35 metros
Espessura da chapa 14 (#14)	1,98 mm (5/64")
Diâmetro da bobina	[0,48; 0,62]m
Velocidade de Bobinamento	5 metros por minuto
Módulo de Elasticidade do aço	207 GPa
Tensão de Escoamento do aço 1020	210 MPa
Tensão de Ruptura do aço 1020	455 Mpa
Eficiência da Transmissão	80%

Iremos estudar inicialmente para ao diâmetro de 0,48metros:

1º Caso D=0,48m

- momento tursor necessário para dobrar a chapa:



seção transversal da chapa

$$\sigma = \frac{M \cdot y}{I_x} \Rightarrow M = \frac{\sigma \cdot I_x}{y},$$

onde:

M é torque necessário para dobrar a chapa;
 σ é a tensão de escoamento do aço 1020;
 I_x é o momento de inércia na direção x;
y é a posição da tensão na direção vertical;
e é a espessura da chapa.

Temos que a tensão de escoamento será dada por:

$$\sigma = \frac{e \cdot E}{D} = \frac{0,0098 \cdot 207e9}{0,48} = 853,875 \text{ MPa}$$
$$I_x = \frac{b \cdot e^3}{12} = \frac{0,35 \cdot (1,98 \cdot 10^{-3})^3}{12} = 2,264 \cdot 10^{-10} \text{ m}^4$$

O momento torsor para dobrar a chapa será:

$$M_{\text{bend}} = \frac{\sigma \cdot I_x}{e/2} = 195,2726 \text{ N.m}$$

- torque necessário para tracionar a chapa
Pelo Tselikov , temos que (assumir $\sigma = 0,2 \cdot \sigma_{\text{esc}}$) :

$$T = \sigma \cdot A = 0,2 \cdot \sigma_{\text{esc}} \cdot A = 29106 \text{ N}$$
$$T \cdot R = 29106 \cdot 0,24 = 6985 \text{ N.m}$$

Com os dados acima, temos que:

$$M_{\text{bend}} = 195 \text{ N.m}$$

$$T \cdot R = 6985 \text{ N.m}$$

$$P = (195 + 6985) \frac{v}{R} \cdot \frac{1}{\eta} [\text{hp}]$$

$$v = \frac{5}{60} = 0,0833 \text{ m/s}$$

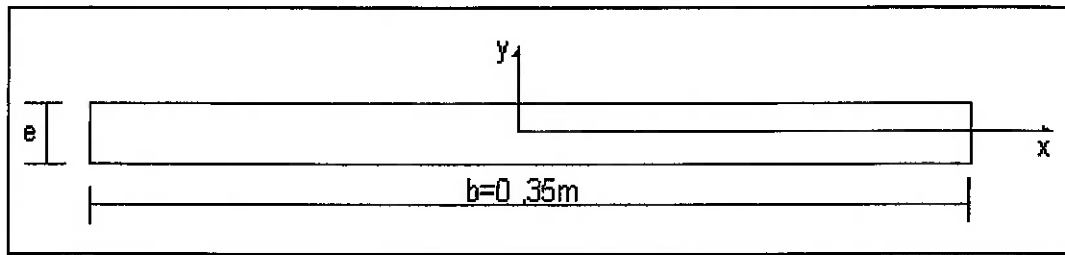
$$P = (7180) \cdot \frac{0,0833}{0,24} \cdot \frac{1}{0,8} = 3116 \text{ W} = 4,18 \text{ Hp}$$

Potência necessária para o Bobinamento = 3116 W

Motor escolhido: Corrente Alternada 5,0 Hp

2º Caso D= 1,2 m

- momento torsor necessário para dobrar a chapa



seção transversal da chapa

$$\sigma = \frac{M \cdot y}{I_x} \Rightarrow M = \frac{\sigma \cdot I_x}{y}$$

onde:

M é torque necessário para dobrar a chapa;
 σ é a tensão de escoamento do aço 1020;
 I_x é o momento de inércia na direção x;
y é a posição da tensão na direção vertical;
e é a espessura da chapa.

Temos que a tensão de escoamento será dada por:

$$\sigma = \frac{e \cdot E}{D} = \frac{0,0098 \cdot 207e9}{1,2} = 681,3 \text{ MPa}$$

$$I_x = \frac{b \cdot e^3}{12} = \frac{0,35 \cdot (1,98 \cdot 10^{-3})^3}{12} = 2,264 \cdot 10^{-10} \text{ m}^4$$

O momento torsor para dobrar a chapa será :

$$M_{\text{bend}} = \frac{\sigma \cdot I_x}{e/2} = 156,21 \text{ N.m}$$

- torque necessário para tracionar a chapa

Pelo Tselikov , temos que (assumir $\sigma = 0,2 \cdot \sigma_{\text{esc}}$) :

$$T = \sigma \cdot A = 0,2 \cdot \sigma_{\text{esc}} \cdot A = 29106 \text{ N}$$

$$T.R = 29106 \cdot 0,6 = 8731,8 \text{ N.m}$$

Com os dados acima, temos que:

$$M_{\text{bend}} = 156,21 \text{ N.m}$$

$$T.R = 8731,8 \text{ N.m}$$

$$P = (156,21 + 8731,8) \frac{v}{R} \cdot \frac{1}{\eta} [\text{hp}]$$

$$v = \frac{5}{60} = 0,0833 \text{ m/s}$$

$$P = (7180) \cdot \frac{0,0833}{0,3} \cdot \frac{1}{0,8} = 3086,11 \text{ W} = 4,13 \text{ Hp}$$

Potência necessária para o Bobinamento = 3086,11 W

Motor escolhido: Corrente Alternada 5,0 Hp

Temos que tanto no caso 1 como no 2, o motor necessário para acionar o dispositivo será de mesma potência (5 Hp):

Motor trifásico de alto rendimento;

Tensão nominal : 220 V - 60 Hz;

Rotação nominal: 1800 rpm (rotação efetiva 1720 rpm);

Torque nominal: 2,1 kgf.m;

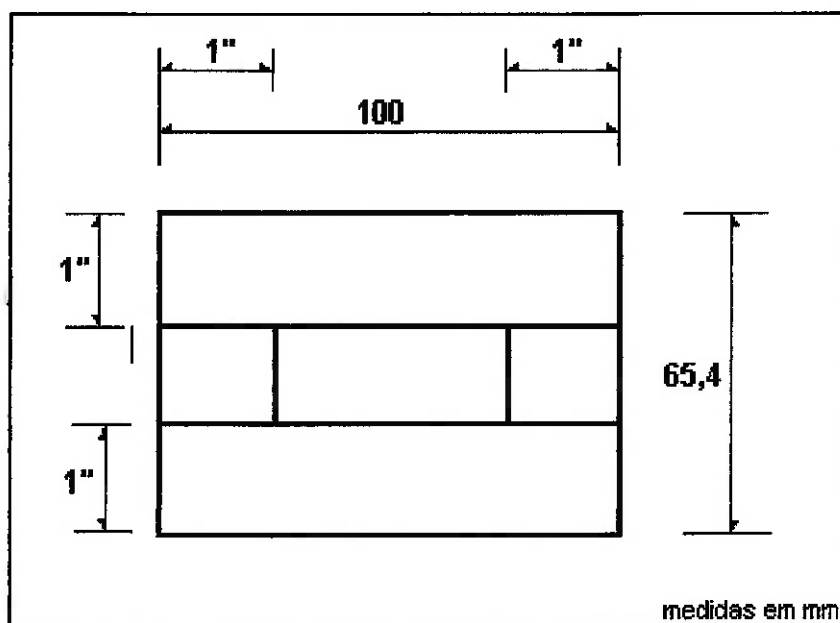
Torque máximo: 6,3 kgf.m;

Momento de Inércia : 0,0091 kg.m²;

Verificação das Tensões na Castanha

Para a verificação da tensão de cisalhamento da castanha, considera-se que no meio da seção está aplicado a força cortante. Para esta verificação foi desprezado o peso próprio da castanha.

A força deve ser aplicada à 195mm do ponto de engastamento da castanha que vale ao peso de 4 toneladas (peso da bobina). Determina-se o centro de gravidade da seção para calcular assim o momento de inércia e posteriormente a tensão de cisalhamento.



seção para o cálculo da tensão de cisalhamento

Colocando os valores na equação

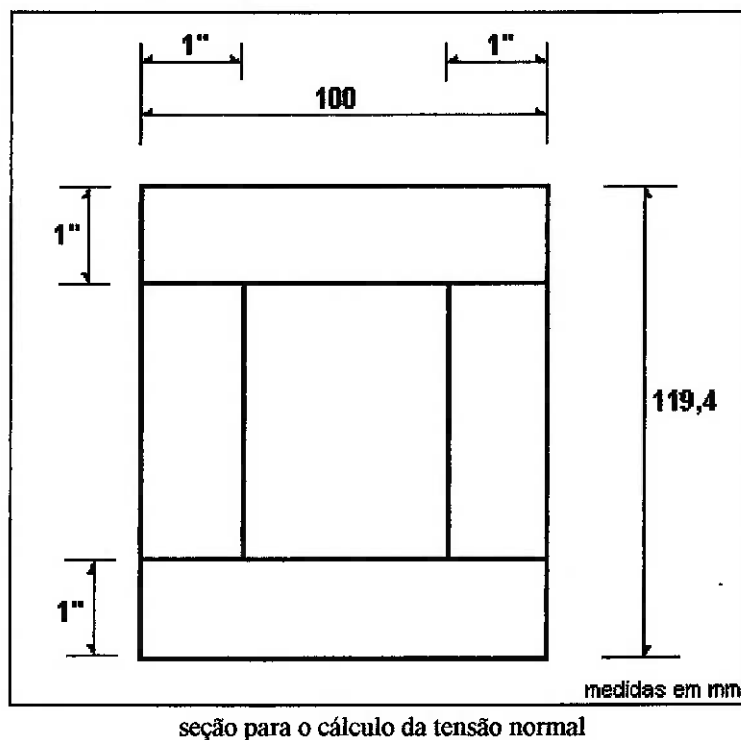
$$\tau = \frac{Q \cdot M^*}{b \cdot I_x}, \text{ onde}$$

Q	força cortante	(39200 N)
M*	momento estático	(50800 mm ³)
b	largura da base	(50,8 mm)
I _x	momento de inércia	(2318292,44 mm ⁴)

Com isso chega-se ao valor de $\tau = 17,25$ MPa o que é razoável para a tensão de cisalhamento na castanha.

Para a verificação da tensão normal na castanha, considera-se que no extremo da castanha está aplicado a força cortante referentes ao peso da bobina e da força para o bobinamento. Para esta verificação foi desprezado o peso próprio da castanha.

A força horizontal deve ser aplicada à 350mm do ponto de engastamento da castanha que vale ao peso de 4 toneladas (peso da bobina). Determina-se o centro de gravidade da seção para calcular assim o momento de inércia e posteriormente a tensão normal.



Calcula-se, inicialmente a rotação em rpm, e com o valor da potência transmitida, que é a potência necessária para tracionar a chapa, determina-se o momento transmitido. A potência para tracionar a chapa será de aproximadamente de 4 Hp (3000W). A seguir, sua respectiva força que deve ser aplicada no extremo da castanha.

A força pode ser calculada por:

$$M_t = \frac{71620 \cdot P_t}{n}, \text{ onde } P_t \text{ é a força para tracionar a chapa e}$$

n é a rotação em rpm

$$n = \frac{v}{R \cdot \pi}, \text{ onde } v \text{ é a velocidade tangencial da castanha}$$

$$n = \frac{v}{R \cdot \pi} = \frac{5}{\pi \cdot 0,48} = 3,31 \text{ rpm}$$

$$M_t = \frac{71620 \cdot P_t}{n} = \frac{71620 \cdot 4}{3,31} = 56400 \text{ kgf.cm}$$

$$F_t = \frac{M_t}{R} = \frac{56400}{24} = 3600 \text{ kgf}$$

$$M_y = F_t \cdot L$$

A tensão normal será calculada da seguinte forma:

$$\sigma = \frac{M_x}{I_x} \cdot y + \frac{M_y}{I_y} \cdot x$$

E os valores da tensão normal se encontram a seguir, onde foi variado as dimensões da seção no engastamento que é o ponto crítico.

Com os dados do anexo pode-se verificar que a tensão normal na castanha deve ficar em torno de 200 MPa, o que nos dará um coeficiente de segurança de 3 o que é bastante razoável.

Seção T

largura mesa	alt mesa	largura alma	alt alma	Ix	Iy	FORÇAx	Mx	FORÇAy	My	σ
100.00	25.40	38.00	94.00	7617592.69	2546497.33	39200.00	13720.00	72000.27	25200.09	0.5805
150.00	50.80	50.80	68.60	5834720.62	15036935.06	39200.00	13720.00	72000.27	25200.09	0.2295
150.00	50.80	76.20	68.60	8191209.44	16816843.33	39200.00	13720.00	72000.27	25200.09	0.1956
150.00	63.50	76.20	55.90	8305113.88	19920457.97	39200.00	13720.00	72000.27	25200.09	0.1778
170.00	63.50	76.20	55.90	8757050.62	28059041.31	39200.00	13720.00	72000.27	25200.09	0.1525
170.00	76.20	76.20	43.20	10901424.18	32790372.62	39200.00	13720.00	72000.27	25200.09	0.1285

Seção Quadrada

largura mesa	alt mesa	largura alma	alt alma	Ix	Iy	FORÇAx	Mx	FORÇAy	My	σ
100.00	25.40	19.05	68.60	12519819.35	8594140.10	39200.00	13720.00	36000.00	12600.00	0.138729
100.00	25.40	25.40	68.60	12861479.89	9269170.79	39200.00	13720.00	36000.00	12600.00	0.131652
100.00	25.40	50.80	68.60	14228122.05	9950023.42	39200.00	13720.00	36000.00	12600.00	0.120884
100.00	25.40	25.40	93.20	21564013.97	11075025.04	39200.00	13720.00	36000.00	12600.00	0.102694

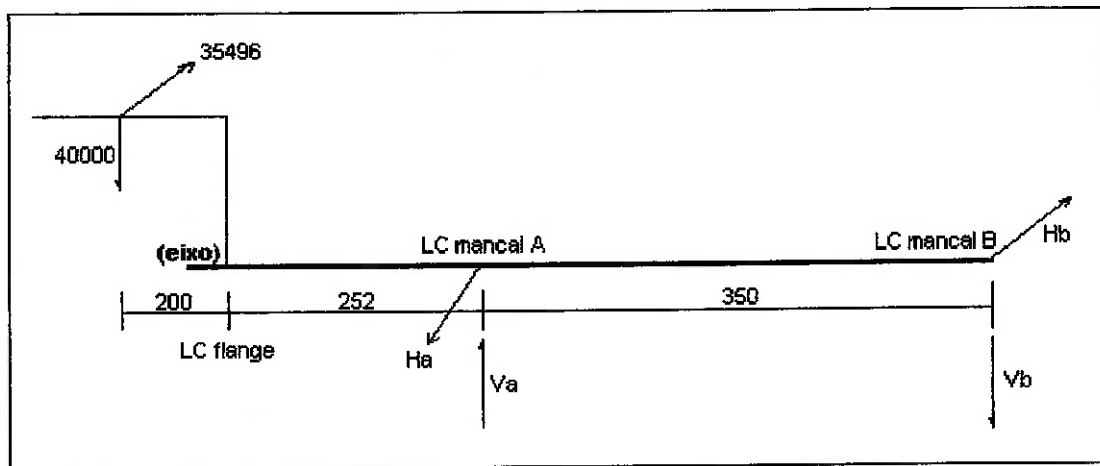
tensões nas castanhas variando-se sua seção transversal
(tensões em GPa)

Dimensionamento do Eixo e Limite de Fadiga

Tem-se que dimensionar o eixo que transmitirá potência para a castanha. Para isso, usar-se-á o critério de resistência para dimensioná-lo. A resistência da peça irá ditar suas dimensões. O eixo deverá suportar os esforços estáticos e dinâmicos a que está sujeito sem que rompa, e nem quando solicitado, tenha deformações permanentes. Por isso a tensão que atua em qualquer parte do eixo deve ser menor que a tensão de escoamento do material do qual o elemento é fabricado.

Deve-se verificar, também, que o eixo não se rompa quando este, esteja trabalhando com tensões abaixo da tensão de escoamento. Assim, no dimensionamento do eixo, faremos um pré-cálculo deste e sua verificação à fadiga.

a) Deve-se inicialmente isolar o eixo, com todos os esforços ativos e dimensões.



Impõem-se o equilíbrio da peça a ser dimensionada.

$$V_a = V_b + 40000$$

$$M_a = 0 \Rightarrow 40000 \cdot 452 = V_b \cdot 350$$

$$V_b = 51657,15 \text{ N}$$

$$V_a = 91657,15 \text{ N}$$

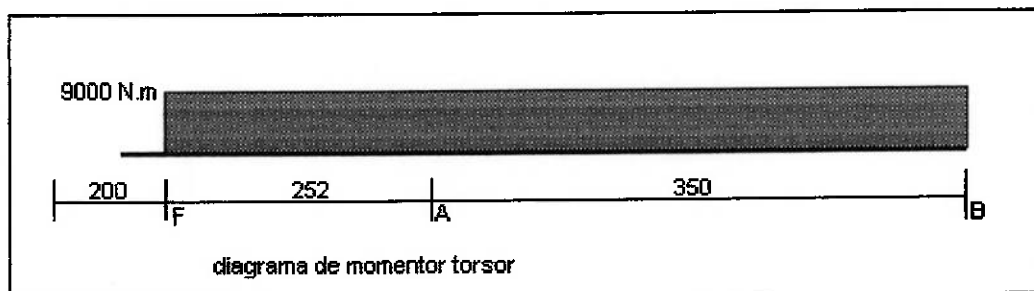
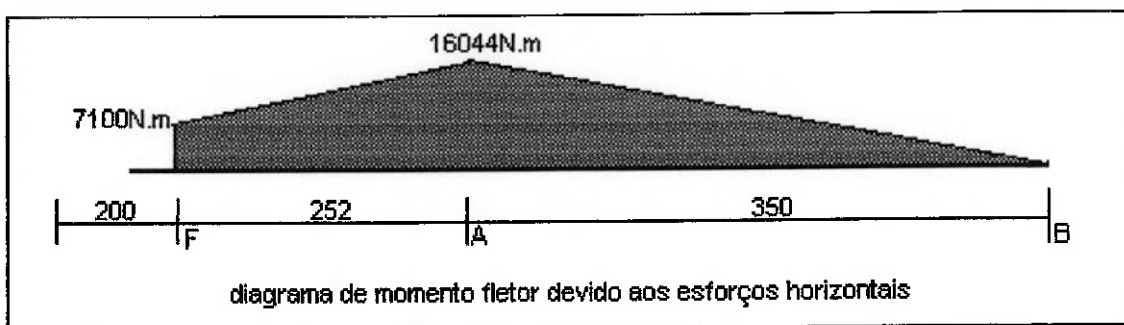
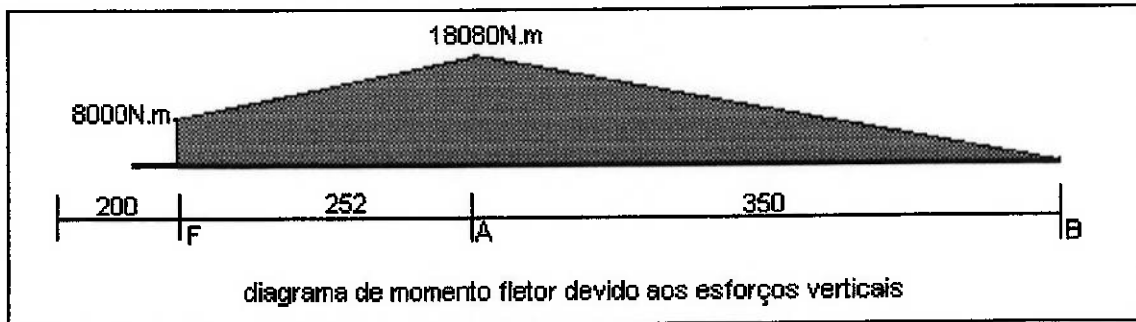
$$H_a = H_b + 35496$$

$$M_a = 0 \Rightarrow 35496 \cdot 452 = H_b \cdot 350$$

$$H_b = 45840,54 \text{ N}$$

$$H_a = 81336,54 \text{ N}$$

Traça-se os diagramas de momento fletor e torsor que atuam na peça. Subdividir em dois diagramas: esforços ativos e reativos.



$$M_e = \sqrt{M_h^2 + M_v^2} = \sqrt{16044^2 + 18080^2}$$

$$M_e = 24172 \text{ N.m}$$

$M_t = 71620 \text{ N/n}$, onde N é a potência transmitida em cv e n é a rotação em rpm.

$$M_t = \frac{71620 \cdot 4,14}{3,31} = 89580 \text{ kgf.cm}$$

$$M_t = 8958 \text{ N.m}$$

$$M = \sqrt{M_e^2 + M_t^2} = \sqrt{24172^2 + 8958^2}$$

$$M = 25778 \text{ N.m}$$

Com estes valores podemos a seguir fazer um pré-cálculo do diâmetro do eixo. Será utilizado o caso III onde a tensão é simétrica em função do tempo.

$$\frac{M}{w} \leq \frac{\sigma_r}{3 \cdot 3,8}$$

$$\frac{M}{w} \leq \frac{455e6}{3 \cdot 3,8} = 39,912 \text{ e6}$$

$$w = \frac{M}{39,912e6} = \frac{25778}{39,912e6} = 6,459e-4$$

$$w = \frac{\pi \cdot d^3}{32}$$

$$d^3 = \frac{w \cdot 32}{\pi} = 6,5788e-3$$

$$d = 187,3 \text{ mm}$$

Verificação do Limite de Fadiga

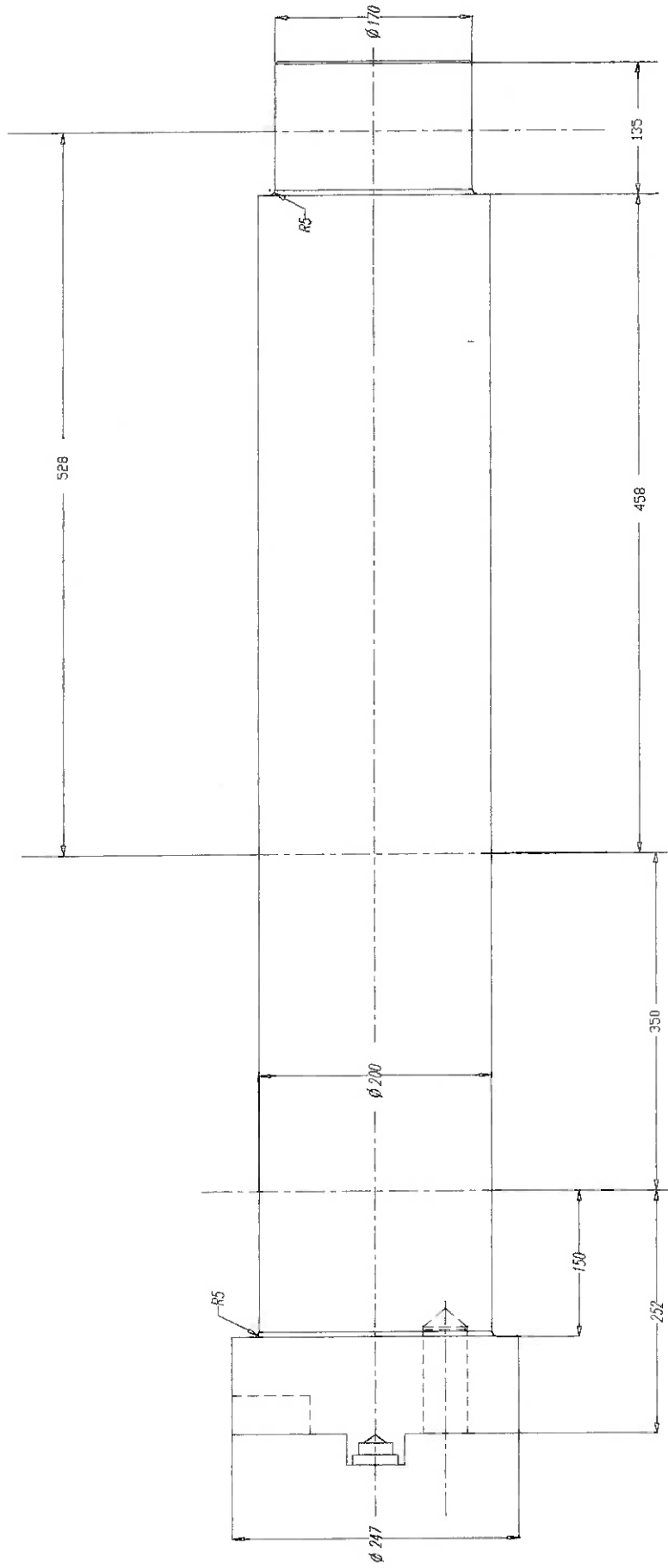
Um eixo pode sofrer ruptura mesmo quando sujeito a tensões menores que a tensão de escoamento. O projeto desse eixo considera a necessidade de rebaixos, anéis elásticos, etc. Por isso deve-se verificar se o eixo irá sofrer fratura por fadiga do material. O tamanho e a rugosidade superficial do eixo são fatores a considerar na verificação à fadiga.

$$\eta_f = \frac{\eta_{fs} \cdot \eta_{ft}}{(\sqrt{\eta_{fs}^2 + \eta_{ft}^2})}$$

$$\eta_{fs} = \frac{\epsilon_1 \cdot \epsilon_2 \cdot \sigma_f}{K_\sigma \cdot \sigma_a}$$

$$\sigma_f = 0,45 \cdot \sigma_{rup}$$

A seção crítica está localizada no rebaixo próximo à flange, na qual haverá mudança de um diâmetro de 200 para 247mm. O valor de ϵ_1 é o fator de acabamento superficial onde o estado da superfície do material influencia sua resistência à fadiga. O valor de ϵ_2 é o fator de tamanho, no qual depende do diâmetro do eixo e se foi feito ou não tratamento térmico.



LAY-OUT DO EIXO

$$\frac{r}{d} = 0,025 \quad \frac{D}{d} = 1,235$$

$$\Rightarrow K_t = 1,95$$

$$q = 0,83$$

$$K_\sigma = 1 + (K_t - 1) \cdot q = 1,7885$$

$$\varepsilon_1 = 0,78$$

$$\varepsilon_2 = 0,65$$

$$\sigma_f = 0,45 \cdot \sigma_{rup} = 0,45 \cdot 455e6 = 204,75e6$$

$$\sigma_a = \frac{M}{0,1 \cdot d^3} = \frac{25778}{0,1 \cdot (0,2)^3} = 20,18e6 \text{ Pa}$$

$$\eta_{fs} = \frac{\varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \sigma_f}{K_\sigma \cdot \sigma_a} = 2,87$$

$$\tau_m = \frac{Mt}{0,2 \cdot d^3} = \frac{8958}{0,2 \cdot (0,2)^3} = 5,5988e6$$

$$\tau_{rup} = \frac{\sigma_{rup}}{2} = 222,5 \text{ MPa}$$

$$\eta_{fr} = \frac{\tau_{rup}}{\tau_m} = \frac{222,5}{5,6} = 39,74$$

$$\eta_f = \frac{\eta_{fs} \cdot \eta_{fr}}{(\sqrt{\eta_{fs}^2 + \eta_{fr}^2})} = 2,86$$

Com o coeficiente de segurança global obtido acima, o eixo não sofrerá falha por fadiga na seção considerada.

Seleção do Mancal de Rolamento

Temos que as cargas que estão aplicadas nos mancais A e B são:

$$P_a = 122542 \text{ N}$$

$$P_b = 47771 \text{ N}$$

A vida útil do rolamento é dado por:

$$L_{10} = a_1 \cdot \left(\frac{C}{P \cdot Y} \right)^{10/3}$$

onde: L_{10} é a vida útil do rolamento;

a_1 é a confiabilidade de 95 % = 0,62;

C é a capacidade de carga dinâmica;

P é a carga na qual está submetido o mancal;

Y é o fator de carga.

Se o mancal deve ter uma durabilidade de 10 anos, terá que trabalhar em torno de 26 mil horas de trabalho (oito horas por dia, 5 dias por semana), o que corresponde a 5,2 milhões de rotações.

Para o mancal A, o eixo deve ter um diâmetro interno de 200 mm. Para isso, utiliza-se rolamentos autocompensadores de rolo. No Catálogo Geral SKF, para o diâmetro de 200 mm:

diâmetro interno	200 mm
diâmetro externo	360 mm
largura	98 mm
capacidade de carga dinâmica	1270000 N
fator de carga	3,9

A vida útil do rolamento autocompensador de rolos para o mancal a será:

$$L_{10} = a_1 \cdot \left(\frac{C}{P \cdot Y} \right)^{10/3} = 0,62 \cdot \left(\frac{1270000}{117194 \cdot 3,9} \right)^{10/3} = 16,1$$

Este valor corresponde a 16,1 milhões de rotações que é maior que a vida requerida de 10 anos de trabalho. O rolamento autocompensador de rolo selecionado é 22240CCK/W33

Para o mancal B, o eixo deve ter um diâmetro interno de 200 mm. Para isso, utiliza-se rolamentos autocompensadores de rolo. No Catálogo Geral SKF, para o diâmetro de 200 mm:

diâmetro interno	200 mm
diâmetro externo	360 mm
largura	98 mm
capacidade de carga dinâmica	1270000 N
fator de carga	3,9

A vida útil do rolamento autocompensador de rolos para o mancal b será:

$$L_{10} = a_1 \cdot \left(\frac{C}{P \cdot Y} \right)^{10/3} = 0,62 \cdot \left(\frac{1270000}{47771 \cdot 3,9} \right)^{10/3} = 372,4$$

Este valor corresponde a 372,36 milhões de rotações que é maior que a vida requerida de 10 anos de trabalho. Como o mancal A é o mais crítico, e utilizando o mesmo rolamento, temos que o rolamento está superdimensionado. O rolamento autocompensador de rolo selecionado é 22240CCK/W33. De acordo com o Catálogo Geral SKF, devemos selecionar a caixa de rolamento classe SN pois trata-se de rolamentos autocompensadores de rolos. A caixa selecionada tem por designação SN3044.

Determinação das Rotações de Trabalho do Motor

Será feito a especificação da velocidade de rotação da bobina:

Velocidades de Bobinamento:

$$V_{m\acute{a}x} = 30 \text{ m / min}$$

$$V_{min} = 5 \text{ m / min}$$

Diâmetros de Bobinamento:

$$\varnothing_{m\acute{a}x} = 620 \text{ mm}$$

$$\varnothing_{min} = 480 \text{ mm}$$

Cálculo da rotação máxima da bobina:

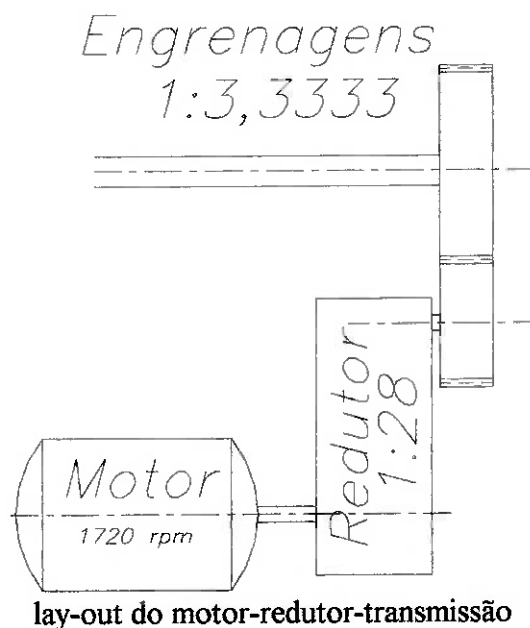
$$\omega = \frac{v}{r} = \frac{30}{0,24} = 2,0833 \text{ rad / s}$$

$$f = \frac{\omega}{2 \cdot \pi} = \frac{2,0833}{2 \cdot \pi} = 0,33157 \text{ Hz} = 19,9 \text{ r.p.m.}$$

Cálculo da rotação mínima da bobina:

$$\omega = \frac{v}{r} = \frac{5}{0,31} = 0,2688 \text{ rad / s}$$

$$f = \frac{\omega}{2 \cdot \pi} = \frac{0,2688}{2 \cdot \pi} = 0,0428 \text{ Hz} = 2,5670 \text{ r.p.m.}$$



Observando o lay-out podemos notar que o motor operará no seguinte intervalo de rotações:

$$f_{max} = 28 \cdot 3,3333 \cdot 19,9 = 1857,3331 \text{ r.p.m.}$$

$$f_{min} = 28 \cdot 3,3333 \cdot 2,5670 = 239,5866 \text{ r.p.m.}$$

As reduções foram calculados para se obter a máxima rotação do motor mais próximo possível da sua rotação síncrona.

Dimensionamento das Engrenagens

- 1º Par de Engrenagens ($i = 3,3333$)

a) Pipocamento

Processo de Helmut Ernest (Volume Mínimo do Pinhão)

Este valor mínimo é para não comprometer o flanco do dente à fadiga por compressão.

$$B \cdot d^2 = k \cdot \frac{M_t \cdot \varphi \cdot f(i)}{P_{adm}^2}$$

Onde :

- φ Fator de serviço - depende do equipamento movido, vide tabela anexo;
Bobinadeiras de Metais Operando 10hs/Dia
 $\varphi = 1,25$

$$f(i) = \frac{i+1}{i+0,14}$$

Para $i = 3,3333$

$$f(i) = 1,2476$$

P_{adm} Pressão máxima admissível entre os flancos dos dentes e a coroa. Esta pressão não deve ser ultrapassada nem no dente do pinhão, nem no dente da coroa. O valor de P_{adm} são obtidos nas curvas anexo.

$$P_{adm} = 10.300 \text{ kgf / cm}^2 \rightarrow \text{Pinhão SAE 4340 - 11,1111 rpm}$$

k Constante - 5.720.000 para EC de dentes retos ou 4.576.000 para EC de dentes helicoidais

$$\text{E.C.D.Retos} \rightarrow k = 5.720.000$$

$$M_t = 71620 \cdot \frac{N}{n} = 71620 \cdot \frac{5}{11,1111} = 32.229,0322 \text{ kgf / cm}$$

$$\therefore B \cdot d^2 = 2.709,9060 \text{ cm}^3$$

Pinhão e coroa em balanço recomenda-se

$$\frac{B}{d} = 0,76 \quad B = 0,76 d$$

$$d = 15,2773 \text{ cm} \quad B = 11,6108 \text{ cm}$$

b) Cálculo do Módulo

Adotando-se $z = 15$ temos :

$$d = m \cdot z \rightarrow m = \frac{d}{z} = \frac{15,2773}{15} = 10,1848$$

Adotando-se $m = 10$, recalcula-se b e d :

$$d = m \cdot z \rightarrow d = 10 \times 15 = 150 \text{ mm}$$

$$B \cdot d^2 = 2.709,9060 \rightarrow B = 12,0440 \text{ cm}$$

c) Verificação à Flexão

A tensão que atua no pé do dente é:

$$\sigma = \frac{F_t \cdot q \cdot \varphi}{B \cdot m_f} (\sigma_{adm})$$

onde

q é o fator de forma do dente $q = f(z)$ conforme tabela anexo
 σ Tensão admissível do material à flexão conforme tabela anexo

- Para o Pinhão

$$F_t = \frac{2 \cdot M_t}{d} = \frac{32.229,0322 \cdot 2}{150} = 429,7204$$

$$q = f(15) = 39$$

$$\phi = 1,25$$

$$\sigma_{adm} = F(SAE4340) = 1.700 \text{ kgf / cm}^2$$

$$\therefore \sigma = 173,9361 < 1.700 \text{ kgf / cm}^2$$

- Para Coroa

$$Z_2 = i \cdot Z_1 = 3,3333 \times 15 = 49,9995 \rightarrow 50 \text{ dentes}$$

Variação da relação de transmissão será :

$$\left(\frac{19,9995 - 50}{49,9995} \right) \cdot 100 = 1 \cdot 10^{-4} \%$$

$$\sigma_{adm} = F(SAE4340) = 1.700 \text{ kgf / cm}^2$$

$$q = f(50) = 28$$

$$\sigma = \frac{339,2530 \cdot 28 \cdot 1,25}{11,6108 \cdot 10} = 102,2656 < 1.700 \text{ kgf / cm}^2$$

d) Geometria

$$a = \frac{m_f}{2} \cdot (Z_1 + Z_2) = 325 \text{ mm}$$

Coroa

$$D = m \cdot Z_2 = 10 \times 50 = 500 \text{ mm}$$

$$D_e = D + 2m = 500 + 2 \times 10 = 520 \text{ mm}$$

$$b = 120 \text{ mm}$$

Pinhão

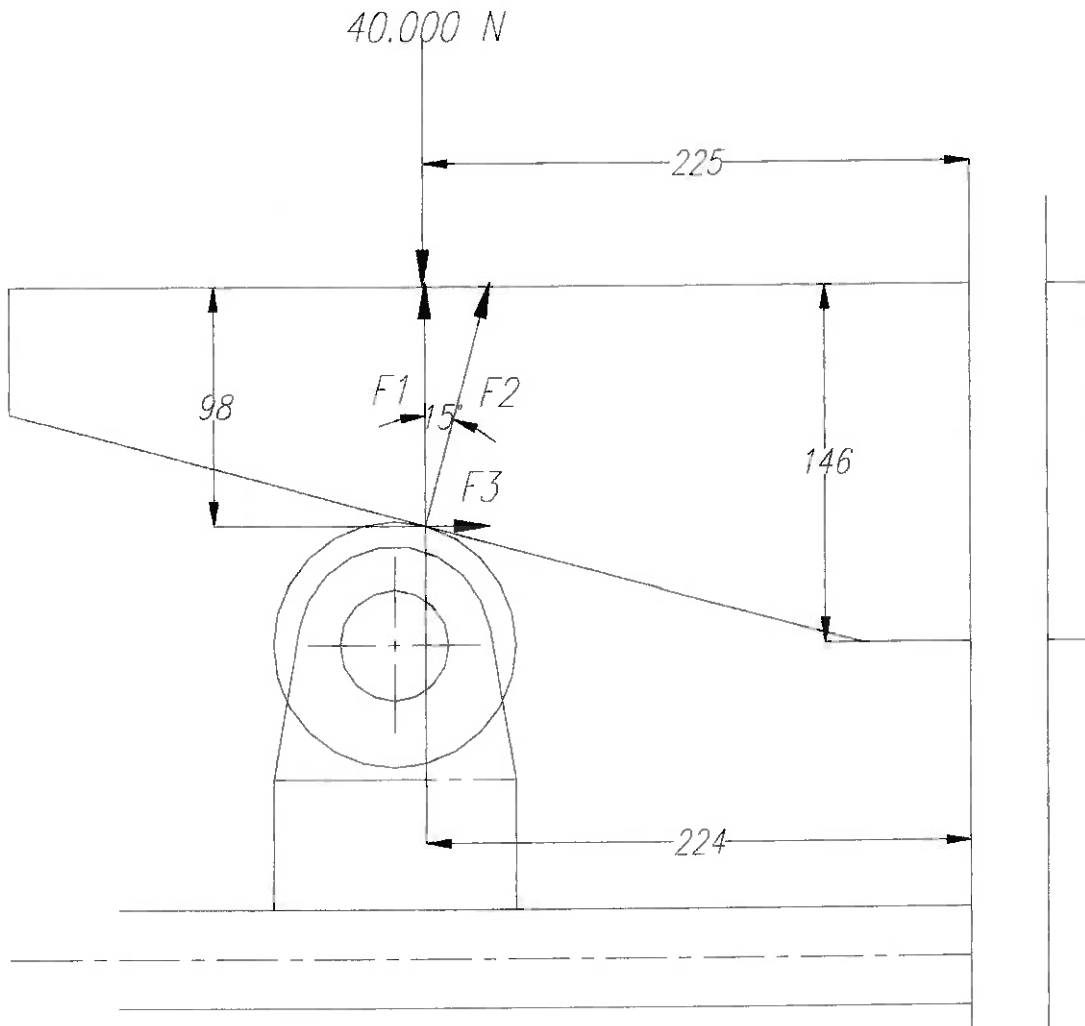
$$d = 150 \text{ mm}$$

$$d_e = d + 2m = 150 + 2 \times 10 = 170 \text{ mm}$$

$$b = 130 \text{ mm}$$

Dimensionamento do Parafuso de Potência

Determinação das forças atuantes:



$$\sum F_v = 0 \therefore F_1 = 40.000 N$$

$$F_2 = \frac{F_1}{\cos(15)} = 41.411,0472 N$$

$$F_3 = F_2 \cdot \sin(15) = 10.717,9677 N$$

Nota-se que estes valores não se alteram com a variação do diâmetro de bobinamento.

Determinação do Torque Necessário para o Acionamento da Castanha

Dados:

Tipo de Rosca :	Quadrada
Número de Entradas :	1
Passo:	5 mm
Diâmetro Maior :	25 mm
Coefficiente de Atrito $\mu = \mu_c$:	0,08
Diâmetro do Ponto de Fixação:	40 mm

Determinação dos demais parâmetros:

- Diâmetro Médio

$$d_m = d - \frac{p}{2} = 25 - 2,5 = 22,5mm$$

- Diâmetro Menor

$$d_r = d - p = 25 - 5 = 20mm$$

- Avanço

$$l = n \cdot p = 1 \cdot 5 = 5mm$$

Torque necessário para Levantar:

$$T = \frac{F \cdot d_m}{2} \cdot \left(\frac{l + \pi \cdot \mu \cdot d_m}{\pi \cdot d_m - \mu \cdot l} \right) + \frac{F \cdot \mu_c \cdot d_c}{2} =$$
$$= \frac{10.717,9677 \cdot 22}{2} \cdot \left(\frac{5 + \pi \cdot 0,08 \cdot 22,5}{\pi \cdot 22,5 - 0,08 \cdot 5} \right) + \frac{10.717,9677 \cdot 40 \cdot 0,08}{2} = 35.021,2500 N \cdot mm$$

Cálculo da Tensão na Seção Transversal do Parafuso

$$\sigma = \frac{N}{A} + \frac{T}{J_p} \cdot r = \frac{10.717,9677 \cdot 4}{\pi \cdot 22,5^2} + \frac{35.021,2500 \cdot 32}{\pi \cdot 22,5^4} \cdot 11 = 42,2668 N / mm^2 < 210 Mpa (SAE1020)$$

Condição de Auto-Travamento

$$\pi \cdot \mu \cdot d_m \geq l \rightarrow \pi \cdot 0,08 \cdot 22,5 \geq 5 \rightarrow 5,6549 \geq 5 \therefore O.K.$$

Seleção do Rolamento

No item anterior determinou-se a força atuante no rolamento ($F_2=41.411,0472$)

Consultando o Catálogo da SKF obtemos o Rolamento NUP 2309 EC que Suporta 95 kN de carga estática.

Dimensionamento do Inversor de Frequência

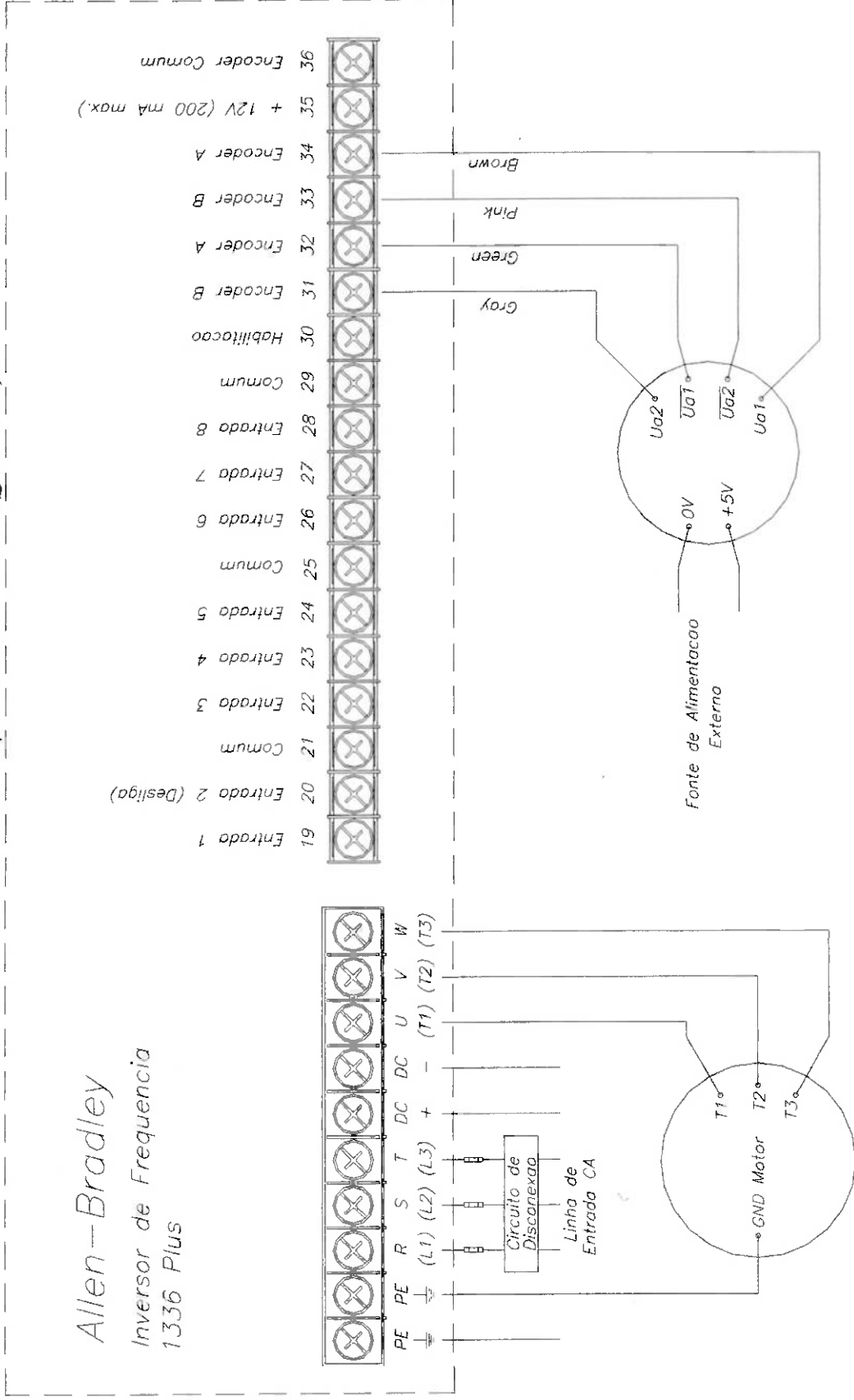
Para variar a velocidade do angular da bobinadeira, já que uma especificação do projeto é que a bobinadeira possua velocidade tangencial constante a medida que se aumenta o diâmetro da bobina, utilizar-se-á um inversor de frequência acionado por encoder incremental. O funcionamento do inversor de frequência baseia-se na produção de saída em tensão para controlar a velocidade e o torque do motor trifásico. A saída pode ser ajustada para fornecer ótima performance para quaisquer condições de carga.

O inversor escolhido (inversor de frequência 1336 Plus da Allen-Bladey) dispõe de um algoritmo de controle por realimentação negativa que permite o controle de uma malha

adicional com ajuste independentes dos ganhos proporcionais e integrais , bem como limite de escala da variável de realimentação. Se o dispositivo de realimentação indica que o processo está se distanciando do ponto de ajuste desejado, o software responde ajustando a saída do inversor até que o ganho da realimentação se iguale novamente ao ponto de ajuste.

Há ainda outra vantagem em utilizar o inversor de frequência. Não é necessário projetar um sistema de freios, pois o inversor pode ser programado para manter parado o eixo do motor, permanecendo parado, conseqüentemente, todo o sistema. Estão em anexo o catálogo do inversor de frequência bem como o do encoder. O esboço da instalação elétrica se encontra esquematizado abaixo.

DIAGRAMA ELÉTRICO (INVERSOR DE FREQUÊNCIA)



LAY-OUT DA FIAÇÃO DOS TERMINAIS DO INVERSOR DE FREQUÊNCIA

Seleção do Redutor a Engrenagens Cilíndricas

De acordo com o catálogo da Transmotécnica (B-200) temos :

Máquina a ser Acionada:

- Bobinadeira de Metal

Exigências:

- Potência Consumida:..... 4,19 CV
- Rotação 63,33 rpm
- Partidas por Hora..... 6
- Tempo de Operação..... 10 h
- Temperatura Ambiente..... 25°C

Motor:

- Motor Elétrico Trifásico
- Potência..... $P_m = 5 \text{ CV} = 3,729 \text{ kW}$
- Rotação 1.720 rpm
- Torque Máximo do Motor 6,3 Kgfm = 61,8 Nm

Seleção:

1. O redutor desejado deverá ter pés para fixação.

2. Redução $i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{1.720}{63,33} = 27,16$

Redução nominal $i_n = 28$

Em função dos dados seleciona-se um redutor duplo : H 12

3. Capacidade Nominal..... $P_{2N} = P_e \cdot f = 3,124 \cdot 1,25 = 3,905 \text{ kW}$

Fator de serviço $f = 1,25$ Até 10 h / dia, choques moderados

Capacidade Necessária do Redutor

$$P_{1Nreq} = \frac{P_{2Nreq}}{\eta} = \frac{3,905}{0,975} \cong 4,00 \text{ kW}$$

De acordo com a tabela de capacidades, selecionamos um redutor tipo H12, tamanho 12, com capacidade nominal P_{1N} de 5,3 kW

4. Verificação do torque de partida

$$\frac{T_{max} \cdot n_1}{9.550 \cdot P_{1N}} = \frac{61,8 \cdot 1.720}{9.550 \cdot 5,3} = 2,1 > 2,0$$

Como para este tamanho o torque de partida é excessivo, selecionaremos um tamanho acima, ou seja um redutor tipo H12, tamanho 13, com capacidade nominal P_{1N} de 8,5 kW

$$\frac{T_{max} \cdot n_1}{9.550 \cdot P_{1N}} = \frac{61,8 \cdot 1.720}{9.550 \cdot 8,5} = 1,31 < 2,0 \rightarrow O.K.$$

5. Verificação da Capacidade Térmica

$$\frac{P_e}{P_{2N}} = \frac{3,124}{3,905} = 0,8$$

$f_u = 0,98$ (Fator de Utilização-Tabela)

Capacidade Térmica para redutor H12-13;

i_n 28

n_l 1.720 r.p.m.

P_{to} Não Indicado

Como a tabela não indica o valor P_{to} , significa que a capacidade térmica é superior à capacidade mecânica, não havendo portanto, nenhuma restrição à aplicação.

6. O tipo de redutor selecionado é o H12-13.

Seleção do Acoplamento Elástico

Motor Elétrico 5 cv

Potência Efetiva 4,19 cv

Potência Efetiva 4,19 cv

Velocidade 240 rpm

Tempo de Operação 10 h

Fatores :

$R = 1,8$

$T_s = 1,06$

$M = 1,0$

$$F = R \times T_s \times M = 1,8 \times 1,06 \times 1,0 = 1,908$$

$$\frac{N \cdot F}{n} = \frac{4,19 \cdot 1,908}{240} = 0,0333$$

Acoplamento escolhido : Teteflex tamanho D-5

ANÁLISE, CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O trabalho aqui apresentado dá margens a um futuro detalhamento do dispositivo de bobinamento de chapas.

Na análise de sensibilidade procura-se avaliar o grau com que o funcionamento da máquina é afetado pela variação dos parâmetros de entrada.

No estudo de viabilidade foram estabelecidas as entradas e saídas desejáveis as quais influenciam decisivamente no êxito da bobinadeira de chapas. A análise de estabilidade presta-se a uma previsão dos efeitos da alteração das variáveis de entrada.

Por exemplo, concluiu-se que não foi necessário projetar um sistema para parar o sistema, já que o inversor de frequência controla a velocidade continuamente podendo ser programado para parar o sistema.

Os cálculos feitos neste trabalho pode ser de grande utilidade para o projeto executivo do mecanismo proposto. Foram dimensionados apenas os principais elementos do dispositivo ou seja, os elementos críticos que podem comprometer no desempenho e na durabilidade da máquina. Dentro da proposta estabelecida para o projeto da bobinadeira, para atendimento completo dos objetivos, aconselha-se no futuro a execução do projeto executivo para construção do protótipo e ensaio da mesma para, a partir dos dados obtidos, reprojetar o dispositivo, otimizando-o.

Estão anexados os principais catálogos utilizados neste trabalho, para facilitar a consulta do leitor. A bobinadeira em que foi baseado o presente projeto de formatura se encontra em fotos no anexo B. No anexo C há o desenho de conjunto da bobinadeira. Há ainda no anexo D, as principais tabelas utilizadas no projeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Tselikov, A. *Rolling Mills*; Oxford, Pergomon, 1965.
2. Rechetoff, A.H. *Construção de Máquinas: Órgãos de Transmissão*, Moscou, 1963.
3. Provenza, Francesco. *Pro-Tec*, Editora Provenza, São Paulo, 1990.
4. Niemann, E. *Elementos de Máquinas*, Volume III, Editora Edgard Blücher Ltda, 1971.
5. Getschko, Nicola. *Introdução aos Elementos de Comando e Controle Hidráulico*, Notas de Aula, 1990.
6. Madureira, Omar M. *Metodologia do Projeto*, Notas de Aula, 1989.
7. ABNT, *Normas para Desenho Técnico*, Editora Globo, Porto Alegre, 1977.
8. “Catálogo Geral SKF 4000PB”, Stamperia Artistica Nazionale, Italia, 1989.
9. “Acoplamento Elástico Teteflex e Uniflex A-100”, Transmotécnica.
10. “Redutores e Engrenagens Cilíndricas Linha H B-200”, Transmotécnica.
11. “Encoder Incremental Heidenhain ROD428B”, Heidenhain, Alemanha.
12. “Inversor de Frequência 1336 Plus”, Rockwell Automation/ Allen-Bradley.
13. “Weg, Motor de Trifásico de Alto Rendimento”, Weg, Santa Catarina.

ANEXOS

ANEXO A - CATÁLOGOS DOS COMPONENTES UTILIZADOS

ANEXO B - FOTOGRAFIA DO DISPOSITIVO

ANEXO C - TABELAS UTILIZADAS

ANEXO D - DESENHO DE CONJUNTO

ANEXO A - CATÁLOGOS DOS COMPONENTES UTILIZADOS

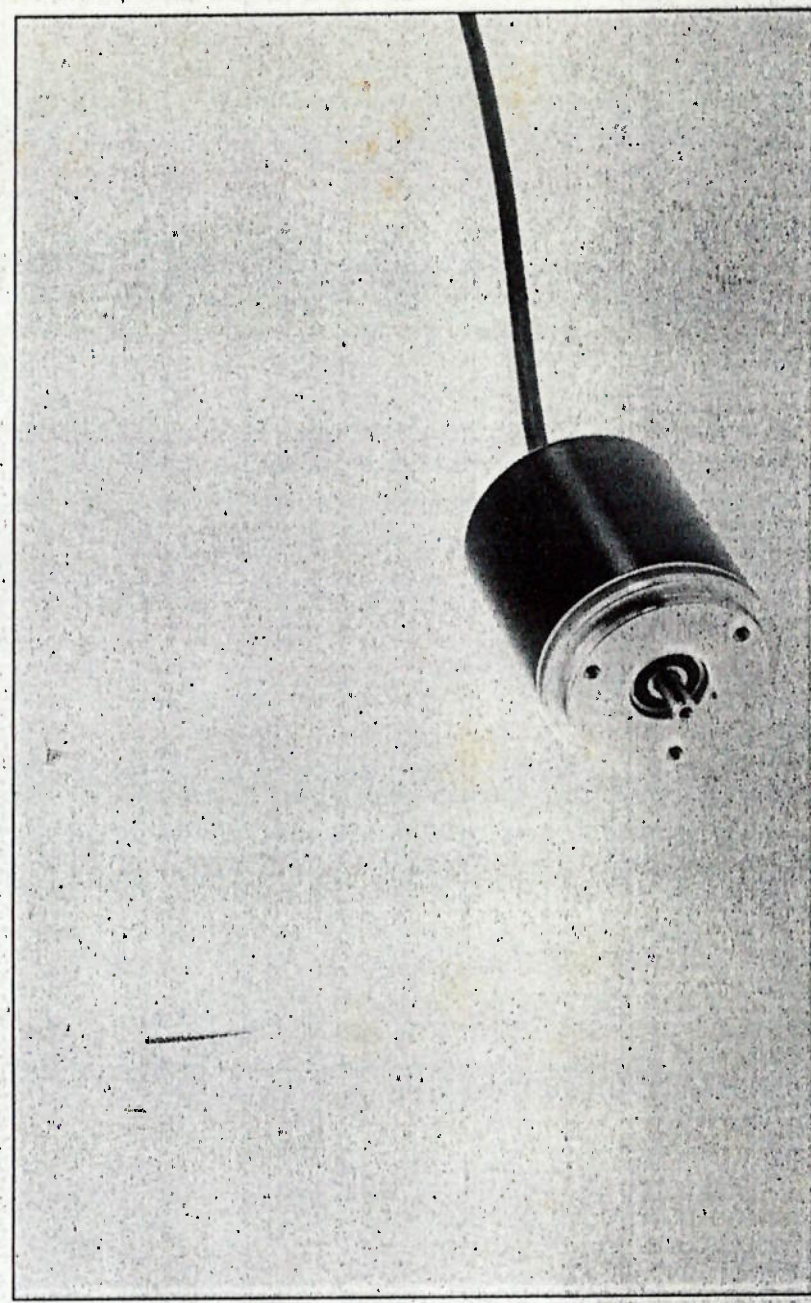


Recycling-Papier zum Schutz der Umwelt
Recycled paper to protect the environment

Montage- und Betriebsanleitung
Mounting and Operating Instructions

ROD 428B

Inkrementaler Drehgeber
Incremental Rotary Encoder



ROD 428B

50/60/100/120/125/128/150/180/200/250/254/256/360/400/420/500/512/600/625/635/720/
800/900/1000/1024/1080/1125/1250/1270/1500/1750/1800/2000/2048/2080/2500/2540/2920/
3000/3600/3750/4000/4096/4500/5000/6000/8192/9000
(Sonderstrichzahlen auf Anfrage)

Genauigkeit	± 18° / z ± 13" für Strichzahlen > 5000	($\triangleq$ 1/20 Teilungsperiode) für Strichzahlen ≤ 5000 z = Strichzahl
Auflösung	0,01° bei 9000 Strichen und 4-fach Auswertung in der Folge-Elektronik	
Drehzahl	max. 12 000 min ⁻¹	
Trägheitsmoment des Rotors	1,45 · 10 ⁻⁶ kgm ²	
Drehmoment bei 20° C	≤ 0,01 Nm	
Beanspruchung der Welle	axial max. 10 N radial max. 20 N (am Wellenende)	
Gewicht	ca. 0,4 kg	
Schutzart	IP 64 nach DIN 40 050 bzw. IEC 529	
Arbeitstemperatur	0 bis 70° C	
Lagertemperatur	-30 bis 80° C	
Vibration (50 bis 2000 Hz)	≤ 300 m/s ²	
Schock (11 ms)	≤ 5000 m/s ²	

Mechanical Data

R0D 428B

Line counts

50/60/100/120/125/128/150/180/200/250/254/256/360/400/420/500/512/600/625/635/720/
 800/900/1000/1024/1080/1125/1250/1270/1500/1750/1800/2000/2048/2080/2500/2540/2920/
 3000/3600/3750/4000/4096/4500/5000/6000/8192/9000
 (special line counts upon request)

Accuracy

$\pm 18''/z$ ($\triangleq 1/20$ grating period) for line counts ≤ 5000 $z = \text{line count}$
 $\pm 13''$ for line counts > 5000

Resolution

0.01" with 9000 lines and 4-fold evaluation in the subsequent electronics

Slewing speed

max. 12 000 rpm

Moment of inertia of rotor

$1.45 \cdot 10^{-6} \text{ kgm}^2$

Torque at 20° C (68° F)

$\leq 0.01 \text{ Nm}$

Shaft load

axial max. 10 N
 radial max. 20 N (at shaft end)

Weight

approx. 0.4 kg (0.87 lb)

Type of protection

IP 64 according to IEC 529

Operating temperature

0° to 70° C (32° to 158° F)

Storage temperature

-30° to 80° C (-22° to 176° F)

Vibration (50 to 2000 Hz)

$\leq 300 \text{ m/s}^2$

Shock (11 ms)

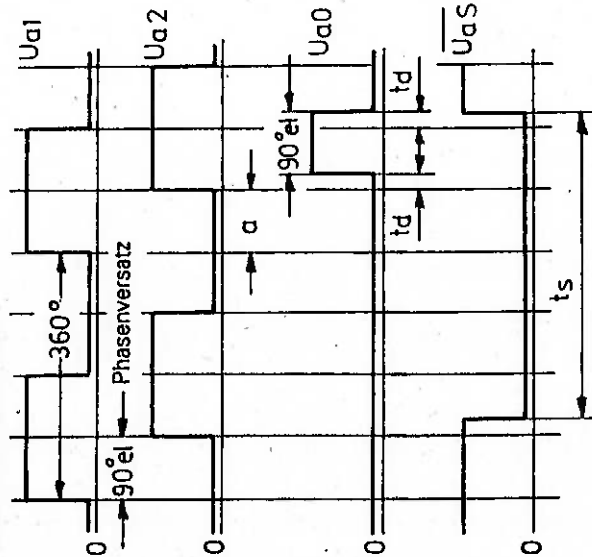
$\leq 5000 \text{ m/s}^2$

Spannungsversorgung

5 V $\pm$ 5 % / max. 220 mA (ohne Last)

Lichtquelle: Miniaturlampe

Ausgangssignale



Inkrementalsignale

TTL-Rechteck-Impulsfolgen U_{a1} , U_{a2} und deren invertierte Impulsfolgen $\overline{U_{a1}}$ und $\overline{U_{a2}}$. U_{a2} nacheilend zu U_{a1} bei Rechtsdrehung (mit Blick auf die Welle)

Flankenabstand

 $a \geq 0,45 \mu\text{s}$ bei Abtastfrequenz 300 kHz

Referenzsignal

1 Rechteck-Impuls U_{a0} pro Umdrehung und dessen invertierter Impuls $\overline{U_{a0}}$

Verzögerungszeit

Verzögerung des Impulses U_{a0} zu den Signalen U_{a1} und U_{a2}
 $t_{d1} \leq 100 \text{ ns}$

Störungssignal
Signalbreite

1 Rechteck-Signal $\overline{U_{a5}}$ pro Umdrehung (U_{a5} intern vorhanden)
 $t_s \geq 200 \mu\text{s}$
 (Bedingung: beide Inkrementalsignale im Bereich der Ansprechschwelle)

Signalpegel

$U_{aHigh} \geq 2,5 \text{ V}$ bei $-I_{aHigh} = 20 \text{ mA}$
 $U_{aLow} \leq 0,5 \text{ V}$ bei $I_{aLow} = 20 \text{ mA}$

Belastbarkeit

$-I_{aHigh} \leq 20 \text{ mA}$
 $I_{aLow} \leq 20 \text{ mA}$
 $C_{Last} \leq 1000 \text{ pF}$

Schaltzeiten

Anstiegszeit $t_+ \leq 100 \text{ ns}$
 Abfallzeit $t_- \leq 100 \text{ ns}$

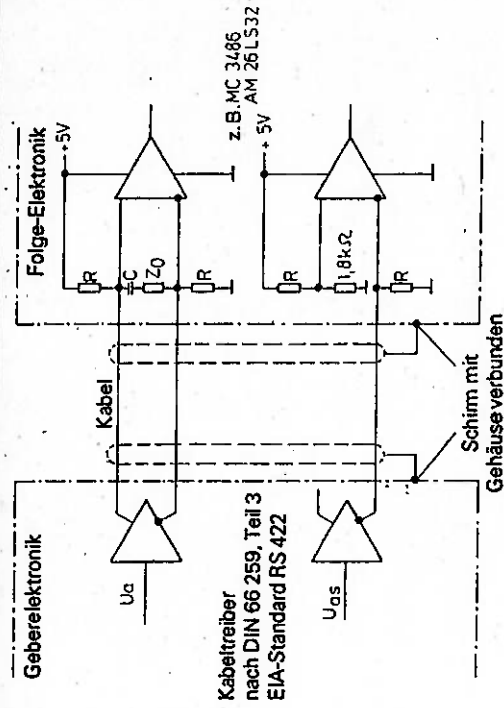
Abtastfrequenz

0 bis 300 kHz

Drehzahl

0 bis $(300/z \times 10^3 \times 60) \text{ min}^{-1}$ $z = \text{Strichzahl}$

**empfohlene Eingangsschaltung
der Folge-Elektronik**



$R = 4,7 \text{ k}\Omega$; verhindert das Schalten des Empfängers bei Leitungsbruch

$C = 1 \text{ bis } 10 \text{ nF}$; vermindert die Gleichstrombelastung des Gebers

$Z_0 = 120 \text{ bis } 140 \Omega$
(mit HEIDENHAIN-Kabel) bzw. entsprechend dem Wellenwiderstand des Kabels

Kabellänge am Drehgeber 1 m (andere Längen auf Anfrage)
zur Folge-Elektronik 50 m max., mit HEIDENHAIN-Kabel (4 x 2 x 0,14 + 4 x 0,5) mm²

Pinbelegung

Pin	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Signal	$\bar{U}_{a2}$	Sensor + 5 V	U_{a0}	$\bar{U}_{a0}$	U_{a1}	$\bar{U}_{a1}$	$\bar{U}_{a5}$	U_{a2}	Schirm *	0 V	Sensor 0 V	+ 5 V
Farbe	rosa	0,25mm ² blau	rot	schwarz	braun	grün	violett	grau	/	0,25mm ² weiß/ grün	0,25mm ² weiß	0,25mm ² braun/ grün

* Schirm liegt auf dem Steckergehäuse und ist im Stecker mit Pin 9 verbunden

Zulässige Biegeradien der Gerätekabel

Kabel-Durchmesser	Zulässiger Biegeradius für Dauerbiegung	einmalige Biegung
Ø 4,5 mm	$R \geq 50 \text{ mm}$	$R \geq 10 \text{ mm}$
Ø 6 mm	$R \geq 75 \text{ mm}$	$R \geq 20 \text{ mm}$
Ø 8 mm	$R \geq 100 \text{ mm}$	$R \geq 40 \text{ mm}$

Electrical Data

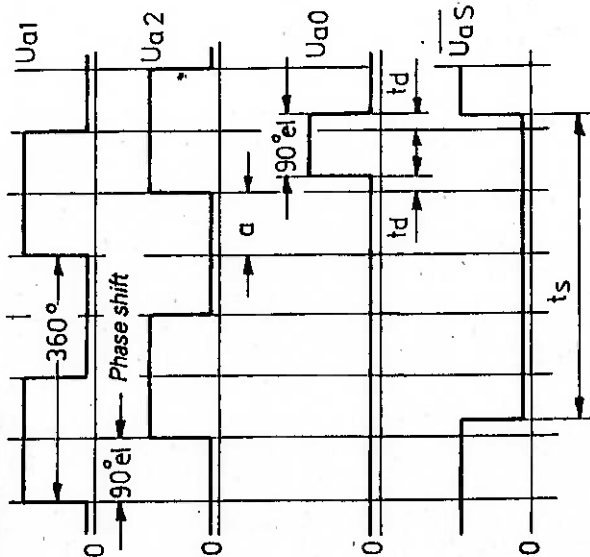
ROD 428B

Power supply

5 V $\pm$ 5 % / max. 220 mA (without load)

Light source: miniature lamp

Output signals



Incremental signals

TTL square-wave pulse trains U_{a1} , U_{a2} and their inverted pulse trains $\overline{U_{a1}}$ and $\overline{U_{a2}}$. U_{a2} lags U_{a1} with clockwise rotation (seen from the flange side)

Edge separation

$a \geq 0.45 \mu\text{s}$ at scanning frequency 300 kHz

Reference signal

1 square-wave pulse U_{a0} per revolution and its inverted pulse $\overline{U_{a0}}$

Lag time

lag of pulse U_{a0} to signals U_{a1} and U_{a2}
 $l_{td} \leq 100 \text{ ns}$

Fault detection signal

1 square-wave signal $\overline{U_{aS}}$ per revolution (U_{aS} internally provided)
Signal width
 $t_s \geq 200 \mu\text{s}$ (condition: both incremental signals within the range of the response threshold)

Signal level

$U_{aHigh} \geq 2.5 \text{ V at } -I_{aHigh} = 20 \text{ mA}$
 $U_{aLow} \leq 0.5 \text{ V at } I_{aLow} = 20 \text{ mA}$

Loading

$-I_{aHigh} \leq 20 \text{ mA}$
 $I_{aLow} \leq 20 \text{ mA}$
 $C_{Load} \leq 1000 \text{ pF}$

Switching times

rise time $t_+ \leq 100 \text{ ns}$
fall time $t_- \leq 100 \text{ ns}$

Scanning frequency

0 to 300 kHz

Slewing speed

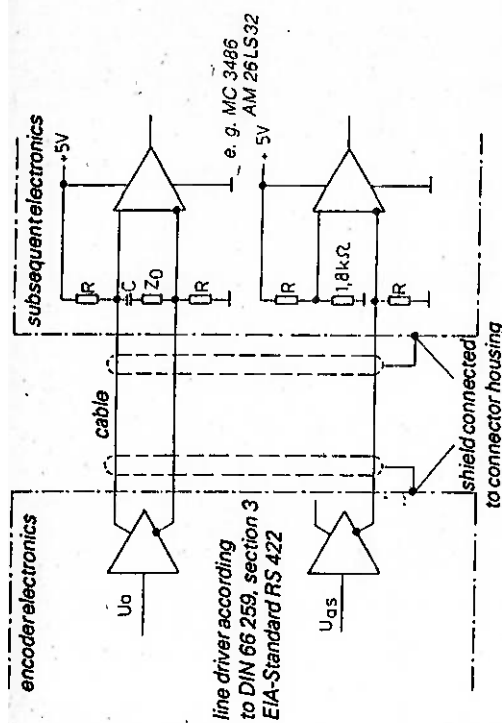
0 to $(300/z \times 10^3 \times 60) \text{ rpm}$ $z = \text{line count}$

recommended input circuitry of subsequent electronics

$R = 4.7\text{ k}\Omega$; prevents switching of the receiver during line break

$C = 1\text{ to }10\text{ nF}$; reduces the DC loading of the rotary encoder

$Z_0 = 120\text{ to }140\text{ }\Omega$ (with HEIDENHAIN cable) or corresponding to the characteristic impedance of the cable



Cable length at encoder 1 m (3.3 ft) other lengths upon request
to subsequent electronics 50 m (164 ft) max., with HEIDENHAIN cable ($4 \times 2 \times 0.14 + 4 \times 0.5$) mm²

Pin Layout

Pin	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Signal	$\overline{U_{a2}}$	sensor + 5 V	U_{a0}	$\overline{U_{a0}}$	U_{a1}	$\overline{U_{a1}}$	$\overline{U_{a5}}$	U_{a2}	shield *	0 V	sensor 0 V	+ 5 V
Color	pink	0.25mm ² blue	red	black	brown	green	violet	gray	/	0.25mm ² white/green	0.25mm ² white	0.25mm ² brown/green

* shield is on the connector housing and is connected to pin 9 in the connector

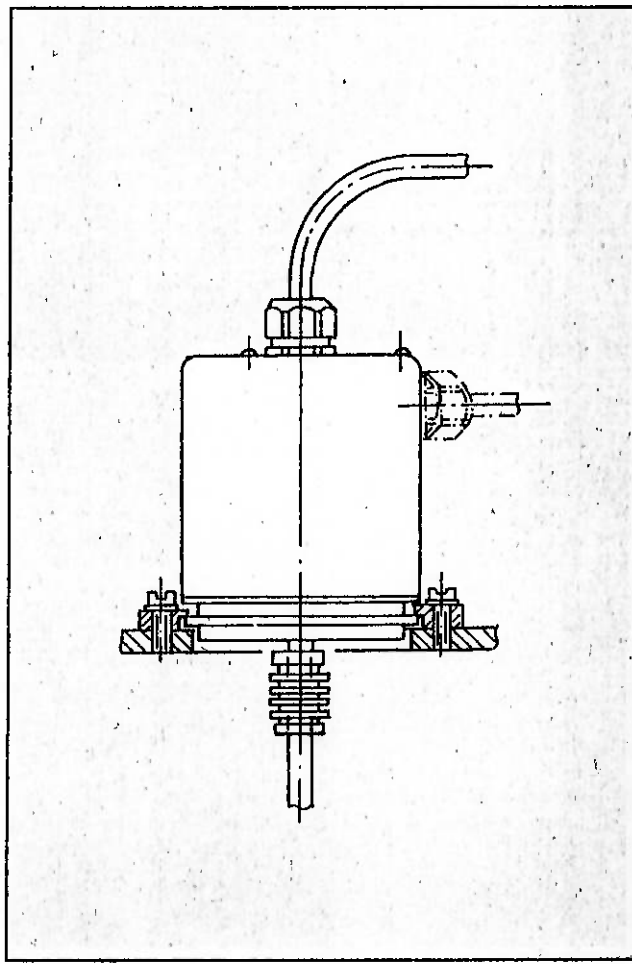
Permissible bending radii of cable

Cable diameter	Permissible bending radius for	
	Repeated bending	Stationary config.
Ø 4,5 mm (.18 in.)	$R \geq 50\text{ mm (2 in.)}$	$R \geq 10\text{ mm (.4 in.)}$
Ø 6 mm (.24 in.)	$R \geq 75\text{ mm (3 in.)}$	$R \geq 20\text{ mm (.8 in.)}$
Ø 8 mm (.31 in.)	$R \geq 100\text{ mm (4 in.)}$	$R \geq 40\text{ mm (1.6 in.)}$

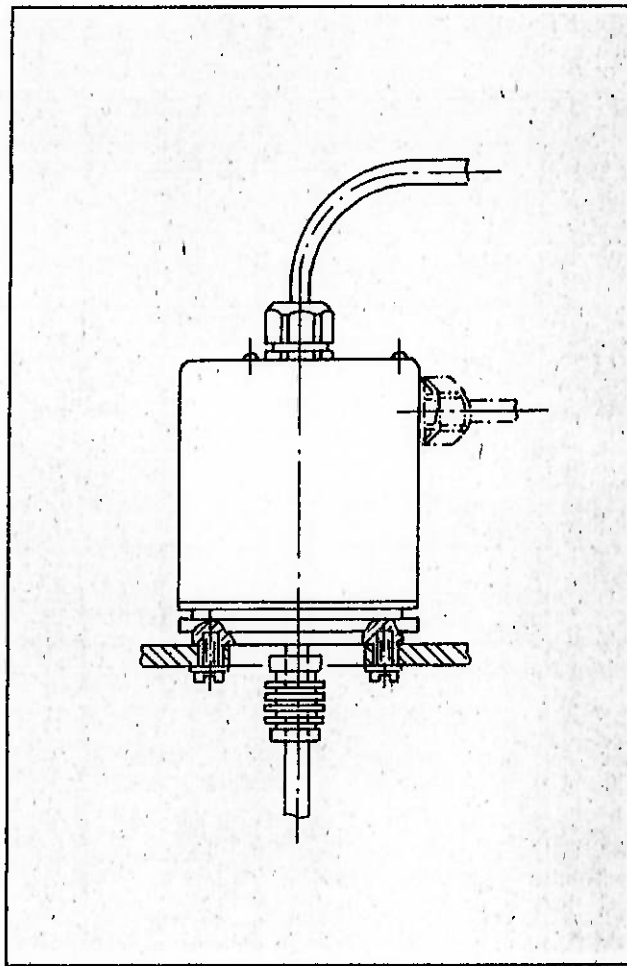
Beim Anbau eines ROD 428B kann man generell zwei Anbaumöglichkeiten unterscheiden: Zum einen kann der Drehgeber mit Spannschrauben (als Zubehör erhältlich), zum anderen über die Befestigungsgewinde im Flansch montiert werden (siehe Fig. 1 und 2). Hierbei muß jeweils auf den Radial-Versatz, Winkel-Fehler und die Axial-Bewegung der Wellen geachtet werden. Die Ankopplung des Drehgebers erfolgt über eine Kupplung, welche die Fluchtungsfehler und das Axial-Spiel zwischen den Wellen ausgleicht. Die zulässigen Werte entnehmen Sie bitte der Tabelle „Kupplungen – Technische Daten“ (siehe Zubehör).

When mounting an ROD 428B you can normally choose between two mounting modes: The encoder can be mounted either with clamps (available as accessory), or it can be mounted via the tapped fixing holes in the flange (see fig. 1 and 2). Care must be taken to minimize radial offset, angular error and axial run-out of the shafts. The encoder is connected to the mating shaft via a coupling which compensates misalignment and axial play between the shafts. You will find the permissible values in the table "Couplings – Technical Data" (see Accessories).

Befestigung mittels Spannschrauben
Mounting mode with clamps



Befestigung mittels Befestigungsgewinde
Mounting mode via frontal screws

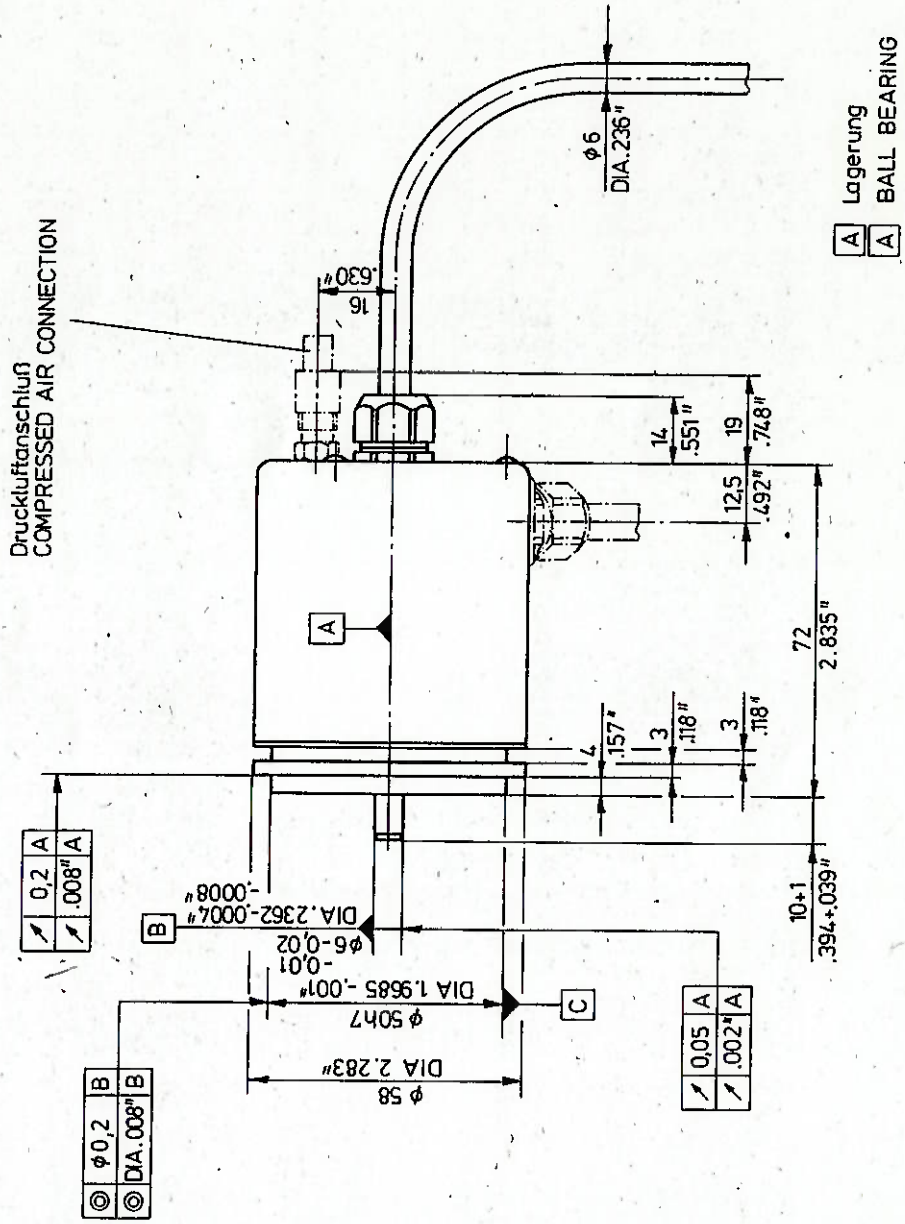


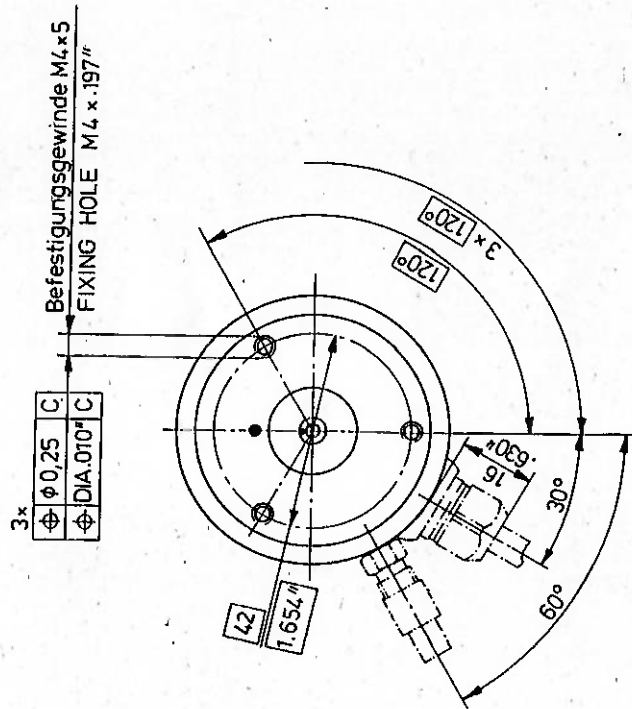
Für einen störungsfreien Betrieb bitte folgende Punkte beachten:

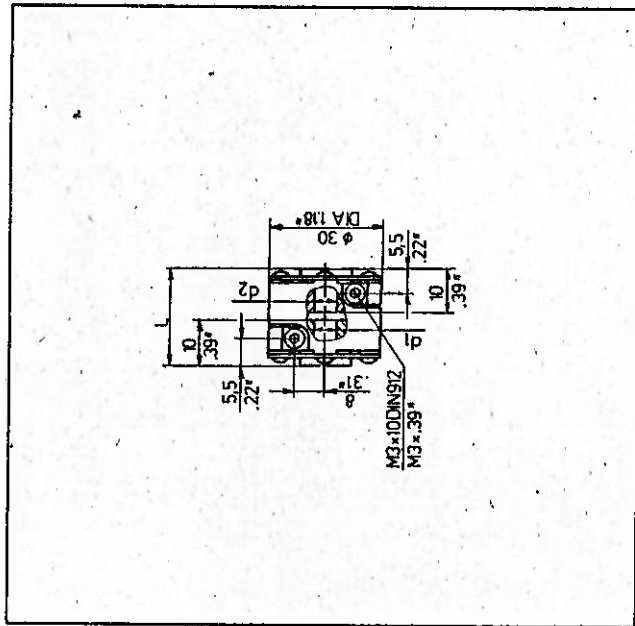
- Geschirmtes Kabel verwenden, z.B. HEIDENHAIN-Kabel ($4 \times 2 \times 0,14 + 4 \times 0,5$) mm² (siehe Zubehör).
- Verbindungsstecker oder Klemmkästen mit Metallgehäuse verwenden, wobei durch diese Teile möglichst keine fremden Signale geführt werden sollen.
- Gehäuse des Steckers, evtl. Klemmkasten und Auswerte-Elektronik über den Schirm des Kabels miteinander verbinden. Schirm möglichst induktionsarm, d.h. kurz und großflächig im Bereich der Kabeleinführung anschließen. Abschirmungssystem als Ganzes mit Schutz Erde verbinden. Zufällige Berührungen von losen Steckergehäusen mit anderen Metallteilen sollen verhindert werden. Die Kabelabschirmung hat die Funktion eines Potential-Ausgleichsleiters. Sind innerhalb der Gesamtanlage Ausgleichsströme zu erwarten, ist ein separater Potentialausgleichsleiter vorzusehen.
- Signalkabel nicht in unmittelbarer Umgebung von Störquellen (induktiven Verbrauchern wie Schützen, Motoren, Magnetventilen und dgl.) verlegen. Eine ausreichende Entkopplung gegenüber störsignalführenden Kabeln wird im allgemeinen durch einen Luftabstand von 100 mm oder bei Verlegung in metallischen Kabelschächten durch eine geerdete Zwischenwand erreicht. Gegenüber Speicherdrosseln im Schaltnetzverteiler ist in der Regel ein Mindestabstand von 200 mm erforderlich.
- Keine Stecker unter Spannung lösen oder verbinden.
- Bei Inbetriebnahme des Systems Drehgeber-Steuerung muß üblicherweise zuerst der Referenzpunkt des Drehgebers überfahren werden.

Für trouble-free function please observe the following instructions:

- Use shielded cable, e.g. HEIDENHAIN cable ($4 \times 2 \times 0,14 + 4 \times 0,5$) mm² (see Accessories).
- Use connectors or terminal boxes with metal housings and avoid transmittance of external signals via these parts.
- Connect housing of connector, terminal box and evaluation electronics together via the shield of the cable. Connect the shield so that it is as induction-free as possible. Connect the shielding system as a whole with protective ground. Ensure that loose connector housings cannot make contact with other metal parts. The cable shielding has the function of a potential compensating line. If compensating currents are to be expected within the total setup, a separate potential compensating line must be provided.
- Do not place the signal cable in the direct vicinity of interference sources (inductive loads such as contactors, motors, solenoid valves etc.). Sufficient decoupling from interference signal transmitting cables is normally achieved via an air clearance of 100 mm (3.94 in.) or a grounded partition when using metal cable ducts. A minimum spacing of 200 mm (7.87 in.) to inductors within the combinational circuit is usually required.
- Do not engage or disengage any connectors while equipment is under power.
- When commissioning the system, i.e. rotary encoder/numerical control, the reference point of the rotary encoder must be initially traversed.







Id.-Nr. 226 525 ..

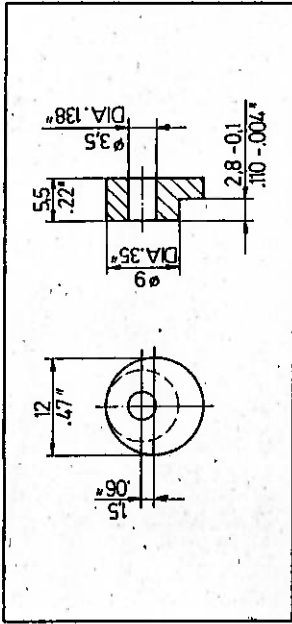
Id.-Nr. 226 525.:

Technical drawing of a bolt and nut assembly. The bolt is labeled M3 and has a length of 20 ± 1 . The nut is labeled M3 and has a height of 7.8 ± 0.39 . The bolt has a diameter of $\phi 6 F7$ and the nut has a diameter of $\phi 5 F7$. The drawing shows the bolt and nut in a cross-sectional view, with dimensions and tolerances indicated.

Id.-Nr. 200 379 02

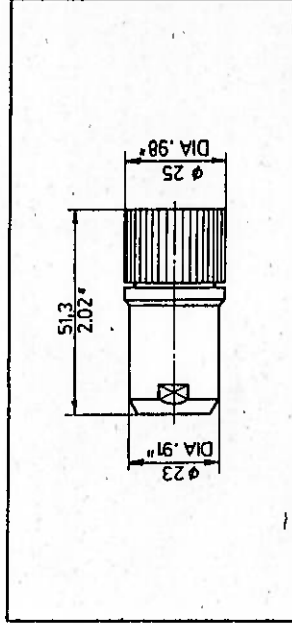
Id.-Nr. 200 379 02

12



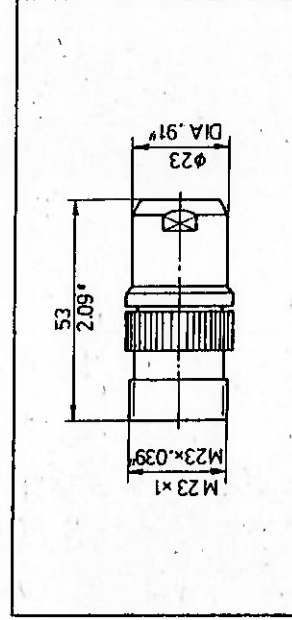
Spannpratzen
(3 Stück pro Drehgeber)
Id.-Nr. 200 032 01

Clamps
(3 pieces per encoder)
Id.-Nr. 200 032 01



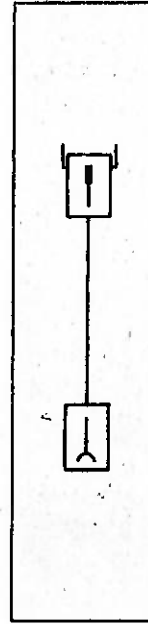
Stecker 12 polig, Stift
für Meßsystemkabel Ø 6 mm Id.-Nr. 228 561 10
für Verlängerungskabel Ø 8 mm Id.-Nr. 228 561 15

Connector (male) 12-pole version
for encoder cable Ø 6 mm (.24 in.) Id.-Nr. 228 561 10
for extension cable Ø 8 mm (.31 in.) Id.-Nr. 228 561 15



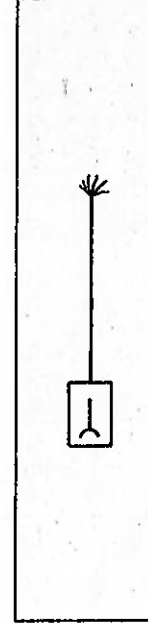
Kupplung 12 polig, Buchse
für Verlängerungskabel Ø 8 mm
Id.-Nr. 228 562 12

Coupling (female) 12-pole version
for extension cable Ø 8 mm (.31 in.)
Id.-Nr. 228 562 12



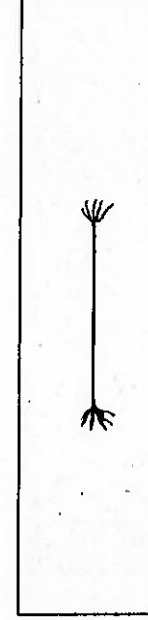
Verlängerungskabel
komplett, 12 polig Ø 8 mm
Id.-Nr. 246 512 ..

Extension Cable
complete, 12-pole version Ø 8 mm (.31 in.)
Id.-Nr. 246 512 ..



Verlängerungskabel
einseitig verdrahtet Ø 8 mm
Id.-Nr. 246 514 ..

Extension Cable
with connector at one end Ø 8 mm (.31 in.)
Id.-Nr. 246 514 ..



Verlängerungskabel
unverdrahtet, 12 polig Ø 8 mm
Id.-Nr. 244 957 ..

Extension Cable
without connector, 12-pole version Ø 8 mm (.31 in.)
Id.-Nr. 244 957 ..

Service

DR. JOHANNES HEIDENHAIN GmbH

Dr.-Johannes-Heidenhain-Straße 5

D-8225 Traunreut

☎ (08669) 31-12 72 (Allg. Service)

☎ (08669) 31-16 88 (TNC-Service)

FAX (08669) 98 99

Technisches Büro Hamburg

Bahnhofstraße 50

2000 Wedel

☎ (04103) 74 38

FAX (04103) 162 03

Technisches Büro

Nordrhein-Westfalen

Stresemannstraße 12

5800 Hagen

☎ (02331) 326 37

FAX (02331) 132 94

Technisches Büro Hessen

Lindenweg 24

6479 Schotten 1

☎ (06044) 29 95

FAX (06044) 33 49

Technisches Büro

Baden-Württemberg

Eichachstraße 20

7404 Ofterdingen

☎ (07473) 227 33

FAX (07473) 217 64

Technisches Büro Bayern

Dr.-Johannes-Heidenhain-Straße 5

8225 Traunreut

☎ (08669) 3113 45

FAX (08669) 59 75

Tr. 56831

Agencies abroad

Agences étrangères

Belgien Belgium Belgique

HEIDENHAIN FRANCE sarl

2, Avenue de la Cristallerie

Post Box 62

F-92312 Sèvres

☎ (1) 45 34 61 21

FAX (1) 45 07 20 00

Tr. 260 974

Brasilien Brazil Brésil

DIADUR Indústria e Comércio Ltda.

Rua Servia, 329 - Socorro, Santo Amaro

Post Box 12 695

04 763 São Paulo - SP, Brasil

☎ (011) 5 23-67 77

FAX (011) 5 23 14 11

Tr. 56 970

Dänemark Denmark Danemark

TP TEKNIK A/S

Kobbelvænget 74

DK-2700 Brønshøj

☎ 38 89 01 66

FAX 38 89 01 65

Finnland Finland Finnlande

NC-POINT OY

Post Box 87

Sulantie 7 D

SF-04300 Hyytiälä

☎ (0) 25 94 00

FAX (0) 25 79 98

France France France

HEIDENHAIN FRANCE sarl

2, Avenue de la Cristallerie

Post Box 62

F-92312 Sèvres

☎ (1) 45 34 61 21

FAX (1) 45 07 20 00

Tr. 260 974

Griechenland Greece Grèce

D. PANAYOTIDIS - J. TSATSIS S.A.

6, Pireos St.

GR-183 48 Moschaton - Athens

☎ (01) 4810817

FAX (01) 48296 73

Tr. 212812/241228

Großbritannien und Irland

U.K. and Ireland

Angleterre et Irlande

HEIDENHAIN (G.B.) Limited

200 London Road, Burgess Hill

West Sussex RH15 9RD

☎ (0444) 24 77 11

FAX (0444) 87 00 24

Tr. 877 125

Indien India Inde

ASHOK & LAL

12 Pulla Reddy Avenue

Post Box 5422

Madras - 600 030

☎ (044) 6172 89

FAX (044) 6182 24

Tr. 4124 015

Israel

NEUMO VARGUS

34-36, Itzhak Sade St.

Post Box 20102

Tel-Aviv 67212

☎ (3) 537 32 75

FAX (3) 537 21 90

Tr. 371567

italien italy italie
HEIDENHAIN ITALIANA srl
 Viale Misurata 16
 I-20146 Milano
 ☎ (02) 48300241...45
 ☎ (02) 4120991
 ☎ (02) 353470

Japan Japan Japon
HEIDENHAIN JAPAN K.K.
 Sogo-Daiichi Bldg. 2 F
 3-2, Kojimachi, Chiyoda-ku
 Tokyo 102
 ☎ (03) 234-7781
 ☎ (03) 2622539

Canada Canada
HEIDENHAIN CORPORATION
 Canadian Regional Office
 1075 Meyerside Drive, Unit 5
 Mississauga, Ontario L5T 1M3, Canada
 ☎ (416) 670-8900
 ☎ (416) 670-4426

Korea
SEO CHANG CORPORATION LTD.
 Rm. 903, Jeail Bldg., 44-35
 Yoido-Dong, Yongdeungpo-ku, Seoul
 C.P.O. Box 9756 Seoul, Korea
 ☎ (02) 7808208
 ☎ (02) 7845408
 ☎ (02) 22686

Niederlande Netherlands Pays-Bas
HEIDENHAIN NEDERLAND B.V.
 Landjuweel 20
 Post Box 107
 NL-3900 AC Veenendaal
 ☎ (08385) 40300
 ☎ (08385) 17287
 ☎ (08385) 30481

norwegen norway norvege
BACHKE MASKIN A/S
 Post Box 6001
 Lade Allé 65
 N-7003 Trondheim
 ☎ (07) 919100
 ☎ (07) 913377
 ☎ (07) 55013

Österreich Austria Autriche
Alois Zollner
 Dr.-Johannes-Heidenhain-Straße 5
 D-8225 Traunreut
 ☎ (08669) 311337
 ☎ (08669) 5975
 ☎ (08669) 56831

Portugal
FARRESA ELECTRONICA LTDA.
 Rua Goncalo Cristovao 294 - 1º
 P-4000 Porto
 ☎ (2) 318440
 ☎ (2) 318044

Schweden Sweden Suède
A. KARLSON INSTRUMENT AB
 Post Box 111
 S-14501 Norsborg
 ☎ (0753) 89350
 ☎ (0753) 84518
 ☎ (0753) 11645

Schweiz Switzerland Suisse
HEIDENHAIN (SCHWEIZ) AG
 Post Box
 Vierstrasse 14
 CH-8603 Schwerzenbach
 ☎ (01) 8250440
 ☎ (01) 8253346

Singapur Singapore Singapour
HEIDENHAIN PACIFIC PTE LTD
 2, Leng Kee Road No. 03-05
 Thye Hong Centre
 Singapore, 0315
 ☎ 4722222
 ☎ 4728916

Spanien Spain Espagne
FARRESA ELECTRONICA S. A.
 c/Simon Bolivar, 27 - Dpto. 11
 E-48013 Bilbao (Vizcaya)
 ☎ (94) 4413649
 ☎ (94) 4423540
 ☎ (94) 32587

Taiwan
MINTEKE SUPPLY CO. LTD.
 1F, 256-3 Lung Chiang Road, Taipei, 104
 Republic of China
 ☎ (02) 5034375
 ☎ (02) 5050108
 ☎ (02) 28333

Türkei Turkey Turquie
ORSEL LTD.
 Kuşdili Cad. No. 43
 Toraman Han, Kat 3
 TR-81310 Kadiköy/Istanbul
 ☎ (1) 3478395
 ☎ (1) 3478393
 ☎ (1) 18938823

USA
HEIDENHAIN CORPORATION
 115 Commerce Drive
 Schaumburg, IL 60173
 ☎ (708) 490-1191
 ☎ (708) 490-3931

MOTOR TRIFÁSICO DE ALTO RENDIMENTO

Plus



CARACTERÍSTICAS TÍPICAS

220 volts, 60Hz
IP54 - NBR 6146

IP54 - NBR 6146

Potência		Carcaça ABNT	RPM	Corrente nominal em 220V A	Corrente com rotor bloqueado Ip/In	Conjugado nominal Cn kgfm	Conjugado com rotor bloqueado Cp/Cn	Conjugado máximo Cmax/ Cn	Rendimento $\eta\%$			Fator de Potência Cos ϕ			Momento de inércia J kgm ²	Tempo com rotor bloqueado (S) a quente	Peso aprox. kg	Nível médio de pressão sonora dB (A)
CV	kW								% Potência Nominal									
									50	75	100	50	75	100				

3600 RPM

1,0	0,75	71	3440	3,00	7,4	0,21	3,0	3,0	74,2	78,4	80,9	0,56	0,70	0,80	0,0006	8	10	61
1,5	1,1	80	3420	4,00	7,4	0,31	3,0	3,3	78,8	81,6	82,9	0,67	0,79	0,87	0,0013	8	13	62
2,0	1,5	80	3360	5,00	6,7	0,43	3,0	3,0	81,8	83,4	83,0	0,78	0,86	0,93	0,0015	10	15	62
3,0	2,2	90 S	3460	8,20	7,8	0,62	2,7	3,0	83,2	85,0	85,1	0,72	0,80	0,83	0,0021	9	20	67
4,0	3,0	90 L	3490	11,0	7,6	0,82	3,0	3,2	84,1	86,7	86,3	0,71	0,80	0,83	0,0055	10	23	67
5,0	3,7	100 L	3490	13,0	8,1	1,0	3,0	3,2	83,2	85,6	86,0	0,73	0,82	0,87	0,0063	9	31	71
6,0	4,4	112 M	3490	15,0	7,8	1,2	2,6	3,2	85,0	87,0	87,4	0,78	0,86	0,88	0,0082	10	40	70
7,5	5,5	112 M	3500	19,0	8,0	1,5	2,6	3,0	85,5	87,5	88,7	0,74	0,82	0,86	0,0173	10	43	70
10	7,5	132 S	3500	24,0	7,9	2,0	2,2	3,8	89,6	90,2	90,1	0,83	0,89	0,91	0,0199	8	58	71
12,5	9,2	132 M	3510	29,0	8,6	2,5	2,4	3,2	89,9	90,6	90,5	0,87	0,90	0,92	0,0226	7	67	71
15	11	132 M	3510	35,0	8,6	3,0	2,3	3,1	89,7	91,1	91,0	0,84	0,89	0,91	0,0252	7	74	71
20	15	160 M	3520	47,0	8,6	4,1	2,3	3,2	90,1	92,1	92,0	0,87	0,90	0,91	0,0515	12	118	75
25	18,5	160 M	3510	57,0	8,2	5,1	2,5	2,9	90,4	91,7	91,5	0,89	0,91	0,93	0,0582	10	126	75
30	22	160 L	3520	68,0	8,6	6,1	2,3	3,2	90,0	91,9	92,3	0,87	0,90	0,92	0,1223	8	135	75
40	30	200 M	3560	95,0	7,9	8,0	2,6	2,8	90,8	92,6	93,1	0,80	0,85	0,89	0,1656	14	192	82
50	37	200 L	3560	117	7,9	10	2,8	3,0	90,4	92,1	93,2	0,76	0,84	0,89	0,1916	13	242	82
60	45	225 S/M	3560	140	7,7	12	2,1	3,1	89,9	92,1	92,7	0,84	0,89	0,91	0,3358	13	366	84
75	55	225 S/M	3560	170	8,3	15	2,6	3,6	91,0	92,8	93,4	0,83	0,89	0,91	0,403	12	384	84
100	75	250 S/M	3560	226	8,3	20	2,3	3,1	91,8	93,3	93,9	0,82	0,88	0,91	0,4869	10	462	84
125	90	280 S/M	3570	284	7,5	25	1,9	2,7	91,6	93,1	93,4	0,83	0,87	0,89	1,073	16	705	90
150	110	280 S/M	3570	342	7,3	30	2,1	2,9	91,8	93,5	93,8	0,83	0,88	0,90	1,2255	25	735	90
175	130	315 S/M	3570	402	7,5	35	1,7	2,6	92,5	93,9	94,3	0,85	0,89	0,90	1,3701	16	820	90
200	150	315 S/M	3570	462	7,2	40	2,2	2,8	92,8	94,4	94,6	0,86	0,90	0,90	1,4985	27	865	90
250	185	315 S/M	3575	568	7,4	50	2,6	3,3	93,4	94,7	95,0	0,84	0,88	0,90	1,84	25	1077	90

1800 RPM

1,0	0,75	80	1720	3,55	6,3	0,42	2,8	3,4	65,5	73,6	75,9	0,50	0,62	0,73	0,0023	8	15	47
1,5	1,1	80	1720	4,50	5,8	0,62	2,5	3,0	76,8	79,0	79,5	0,57	0,70	0,81	0,0027	7	16	47
2,0	1,5	90 S	1720	5,90	6,8	0,83	3,0	3,2	77,3	81,8	82,5	0,60	0,72	0,81	0,0045	7	19	52
3,0	2,2	90 L	1710	8,10	6,7	1,2	3,0	3,0	83,0	84,2	84,8	0,63	0,76	0,84	0,0058	7	23	52
4,0	3,0	100 L	1720	11,0	7,4	1,7	3,0	3,1	82,8	85,9	86,2	0,62	0,76	0,83	0,0085	8	31	54
5,0	3,7	100 L	1720	13,0	7,2	2,1	2,8	3,0	85,2	87,3	87,3	0,64	0,78	0,85	0,0091	6	33	54
6,0	4,4	112 M	1730	16,0	7,2	2,5	2,6	3,2	86,3	87,6	88,0	0,67	0,78	0,83	0,0146	8	41	56
7,5	5,5	112 M	1740	19,0	7,6	3,1	2,8	2,9	87,5	89,5	89,0	0,62	0,75	0,86	0,0177	7	46	56
10	7,5	132 S	1760	26,0	7,9	4,1	2,2	3,0	87,3	90,3	90,1	0,70	0,80	0,84	0,0407	7	58	61
12,5	9,2	132 M	1760	32,0	7,8	5,1	2,1	3,0	88,7	90,0	90,9	0,64	0,77	0,84	0,0465	7	66	61
15	11	132 M	1760	37,0	7,6	6,1	2,0	2,9	89,7	90,9	91,7	0,67	0,80	0,86	0,0522	6	70	61
20	15	160 M	1760	49,0	8,0	8,1	2,5	2,7	90,2	90,8	92,3	0,74	0,84	0,87	0,0722	9	111	66
25	18,5	160 L	1760	60,0	8,5	10	2,5	2,9	90,0	92,5	92,5	0,78	0,85	0,87	0,0832	7	121	66
30	22	180 M	1770	72,0	7,5	12	2,8	2,9	91,1	92,8	93,0	0,70	0,82	0,87	0,1773	10	150	71
40	30	200 M	1770	97,0	7,6	16	2,2	2,9	91,5	93,3	93,3	0,75	0,83	0,87	0,2532	12	211	74
50	37	200 L	1770	118	7,3	20	2,4	2,9	91,5	92,9	93,5	0,77	0,85	0,88	0,2936	12	244	74
60	45	225 S/M	1770	144	7,0	24	2,4	3,0	91,8	93,2	93,6	0,78	0,86	0,88	0,6759	12	345	81
75	55	225 S/M	1770	173	7,2	30	2,4	2,8	92,0	93,4	93,8	0,82	0,88	0,89	0,7866	10	379	81
100	75	250 S/M	1775	230	8,0	40	2,5	3,2	92,5	94,0	94,3	0,80	0,87	0,89	0,9486	12	442	81
125	90	280 S/M	1780	290	7,0	50	2,5	2,6	92,3	93,7	94,4	0,81	0,86	0,88	1,8459	12	638	85
150	110	280 S/M	1785	350	7,6	60	2,6	3,0	92,8	94,2	95,0	0,80	0,85	0,87	2,2306	11	725	85
175	130	315 S/M	1785	403	6,8	70	2,3	2,5	93,4	94,7	95,1	0,82	0,87	0,89	2,4097	11	841	85
200	150	315 S/M	1785	464	6,9	80	2,5	2,6	93,9	95,0	95,3	0,82	0,87	0,89	2,5985	15	868	85
250	185	315 S/M	1785	574	7,7	100	2,5	2,8	94,2	95,3	95,6	0,80	0,87	0,88	3,3536	13	1005	85

MOTOR TRIFÁSICO DE ALTO RENDIMENTO



CARACTERÍSTICAS TÍPICAS

220 volts, 60Hz
IP54 - NBR C146

Potência		Carcaça ABNT	RPM	Corrente nominal em 220V A	Corrente com rotor bloqueado Ip/In	Conjugado nominal Cn kgfm	Conjugado com rotor bloqueado Cp/Cn	Conjugado máximo Cmax/ Cn	Rendimento η %			Fator de Potência Cos ϕ			Momento de inércia J kgm²	Tempo com rotor bloqueado (S) a quente	Peso aprox. kg	Nível médio de pressão sonora dB (A)
CV	kW								% Potência Nominal									
									50	75	100	50	75	100				

1200 RPM

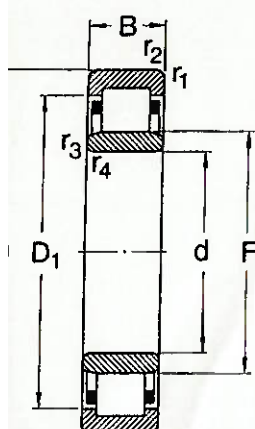
1,0	0,75	90 S	1140	3,60	5,2	0,63	2,6	2,9	73,2	77,8	79,4	0,43	0,59	0,69	0,0045	12	19	48
1,5	1,1	90 S	1140	5,60	5,5	0,94	2,6	2,8	73,5	77,2	79,2	0,50	0,60	0,67	0,005	8	20	48
2,0	1,5	100 L	1145	6,60	5,8	1,2	2,3	2,7	80,8	82,9	84,0	0,52	0,65	0,71	0,0103	12	27	51
3,0	2,2	100 L	1140	9,60	6,1	1,9	2,3	2,8	81,0	83,2	84,7	0,51	0,65	0,71	0,0116	9	30	51
4,0	3,0	112 M	1145	12,0	6,9	2,5	2,2	2,4	85,0	87,2	87,0	0,55	0,68	0,74	0,0234	9	44	53
5,0	3,7	132 S	1160	15,0	6,6	3,1	2,7	2,8	85,4	87,2	87,5	0,53	0,66	0,75	0,0324	10	51	54
6,0	4,4	132 S	1160	17,0	6,3	3,7	2,5	2,6	86,6	88,3	88,2	0,54	0,69	0,77	0,0382	10	55	54
7,5	5,5	132 M	1160	23,0	7,0	4,6	2,4	2,7	87,7	88,9	89,3	0,53	0,64	0,72	0,0439	10	62	55
10	7,5	132 M	1165	28,0	7,0	6,1	2,5	2,6	88,9	90,2	90,1	0,60	0,71	0,78	0,0526	10	87	55
12,5	9,2	160 M	1150	33,0	6,5	7,8	2,3	2,4	89,0	90,0	90,5	0,63	0,79	0,81	0,0788	10	112	62
15	11	160 M	1150	40,0	6,4	9,3	1,9	2,5	88,9	90,5	90,2	0,67	0,76	0,80	0,097	10	120	62
20	15	160 L	1160	55,0	6,6	12	2,4	2,5	89,5	90,9	90,6	0,60	0,72	0,79	0,1079	11	139	62
25	18,5	180 L	1170	61,0	7,6	15	2,1	3,2	90,5	91,6	92,1	0,77	0,82	0,86	0,2696	10	180	63
30	22	200 L	1180	72,0	7,5	18	2,4	2,9	92,1	93,0	93,2	0,77	0,84	0,86	0,3554	10	232	68
40	30	200 L	1180	97,0	7,6	24	2,3	3,1	92,2	93,1	93,3	0,74	0,83	0,87	0,3821	10	244	68
50	37	225 S/M	1180	127	6,7	30	2,4	2,9	92,0	93,1	93,2	0,66	0,77	0,82	0,9635	12	370	70
60	45	250 S/M	1180	160	6,5	36	2,3	2,7	91,3	93,0	93,6	0,57	0,70	0,79	1,156	12	425	70
75	55	250 S/M	1180	185	6,6	46	1,9	2,4	93,0	93,9	94,0	0,65	0,77	0,83	1,2687	12	453	70
100	75	280 S/M	1180	240	6,9	61	2,4	2,8	93,3	94,2	94,6	0,74	0,83	0,85	2,529	16	648	75
125	90	280 S/M	1185	294	6,7	76	2,5	2,6	93,9	94,5	94,5	0,71	0,80	0,85	2,9021	17	700	75
150	110	315 S/M	1185	367	7,0	91	2,8	2,9	93,7	94,5	94,7	0,65	0,76	0,83	3,3364	13	820	75
175	130	315 S/M	1185	426	7,0	106	2,5	2,7	94,6	95,2	95,3	0,71	0,79	0,84	4,6245	14	987	75
200	150	315 S/M	1185	482	7,1	121	2,2	2,5	94,4	95,0	95,4	0,68	0,81	0,84	4,6245	14	990	75

900 RPM

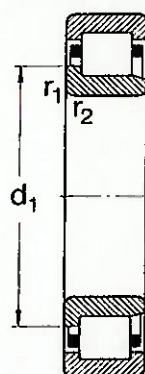
1,0	0,75	90 L	835	3,90	3,9	0,86	1,9	2,1	70,6	75,8	75,0	0,46	0,59	0,66	0,0054	14	22	46
1,5	1,1	100 L	855	6,40	4,4	1,2	2,3	2,8	74,5	79,0	80,5	0,44	0,52	0,56	0,0116	15	30	53
2,0	1,5	112 M	860	7,50	5,5	1,7	2,4	3,0	79,0	82,2	84,1	0,40	0,53	0,62	0,0229	13	43	51
3,0	2,2	132 S	865	9,70	6,5	2,5	2,4	3,1	82,9	85,3	86,2	0,46	0,60	0,69	0,054	10	53	50
4,0	3,0	132 M	860	13,0	6,5	3,3	2,4	3,0	84,8	86,4	86,5	0,49	0,63	0,70	0,0658	10	69	51
5,0	3,7	132 M	860	15,0	6,3	4,2	2,5	2,7	85,8	87,7	88,1	0,52	0,66	0,73	0,0737	10	75	51
6,0	4,4	160 M	870	20,0	6,1	4,9	2,3	2,6	85,0	87,0	88,1	0,45	0,57	0,64	0,0861	8	119	55
7,5	5,5	160 M	870	24,0	6,6	6,2	1,8	2,1	84,6	88,2	89,7	0,53	0,62	0,67	0,0861	12	120	55
10	7,5	160 L	875	31,0	6,2	8,2	3,0	3,3	85,2	88,9	90,7	0,58	0,66	0,70	0,097	7	127	57
12,5	9,2	180 M	875	34,0	7,2	10	2,0	2,7	88,2	90,8	91,0	0,68	0,75	0,78	0,2267	10	150	61
15	11	180 L	880	40,0	7,4	12	2,2	3,0	89,8	91,0	91,4	0,62	0,75	0,79	0,2374	8	163	61
20	15	180 L	880	54,0	6,5	16	2,4	2,9	88,6	91,3	91,9	0,61	0,74	0,80	0,2696	6	177	61
25	18,5	200 L	880	68,0	6,5	20	2,0	2,4	90,8	91,9	92,7	0,58	0,70	0,77	0,3554	12	235	68
30	22	225 S/M	885	75,0	8,0	24	2,1	2,8	91,8	92,8	93,0	0,67	0,78	0,83	0,8538	9	330	64
40	30	225 S/M	880	102	8,0	32	1,7	2,4	92,1	93,2	93,0	0,62	0,72	0,78	0,967	9	360	64
50	37	250 S/M	880	126	7,8	41	2,0	2,8	92,4	93,5	93,6	0,68	0,79	0,82	1,1559	9	425	64
60	45	250 S/M	880	153	7,4	49	2,0	2,7	93,0	93,7	94,1	0,70	0,80	0,82	1,2721	9	449	64
75	55	280 S/M	890	196	6,2	60	1,8	2,3	93,0	94,2	94,4	0,62	0,73	0,78	2,492	12	644	68
100	75	280 S/M	890	254	6,4	80	2,0	2,5	93,2	94,5	94,5	0,58	0,70	0,81	2,8625	11	689	68
125	90	315 S/M	890	314	7,3	100	1,9	2,2	94,2	95,1	95,2	0,63	0,74	0,79	3,8762	13	888	68
150	110	315 S/M	890	383	6,5	121	2,0	2,4	94,4	95,2	95,4	0,61	0,73	0,79	4,6125	12	988	68

1) Para obter a corrente em 380V multiplicar por 0,577. Em 440V multiplicar por 0,5.

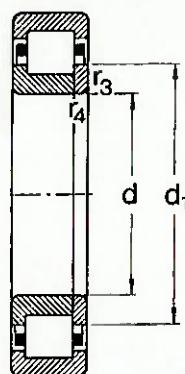
**Rolamentos de rolos cilíndricos,
uma carreira
d = 40-45 mm**



Tipo NU



Tipo NJ

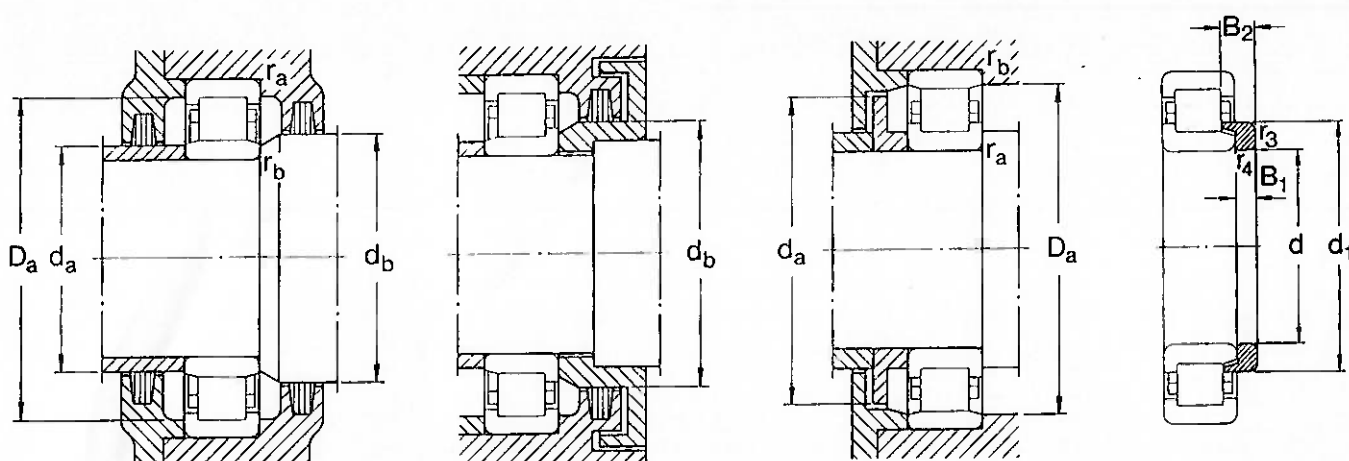


Tipo NUP



Tipo N

Dimensões principais		Capacidades de carga		Carga limite de fadiga P_u	Velocidades de referência		Massa	Designação
D	B	C	C_0		Lubrificação graxa	Lubrificação óleo		
mm		N		N	r/min		kg	-
90	23	80 900	78 000	10 200	6 700	8 000	0,65	NU 308 EC
90	23	80 900	78 000	10 200	6 700	8 000	0,67	NJ 308 EC
90	23	80 900	78 000	10 200	6 700	8 000	0,68	NUP 308 EC
90	23	80 900	78 000	10 200	6 700	8 000	0,64	N 308 EC
90	33	112 000	120 000	15 300	6 300	7 500	0,94	NU 2308 EC
90	33	112 000	120 000	15 300	6 300	7 500	0,96	NJ 2308 EC
90	33	112 000	120 000	15 300	6 300	7 500	0,98	NUP 2308 EC
110	27	96 800	90 000	11 600	6 000	7 000	1,30	NU 408
110	27	96 800	90 000	11 600	6 000	7 000	1,30	NJ 408
110	27	96 800	90 000	11 600	6 000	7 000	1,35	NUP 408
75	16	44 600	52 000	6 300	9 000	11 000	0,26	NU 1009 EC
85	19	60 500	64 000	8 150	6 700	8 000	0,43	NU 209 EC
85	19	60 500	64 000	8 150	6 700	8 000	0,44	NJ 209 EC
85	19	60 500	64 000	8 150	6 700	8 000	0,45	NUP 209 EC
85	19	60 500	64 000	8 150	6 700	8 000	0,43	N 209 EC
85	23	73 700	81 500	10 600	6 700	8 000	0,52	NU 2209 EC
85	23	73 700	81 500	10 600	6 700	8 000	0,54	NJ 2209 EC
85	23	73 700	81 500	10 600	6 700	8 000	0,55	NUP 2209 EC
85	23	73 700	81 500	10 600	6 700	8 000	0,52	N 2209 EC
100	25	99 000	100 000	12 900	6 300	7 500	0,90	NU 309 EC
100	25	99 000	100 000	12 900	6 300	7 500	0,92	NJ 309 EC
100	25	99 000	100 000	12 900	6 300	7 500	0,95	NUP 309 EC
100	25	99 000	100 000	12 900	6 300	7 500	0,88	N 309 EC
100	36	138 000	153 000	20 000	5 600	6 700	1,30	NU 2309 EC
100	36	138 000	153 000	20 000	5 600	6 700	1,30	NJ 2309 EC
100	36	138 000	153 000	20 000	5 600	6 700	1,35	NUP 2309 EC
120	29	106 000	102 000	13 400	5 600	6 700	1,65	NU 409
120	29	106 000	102 000	13 400	5 600	6 700	1,65	NJ 409
120	29	106 000	102 000	13 400	5 600	6 700	1,70	NUP 409



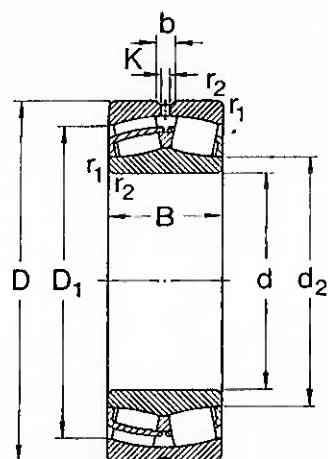
Anel de encosto

Outras dimensões							Dimensões de encostos							Anel de encosto		Dimensões	
d	d ₁	D ₁	F, E	r _{1,2}	r _{3,4}	s ¹⁾	d _a min	d _a máx	d _b min	D _a máx	D _a min	r _a máx	r _b máx	Designação	Massa	B ₁	B ₂
mm				min	min		mm							—	kg	mm	
40	57,5	75,6	52	1,5	1,5	1,4	48	50	54	82	—	1,5	1,5	HJ 308 EC	0,084	7	11
	57,5	75,6	52	1,5	1,5	1,4	48	50	60	82	—	1,5	1,5	HJ 308 EC	0,084	7	11
	57,5	75,6	52	1,5	1,5	—	48	—	60	82	—	1,5	1,5	—	—	—	—
	57,5	—	80	1,5	1,5	1,4	48	78	—	82	82	1,5	1,5	—	—	—	—
	57,5	75,6	52	1,5	1,5	2,9	48	50	54	82	—	1,5	1,5	HJ 2308 EC	0,088	7	12,5
	57,5	75,6	52	1,5	1,5	2,9	48	50	60	82	—	1,5	1,5	HJ 2308 EC	0,088	7	12,5
	57,5	75,6	52	1,5	1,5	—	48	—	60	82	—	1,5	1,5	—	—	—	—
	64,8	84,2	58	2	2	2,5	49	56	60	101	—	2	2	HJ 408	0,14	8	13
	64,8	84,2	58	2	2	2,5	49	56	67	101	—	2	2	HJ 408	0,14	8	13
	64,8	84,2	58	2	2	—	49	—	67	101	—	2	2	—	—	—	—
	45	—	65,3	52,5	1	0,6	0,9	49	51	54	70	—	1	0,6	—	—	—
	59	73	54,5	1,1	1,1	1,2	51,5	53	56	78,5	—	1	1	HJ 209 EC	0,052	5	8,5
	59	73	54,5	1,1	1,1	1,2	51,5	53	61	78,5	—	1	1	HJ 209 EC	0,052	5	8,5
	59	73	54,5	1,1	1,1	—	51,5	—	61	78,5	—	1	1	—	—	—	—
	59	—	76,5	1,1	1,1	1,2	51,5	74	—	78,5	78	1	1	—	—	—	—
	59	73	54,5	1,1	1,1	1,7	51,5	53	56	78,5	—	1	1	HJ 2209 EC	0,053	5	9
	59	73	54,5	1,1	1,1	1,7	51,5	53	61	78,5	—	1	1	HJ 2209 EC	0,053	5	9
	59	73	54,5	1,1	1,1	—	51,5	—	61	78,5	—	1	1	—	—	—	—
	59	—	76,5	1,1	1,1	1,7	51,5	74	—	78,5	78	1	1	—	—	—	—
45	64,4	83,8	58,5	1,5	1,5	1,7	53	56	61	92	—	1,5	1,5	HJ 309 EC	0,11	7	11,5
	64,4	83,8	58,5	1,5	1,5	1,7	53	56	67	92	—	1,5	1,5	HJ 309 EC	0,11	7	11,5
	64,4	83,8	58,5	1,5	1,5	—	53	—	67	92	—	1,5	1,5	—	—	—	—
	64,4	—	88,5	1,5	1,5	1,7	53	86	—	92	91	1,5	1,5	—	—	—	—
	64,4	83,8	58,5	1,5	1,5	3,2	53	56	61	92	—	1,5	1,5	HJ 2309 EC	0,11	7	13
	64,4	83,8	58,5	1,5	1,5	3,2	53	56	67	92	—	1,5	1,5	HJ 2309 EC	0,11	7	13
	64,4	83,8	58,5	1,5	1,5	—	53	—	67	92	—	1,5	1,5	—	—	—	—
	71,8	92,2	64,5	2	2	2,5	54	62	67	111	—	2	2	HJ 409	0,18	8	13,5
	71,8	92,2	64,5	2	2	2,5	54	62	74	111	—	2	2	HJ 409	0,18	8	13,5
	71,8	92,2	64,5	2	2	—	54	—	74	111	—	2	2	—	—	—	—

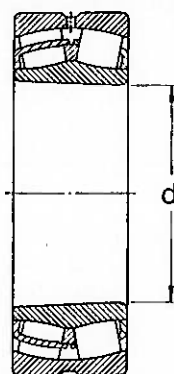
¹⁾ Deslocamento axial permissível da posição normal de um anel de rolamento em relação ao outro

Rolamentos autocompensadores de rolos

d 180 – 220 mm

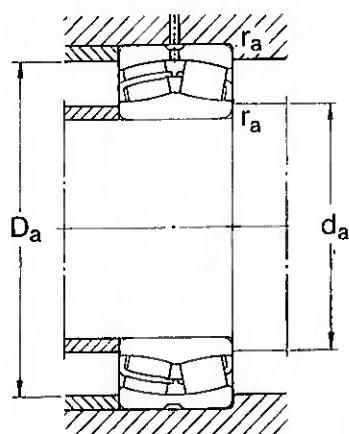


Furo cilíndrico



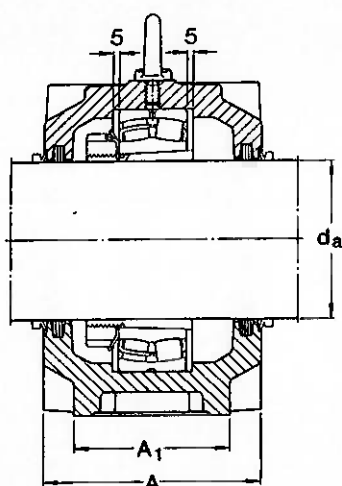
Furo cônico

Dimensões principais			Capacidades de carga		Carga limite de fadiga	Velocidades de referência		Massa	Designações	
d	D	B	C	estát. C ₀	P _u	Lubrificação graxa	óleo	kg	Rolamentos com furo cilíndrico	furo cônico
mm			N		N	r/min			–	
180	250	52	431 000	830 000	76 500	1 700	2 200	8,20	23936 CC/W33	23936 CCK/W33
	280	74	725 000	1 250 000	114 000	1 400	1 800	17,0	23036 CC/W33	23036 CCK/W33
	280	100	937 000	1 730 000	156 000	950	1 300	23,0	24036 CC/W33	24036 CCK30/W33
	300	96	1 050 000	1 760 000	160 000	1 100	1 500	27,5	23136 CC/W33	23136 CCK/W33
	300	118	1 220 000	2 160 000	196 000	630	800	33,5	24136 CC/W33	24136 CCK30/W33
	320	86	1 010 000	1 530 000	140 000	1 300	1 700	29,5	22236 CC/W33	22236 CCK/W33
	320	112	1 290 000	2 120 000	186 000	900	1 200	39,0	23236 CC/W33	23236 CCK/W33
	380	126	1 730 000	2 450 000	193 000	900	1 200	69,0	22336 CC/W33	22336 CCK/W33
190	260	52	414 000	800 000	76 500	1 700	2 200	8,40	23938 CC/W33	23938 CCK/W33
	290	75	753 000	1 340 000	122 000	1 300	1 700	18,0	23038 CC/W33	23038 CCK/W33
	290	100	978 000	1 800 000	163 000	950	1 300	24,0	24038 CC/W33	24038 CCK30/W33
	320	104	1 200 000	2 080 000	183 000	1 000	1 400	34,5	23138 CC/W33	23138 CCK/W33
	320	128	1 400 000	2 500 000	212 000	600	750	42,0	24138 CC/W33	24138 CCK30/W33
	340	92	1 110 000	1 700 000	150 000	1 200	1 600	36,5	22238 CC/W33	22238 CCK/W33
	340	120	1 460 000	2 400 000	208 000	850	1 100	47,5	23238 CC/W33	23238 CCK/W33
	400	132	1 870 000	2 650 000	208 000	850	1 100	80,0	22338 CC/W33	22338 CCK/W33
200	280	60	546 000	1 040 000	93 000	1 600	2 000	11,5	23940 CC/W33	23940 CCK/W33
	310	82	880 000	1 530 000	137 000	1 200	1 600	23,0	23040 CC/W33	23040 CCK/W33
	310	109	1 130 000	2 120 000	186 000	900	1 200	30,5	24040 CC/W33	24040 CCK30/W33
	340	112	1 380 000	2 360 000	204 000	950	1 300	42,5	23140 CC/W33	23140 CCK/W33
	340	140	1 580 000	2 800 000	232 000	560	700	52,0	24140 CC/W33	24140 CCK30/W33
	360	98	1 270 000	1 930 000	166 000	1 100	1 500	43,5	22240 CC/W33	22240 CCK/W33
	360	128	1 610 000	2 700 000	228 000	850	1 100	57,0	23240 CC/W33	23240 CCK/W33
	420	138	2 020 000	2 900 000	224 000	850	1 100	92,5	22340 CC/W33	22340 CCK/W33
220	300	60	546 000	1 080 000	93 000	1 500	1 900	13,0	23944 CC/W33	23944 CCK/W33
	340	90	1 050 000	1 860 000	163 000	1 100	1 500	30,5	23044 CC/W33	23044 CCK/W33
	340	118	1 360 000	2 600 000	212 000	850	1 100	39,5	24044 CC/W33	24044 CCK30/W33
	370	120	1 580 000	2 750 000	232 000	900	1 200	53,0	23144 CC/W33	23144 CCK/W33
	370	150	1 840 000	3 350 000	285 000	500	630	65,0	24144 CC/W33	24144 CCK30/W33
	400	108	1 520 000	2 360 000	196 000	950	1 300	60,5	22244 CC/W33	22244 CCK/W33
	400	144	2 070 000	3 450 000	285 000	750	950	79,5	23244 CC/W33	23244 CCK/W33
	460	145	2 350 000	3 450 000	260 000	750	950	120	22344 CC/W33	22344 CCK/W33

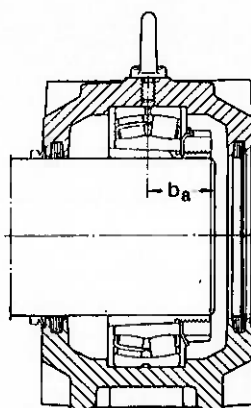


Outras dimensões						Dimensões de encostos			Fatores de carga			
d	d ₂ ≈	D ₁ ≈	r _{1,2} min	b	K	d _a min	D _a max	r _a máx	e	Y ₁	Y ₂	Y ₀
mm						mm			—			
180	200	231	2	5,5	3	190	240	2	0,18	3,8	5,6	3,6
	204	248	2,1	13,9	7,5	192	268	2	0,24	2,8	4,2	2,8
	201	243	2,1	8,3	4,5	192	268	2	0,33	2	3	2
	207	259	3	13,9	7,5	194	286	2,5	0,30	2,3	3,4	2,2
	203	253	3	11,1	6	194	286	2,5	0,37	1,8	2,7	1,8
	214	277	4	16,7	9	198	302	3	0,26	2,6	3,9	2,5
	211	271	4	13,9	7,5	198	302	3	0,35	1,9	2,9	1,8
	224	317	4	22,3	12	198	362	3	0,35	1,9	2,9	1,8
190	209	245	2	5,5	3	200	250	2	0,16	4,2	6,3	4
	216	260	2,1	13,9	7,5	202	278	2	0,23	2,9	4,4	2,8
	211	253	2,1	8,3	4,5	202	278	2	0,31	2,2	3,3	2,2
	220	276	3	13,9	7,5	204	306	2,5	0,31	2,2	3,3	2,2
	216	268	3	11,1	6	204	306	2,5	0,40	1,7	2,5	1,6
	226	294	4	16,7	9	208	322	3	0,19	3,6	5,3	3,6
	223	287	4	16,7	9	208	322	3	0,35	1,9	2,9	1,8
	237	333	5	22,3	12	212	378	4	0,35	1,9	2,9	1,8
200	222	258	2,1	8,3	4,5	212	268	2	0,19	3,6	5,3	3,6
	229	277	2,1	13,9	7,5	212	298	2	0,24	2,8	4,2	2,8
	223	268	2,1	11,1	6	212	298	2	0,33	2	3	2
	232	293	3	16,7	9	214	326	2,5	0,31	2,2	3,3	2,2
	226	284	3	11,1	6	214	326	2,5	0,40	1,7	2,5	1,6
	238	312	4	16,7	9	218	342	3	0,26	2,6	3,9	2,5
	236	304	4	16,7	9	218	342	3	0,35	1,9	2,9	1,8
	249	351	5	22,3	12	222	398	4	0,33	2	3	2
220	242	278	2,1	8,3	4,5	232	288	2	0,16	4,2	6,3	4
	251	305	3	13,9	7,5	234	326	2,5	0,24	2,8	4,2	2,8
	245	295	3	11,1	6	234	326	2,5	0,33	2	3	2
	256	320	4	16,7	9	238	352	3	0,30	2,3	3,4	2,2
	248	310	4	11,1	6	238	352	3	0,40	1,7	2,5	1,6
	264	345	4	16,7	9	238	382	3	0,27	2,5	3,7	2,5
	260	338	4	16,7	9	238	382	3	0,35	1,9	2,9	1,8
	279	389	5	22,3	12	242	438	4	0,31	2,2	3,3	2,2

Caixas com base SN
para rolamentos autocompensadores
de rolos da série 230 com bucha de fixação
 d_a 110–260 mm

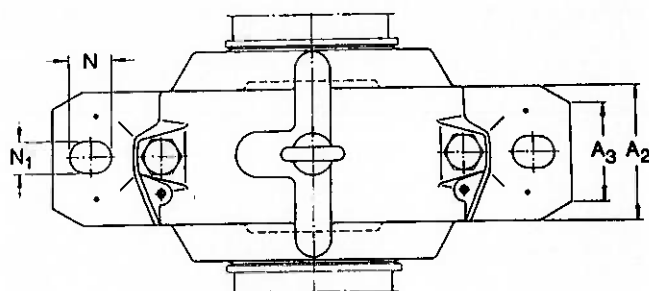
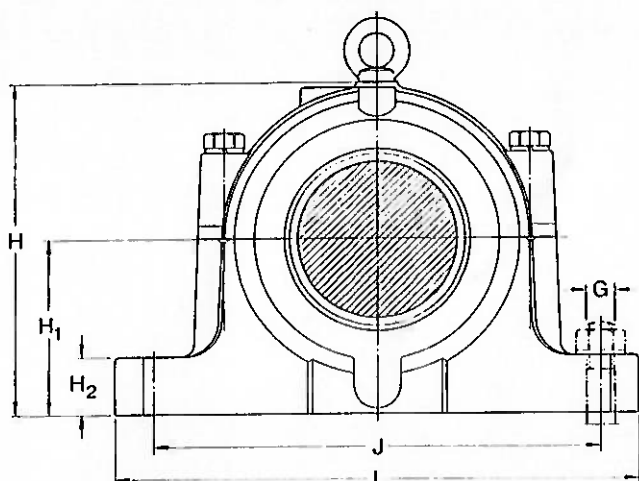


Caixa para
eixo passante



Caixa para
ponta de eixo

Eixo Dimensões		Caixa Dimensões												Massa	Designação
d_a	b_a	A	A_1	A_2	A_3	H	H_1	H_2	J	L	N	N_1	G		
mm		mm												kg	–
110	48	150	110	100	75	215	112	40	320	380	36	28	24	20,0	SN 3024
115	52	160	120	110	80	239	125	45	350	410	36	28	24	24,0	SN 3026
125	54	170	120	110	80	260	140	45	350	410	36	28	24	30,0	SN 3028
135	57	180	130	115	85	286	150	50	380	445	36	28	24	40,0	SN 3030
140	61	190	130	115	85	297	150	50	390	460	36	28	24	41,0	SN 3032
150	66	205	160	145	100	318	160	60	450	530	48	35	30	55,0	SN 3034
160	70	210	160	150	105	338	170	60	470	550	48	35	30	62,0	SN 3036
170	72	220	160	150	105	346	170	60	470	550	48	35	30	70,0	SN 3038
180	77	235	170	160	110	366	180	60	515	610	48	35	30	80,0	SN 3040
200	80	255	190	170	115	401	200	70	580	690	50	42	36	105	SN 3044
220	85	265	200	190	130	422	210	75	610	720	50	42	36	125	SN 3048
240	91	285	220	200	130	472	240	80	680	820	70	48	42	160	SN 3052
260	96	295	230	210	140	495	250	80	720	860	70	48	42	180	SN 3056



Eixo diâmetro d_a	Componentes adequados			Componentes separados		
	rolamento	bucha de fixação	anel de bloqueio Qt. e designação	Tira de feltro	Anel V	Tampa lateral
mm	—			—		
110	23024 CCK/W33	H 3024	1 FRB 10/180	FS 460	V-110 A	346186/23
115	23026 CCK/W33	H 3026	1 FRB 10/200	FS 460	V-110 A	346186/24
125	23028 CCK/W33	H 3028	1 FRB 10/210	FS 510	V-130 A	346186/25
135	23030 CCK/W33	H 3030	1 FRB 10/225	FS 510	V-130 A	346186/26
140	23032 CCK/W33	H 3032	1 FRB 10/240	FS 680	V-140 A	346186/27
150	23034 CCK/W33	H 3034	1 FRB 10/260	FS 680	V-150 A	346186/28
160	23036 CCK/W33	H 3036	1 FRB 10/280	FS 680	V-160 A	346186/29
170	23038 CCK/W33	H 3038	1 FRB 10/290	FS 680	V-170 A	346186/30
180	23040 CCK/W33	H 3040	1 FRB 10/310	FS 680	V-180 A	346186/31
200	23044 CCK/W33	OH 3044 H	1 FRB 10/340	FS 950	V-200 A	346186/32
220	23048 CCK/W33	OH 3048 H	1 FRB 10/360	FS 950	V-220 A	346186/33
240	23052 CCK/W33	OH 3052 H	1 FRB 10/400	FS 1120	V-250 A	346186/34
260	23056 CCK/W33	OH 3056 H	1 FRB 10/420	FS 1120	V-250 A	346186/35

**REDUTORES
E MOTOREDUTORES
A ENGENHAGENS
CILÍNDRICAS**
**SELEÇÃO DE REDUTORES
CLASSIFICAÇÃO DE CARGAS
FATORES DE SERVIÇO**
LINHA H
Tabela 1: Classificação de cargas, por aplicação

AGITADORES	
Líquidos puros	U
Líquidos e sólidos	M
Líquidos de densidade variável	M
ALIMENTADORES	
Alimentadores de rosca	M
Transportadores (esteira e correia)	M
BOBINADEIRAS	
Metal	M *
Papel	M *
Têxtil	U
BOMBAS	
Centrífugas - líquidos de baixa viscosidade	U
Centrífugas - líquidos de alta viscosidade	M
Dupla ação, multicilíndricas	M
Pistão submerso	F *
Pressão	F *
Recíprocas de descarga livre	M
Rotativas a engrenagem	U
BORRACHA E PLÁSTICOS	
Calandras	M *
Equipamentos de laboratório	M
Extrusoras	F *
Laminadores	F *
Moinhos cilíndricos	M *
Refinadores	M *
Trituradores e misturadores	F *
BRITADORES	
Pedras e minérios	F *
CERÂMICA	
Extrusoras e misturadores	M
Prensas de tijolos e ladrilhos	F
CIMENTO	
Britadores de mandíbulas	F
Moinhos rotativos	M *
Moinhos de bolas e rolos	F *
CLASSIFICADORES ROTATIVOS	M
COMPRESSORES	
Centrífugas	U *
Multicilíndricos	M
Unicilíndricos	F
DESTILARIAS	
Cozinhadores - serviço contínuo	U *
Tachos de fermentação - serviço contínuo	U *
Misturadores	U *
DRAGAS	
Guinchos, transportadores e bombas	M *
Cabeçotes rotativos e peneiras	F
Esteiras de translação	F
ELEVADORES	
Caçambas - cargas uniformes	U
Caçambas - cargas pesadas	F
Elevadores de carga	M
Elevadores de canecas	M
ENGARRAFADORAS E ENLATADORAS	U
FORNOS ROTATIVOS	M
GERADORES	
Alternadores	U
Conversores para solda	F
Conversores de frequência	F
GUINCHOS E GUINDASTES	
Elevação	M
Giro	M
Translação	F
INDÚSTRIAS AÇUCAREIRAS	
Moendas	F
Facas de cana	M *
Cristalizadores	F *

INDÚSTRIAS ALIMENTÍCIAS	
Cozinhadores de cereais	M
Misturadores de massa, moedores de carne, picadores	M
INDÚSTRIAS MADEIREIRAS	
Alimentadores de pilina	M
Serras, lamborees despolpadores, transportadores de loras	F
INDÚSTRIAS METALÚRGICAS	
Cortadores de chapa rotativos	M
Cortadores de chapa de faca	F
Viradeiras	F
Treilhas	M
Rolos	F *
Empurradores de lingotes	F *
Endireitadores	M
Laminadores	F *
Máquinas de soldar tubos	F
INDÚSTRIAS TÊXTEIS	
Calandras, cardas, filatórios, retorcedoras, maçoqueiras e máquinas de tinturaria	M
MÁQUINAS PARA LAVANDERIA	M
MÁQUINAS OPERATRIZES	
Acionamento principal:	
cargas pesadas	F
cargas uniformes	M
Acionamento auxiliar	U
Prensas	F
Rosqueadoras	F
MISTURADORES	
Betoneiras	M
Borracha	M *
Polpa de papel	M
MOINHOS ROTATIVOS	
De bolas e rolos	F *
De martelos	F *
PAPEL	
Agitadores (misturadores)	M *
Alvejadores	M *
Baleadores e despolpadores	M *
Calandras	M *
Super calandras	F *
Cilindros	M *
Descascadores:	
Hidráulicos e mecânicos	M *
Tambores descascadores	F *
Esticadores de feltro	M *
Prensas	M *
Secadores	F *
PONTES ROLANTES	
Acionamento do carro e da ponte	F
Acionamento do guincho	U
SANEAMENTO	
Aeradores	F *
Alimentadores, bombas, decantadores	U *
Filtros, mexedores e peneiras	M *
Clarificadores	U *
SECADORES E RESFRIADORES ROTATIVOS	
Produtos Alimentícios, bagaço	M
Outros	F
TORRES DE REFRIGERAÇÃO	F *
TRANSPORTADORES	
Caçamba, correia, corrente, esteira, rosca:	
cargas uniformes	U
cargas pesadas e intermitentes	M
Vibratórios	F
VENTILADORES	
Centrífugos	U
Outros	M

U = CARGA UNIFORME
M = CHOQUES MODERADOS
F = CHOQUES FORTES

Tabela 2: Fatores de Serviço - f

Acionamento por	Tempo de Trabalho	Classificação de cargas		
		Uniforme	Choques moderados	Choques fortes
		U	M	F
Motor Elétrico ou Turbina a Vapor	Intermitente, 3 h/dia	0,80	1,00	1,50
	Até e incluindo 10 h/dia	1,00	1,25	1,75
	Acima de 10 h/dia	1,25	1,50	2,00
Motor à Explosão Multicilíndrico ou Motor Hidráulico	Intermitente, 3 h/dia	1,00	1,25	1,75
	Até e incluindo 10 h/dia	1,25	1,50	2,00
	Acima de 10 h/dia	1,50	1,75	2,25

Tabela 3: Fator de Utilização - f_u

Utilização P _e /P _n (%)								
20	30	40	50	60	70	80	90	100
0,7	0,8	0,86	0,9	0,93	0,96	0,98	0,99	1

* Aplicar fator de serviço correspondente a tempo de trabalho acima de 10 horas/dia.

Símbolos de classificação de cargas listados podem vir a ser modificados após se conhecer detalhes das condições de operação.

REDUTORES E MOTOREDUTORES A ENGRENAGENS CILÍNDRICAS			CAPACIDADES MECÂNICAS E TORQUES REDUÇÃO DUPLA - H12 E H22 EIXOS PARALELOS HORIZONTAIS E VERTICAIS							LINHA H							
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------------	--	--	--	--	--	--	--

Red. i_n	Entr. n_1 [min. ⁻¹]	Saída n_2 [min. ⁻¹]	CAPACIDADES MECÂNICAS NA ENTRADA — P_{1N} [kW]								TORQUES NA SAÍDA — T_2 [da Nm]							
			TAMANHOS								TAMANHOS							
			10	11	12	13	14	15	16	17	10	11	12	13	14	15	16	17
6,3	1750	278	10,4	16,6	25,5	41,0	61,8	91,0	143	212	35	56	86	138	207	305	480	716
	1450	230	8,6	13,8	21,2	34,0	50,2	75,4	119	176	35	56	86	138	203	305	480	718
	1170	186	7,0	11,1	16,9	27,4	40,5	60,8	95,9	143	35	56	85	138	203	305	480	720
	le		6,33	6,33	6,33	6,32	6,30	6,30	6,29	6,34								
7,1	1750	246	9,0	14,3	22,5	35,3	51,8	77,8	123	182	34	54	85	133	196	293	463	685
	1450	204	7,5	11,9	18,7	29,3	42,9	64,5	101	153	34	54	85	133	196	293	462	696
	1170	165	6,0	9,6	15,1	23,8	34,5	52,0	82,8	122	34	54	85	134	195	293	468	688
	le		7,11	7,08	7,09	7,08	7,11	7,08	7,10	7,08								
8,0	1750	219	8,1	12,5	19,5	30,5	44,6	70,0	106	156	34	53	83	130	190	298	450	663
	1450	181	6,5	10,3	16,2	25,3	37,2	56,3	87,4	129	33	53	83	130	191	289	449	663
	1170	146	5,2	8,3	13,0	20,4	29,8	45,6	70,7	105	33	53	83	130	190	290	450	665
	le		7,92	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00								
9,0	1750	194	6,9	11,0	17,2	26,8	39,3	59,1	92,8	138	33	52	82	127	187	280	442	654
	1450	161	5,6	9,1	14,3	22,4	32,4	48,8	76,6	115	32	52	82	128	186	279	440	655
	1170	130	4,5	7,5	11,4	18,5	19,1	39,6	62,2	93,2	32	53	81	131	136	281	443	660
	le		8,94	8,90	8,96	8,92	8,95	8,91	8,95	8,90								
10,0	1750	175	6,2	9,8	15,2	23,9	35,2	52,8	83,6	124	33	52	81	127	187	281	445	662
	1450	145	5,1	7,9	12,6	19,8	29,0	43,6	76,9	103	33	51	81	127	186	280	494	660
	1170	117	4,0	6,5	10,2	16,0	23,5	35,4	55,9	83,6	32	52	81	127	187	282	445	665
	le		10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00								
11,2	1750	156	5,3	8,4	13,2	20,6	30,3	45,4	71,8	113	32	50	79	123	182	271	428	677
	1450	129	4,4	6,9	10,8	17,4	25,0	37,5	59,7	89,9	32	50	78	123	181	270	429	648
	1170	104	3,5	5,6	8,7	13,8	20,3	30,5	48,1	72,6	31	50	78	123	182	272	429	648
	le		11,29	11,26	11,26	11,22	11,29	11,22	11,20	11,22								
12,5	1750	140	4,9	8,1	12,1	18,3	28,6	43,7	67,3	101	33	54	81	122	192	291	452	672
	1450	116	4,1	6,7	10,1	16,5	23,7	36,0	55,9	83,2	33	54	82	133	192	290	453	670
	1170	94	3,3	5,4	8,1	13,3	19,1	29,3	45,1	67,7	33	54	81	133	192	292	453	676
	le		12,59	12,54	12,61	12,53	12,61	12,53	12,63	12,54								
14,0	1750	125	4,4	6,9	10,7	16,9	24,7	37,1	58,6	87,9	33	52	81	127	186	279	443	663
	1450	104	3,6	5,7	8,9	14,1	20,4	30,7	48,7	72,8	32	52	81	128	186	279	445	662
	1170	84	2,9	4,6	7,3	11,4	16,5	24,9	43,0	59,2	32	52	82	128	186	280	486	667
	le		14,02	14,17	14,22	14,17	14,16	14,15	14,22	14,17								
16,0	1750	109	3,9	6,1	9,6	15,2	22,2	33,1	52,1	78,4	33	51	81	128	187	278	441	657
	1450	91	3,3	5,0	7,9	12,6	18,4	27,6	43,0	64,9	33	51	81	128	187	279	440	657
	1170	73	2,5	4,2	6,4	10,2	14,7	22,3	34,8	52,6	32	52	81	128	186	280	441	660
	le		15,83	15,76	15,92	15,79	15,87	15,76	15,92	15,76								
18,0	1750	97	3,5	5,4	8,7	13,6	19,8	30,1	47,4	70,0	33	51	82	128	187	283	448	660
	1450	81	2,9	4,5	7,2	11,3	16,5	25,0	39,2	58,0	33	51	82	128	188	284	447	660
	1170	65	2,3	3,7	5,8	9,2	13,3	20,2	31,6	47,2	32	52	82	129	188	285	447	665
	le		17,71	17,71	17,78	17,71	17,73	17,69	17,78	17,71								
20,0	1750	88	3,1	5,0	7,7	12,6	18,3	27,7	43,6	65,7	33	53	82	134	195	293	465	695
	1450	73	2,6	4,2	6,3	10,5	15,2	23,0	36,0	54,6	33	53	81	134	195	294	464	696
	1170	59	2,0	3,4	5,2	8,5	12,2	18,7	29,3	44,3	32	54	82	135	195	295	467	700
	le		20,06	19,83	20,01	19,93	20,02	19,87	20,06	19,87								
22,4	1750	78	2,8	4,4	6,8	10,8	15,9	23,7	37,2	55,3	33	52	82	129	190	283	447	660
	1450	65	2,2	3,6	5,6	9,0	13,4	19,7	30,8	45,7	32	52	81	130	194	284	446	659
	1170	52	1,8	3,0	4,5	7,3	10,7	16,0	24,9	37,5	32	53	81	130	191	285	448	670
	le		22,35	22,40	22,57	22,53	22,53	22,44	22,59	22,44								
25,0	1750	70	2,4	3,9	6,0	9,5	13,9	20,9	32,6	49,0	32	51	80	127	186	278	439	651
	1450	58	2,0	3,2	4,9	7,9	11,5	17,4	27,0	40,6	32	51	80	127	186	279	438	650
	1170	47	1,6	2,6	4,0	6,4	9,3	14,0	21,8	32,8	32	52	80	127	186	279	439	652
	le		25,23	24,92	25,27	25,11	25,21	24,99	25,28	24,97								
28,0	1750	63	2,1	3,4	5,3	8,5	12,4	18,9	29,7	44,1	32	51	80	128	186	282	446	658
	1450	52	1,8	2,9	4,4	7,1	10,3	15,8	24,7	36,7	33	52	80	129	186	284	448	662
	1170	42	1,4	2,3	3,6	5,8	8,3	12,8	20,0	29,8	31	51	80	129	187	285	450	665
	le		28,21	28,00	28,21	28,16	28,16	28,06	28,24	28,06								
31,5	1750	56	1,9	3,0	4,6	7,4	10,8	16,4	25,4	38,0	32	50	78	124	183	274	428	637
	1450	46	1,5	2,5	3,8	6,1	9,0	13,5	21,2	31,5	31	50	78	123	184	273	430	637
	1170	37	1,2	2,0	3,1	4,9	7,2	10,9	17,2	25,6	30	51	78	124	183	274	433	640
	le		31,84	31,54	31,78	31,60	31,80	31,48	31,62	31,48								
35,5	1750	49	1,6	2,5	3,9	6,3	9,2	13,9	22,0	32,7	30	48	73	119	175	262	413	615
	1450	41	1,3	2,1	3,2	5,3	7,6	11,5	18,2	27,0	30	48	73	119	175	263	413	612
	1170	33	1,0	1,7	2,6	4,3	6,1	9,3	14,7	21,8	29	48	73	120	175	263	414	613
	le		35,59	35,67	35,45	35,32	35,68	35,54	35,32	35,32								

- Para velocidades de entrada inferiores às indicadas na tabela, as capacidades decrescem linearmente
- Dimensões e pesos, vide folha B-1201
- Observar limites de capacidades térmicas
- As capacidades mecânicas na entrada, e torques na saída, dos redutores tipos H22-15, H22-16 e H22-17 são respectivamente idênticas a dos tipos H12-15, H12-16 e H12-17

As informações contidas nesta folha estão sujeitas a alteração sem prévio aviso

(A)

**REDUTORES TRANSMOTÉCNICA LTDA**

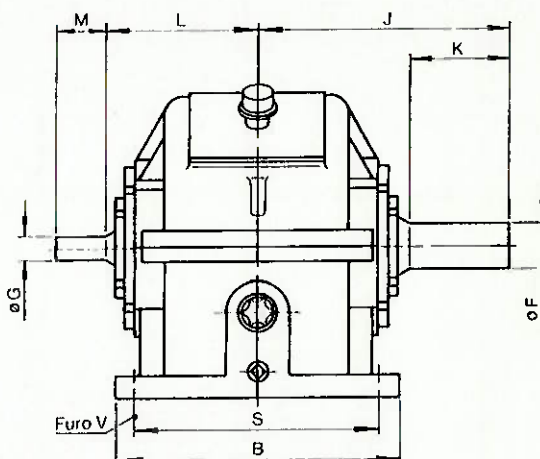
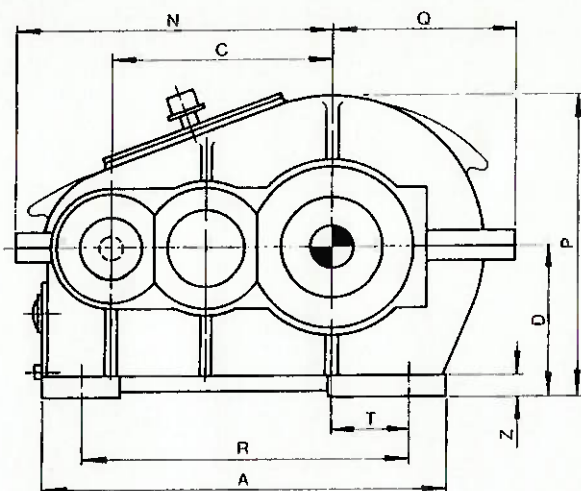
São Paulo - Rua Cruzeiro, 549 - CEP 01137-000
 Tel.: 826.6011 - TELEX (11) 25532 RETT-BR
 Telefax: (011) 826-1208

REDUTORES E MOTOREDUTORES A ENGENHAGENS CILÍNDRICAS	CAPACIDADES TÉRMICAS REDUÇÃO DUPLA - H12 E H22	LINHA H
--	---	----------------

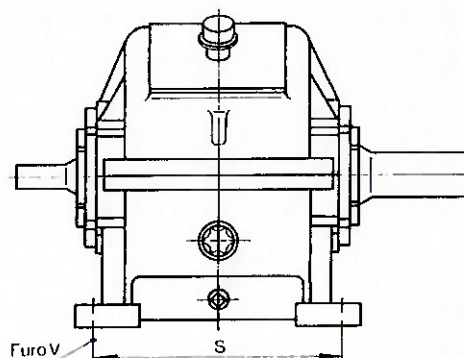
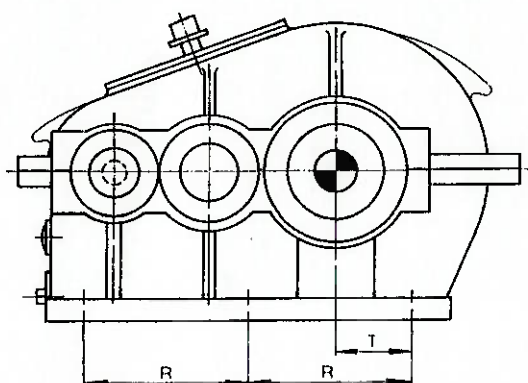
Red. i_n	Entr. n_1 [min. $^{-1}$]	CAPACIDADES TÉRMICAS NA ENTRADA — P_{to} [kW]					
		TAMANHOS					
		12	13	14	15	16	17
6,3	1750	14,7	19,9	25,7	34,2	45,9	62,5
	1450	14,0	18,7	24,3	32,7	44,1	58,8
	1170		17,5	22,4	30,1	40,4	54,8
7,1	1750	14,7	19,5	25,0	33,4	45,2	61,4
	1450		18,4	23,9	32,0	43,0	58,1
	1170		17,3	22,0	29,4	39,7	54,0
8,0	1750		19,1	24,6	33,1	44,5	61,0
	1450		16,5	23,5	31,6	42,3	58,1
	1170			22,0	29,0	39,0	53,2
9,0	1750		18,7	24,3	32,7	43,7	59,5
	1450			23,2	31,2	41,5	56,2
	1170				28,7	38,2	52,2
10,0	1750			24,3	32,3	43,4	58,7
	1450			22,8	30,9	41,2	55,5
	1170				28,3	37,9	51,7
11,2	1750			23,5	31,2	42,6	57,6
	1450				30,1	40,4	54,4
	1170					37,5	50,6
12,5	1750				29,4	39,3	53,3
	1450				27,9	37,9	51,1
	1170					35,7	48,2
14,0	1750				28,7	38,6	52,2
	1450					37,1	50,4
	1170						46,7
16,0	1750					38,2	51,5
	1450					36,4	49,6
	1170						46,7
18,0	1750					37,5	50,7
	1450					35,5	48,9
	1170						
20,0	1750						49,3
	1450						47,4
	1170						
22,4	1750						
	1450						
	1170						
25,0	1750						
	1450						
	1170						

1 - As capacidades térmicas na entrada dos redutores tipos H22-15, H22-16 e H22-17 são respectivamente idênticas a dos tipos H12-15, H12-16 e H12-17



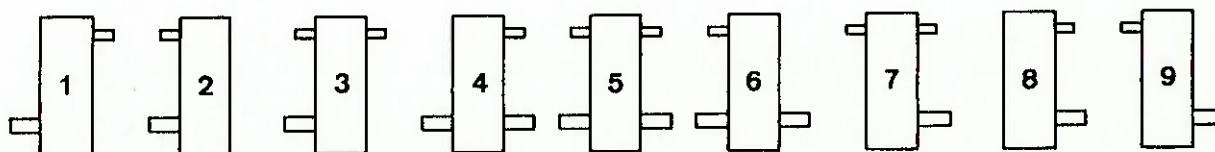
**REDUTORES
E MOTOREDUTORES
A ENGENHAGENS
CILÍNDRICAS**
**DIMENSÕES - TIPO H12
REDUÇÃO DUPLA
EIXOS PARALELOS HORIZONTAIS**
LINHA H


Tipo	A	B	C	D	F	G1	G2	J	K	L	M1	M2	N	P	Q	R	S	T	V	Z	Massa [kg]
H12-10	320	225	175	120	1 1/2"	3/4"	7/8"	200	80	120	40	45	250	242	145	260	195	60	9/16"	18	55
H12-11	375	250	205	135	1 3/4"	7/8"	1 1/8"	225	90	135	45	55	295	270	155	305	210	65	9/16"	22	82
H12-12	435	290	235	150	2"	1"	1 1/4"	255	100	155	50	60	330	295	170	345	250	75	11/16"	26	115
H12-13	490	320	275	170	2 3/8"	1 1/4"	1 3/8"	295	120	175	60	70	370	345	200	400	275	90	11/16"	30	170
H12-14	560	365	315	200	2 3/4"	1 3/8"	1 1/2"	330	130	200	70	80	420	385	215	460	315	105	13/16"	34	240



Tipo	A	B	C	D	F	G1	G2	J	K	L	M1	M2	N	P	Q	R	S	T	V	Z	Massa [kg]
H12-15	640	440	368	235	3"	1 1/2"	1 3/4"	370	140	230	80	90	480	455	255	270	380	135	13/16"	38	340
H12-16	750	510	430	275	3 1/2"	1 3/4"	2"	420	160	260	90	100	552	535	296	320	440	160	15/16"	42	500
H12-17	860	550	505	315	4"	2"	2 3/8"	470	180	290	100	120	650	617	340	376	488	188	1 1/8"	55	720

- 1 - G1 e M1 para reduções maiores ou iguais a 20
- 2 - G2 e M2 para reduções menores que 20
- 3 - Detalhes dos eixos, vide folha B-1240
- 4 - Capacidades e reduções, vide folhas B-1152 e B-1153
- 5 - Tipos H12-15 e H12-16 possuem pés transversais

Formas Construtivas


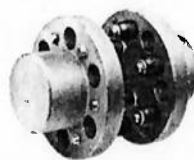
As informações contidas nesta folha estão sujeitas a alteração sem prévio aviso

(A)


REDUTORES TRANSMOTÉCNICA LTDA

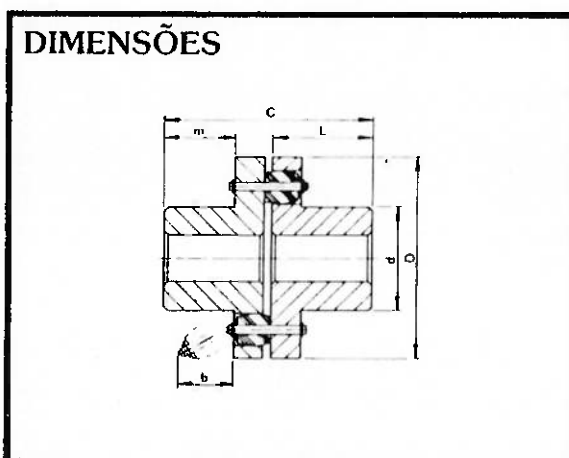
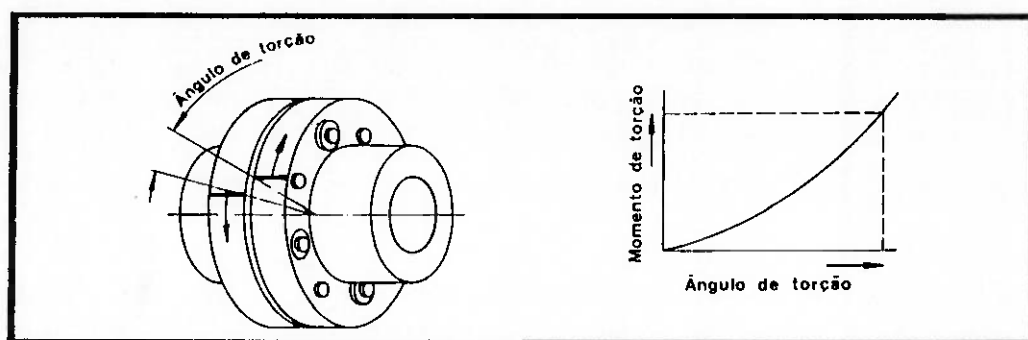
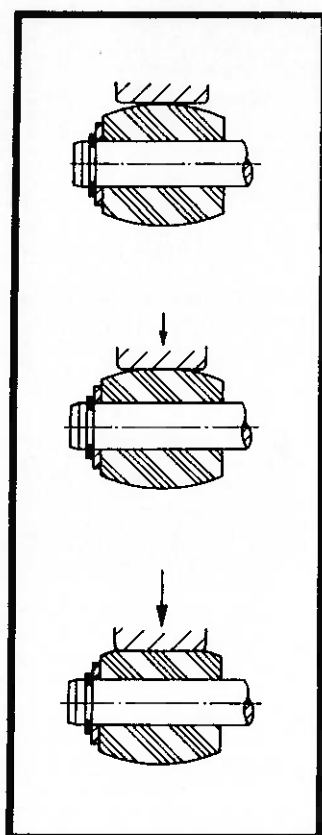
 São Paulo - Rua Cruzeiro, 549 - CEP 01137-000
 Tel.: 826.6011 - TELEX (11) 25532 RETT-BR
 Telefax: (011) 826-1208

TETEFLEX®



- consiste em dois flanges simétricos inteiramente usinados, pinos de aço com superfícies retificadas e buchas amortecedoras de borracha nitrílica à prova de óleo, fixadas por anéis elásticos.
- absorve vibrações e choques, permite desalinhamento paralelo, angular e axial.
- tem grande elasticidade torcional e não dá origem a forças axiais prejudiciais aos mancais.
- apto para trabalhar em altas e baixas velocidades, em posição horizontal e vertical.

- permite desacoplar os eixos sem remover as máquinas ou o próprio acoplamento, pois os pinos e buchas são removíveis.
- permite remover as máquinas sem deslocá-las longitudinalmente.
- permite substituição das buchas amortecedoras sem desmontagem do próprio acoplamento.
- não requer manutenção, nem lubrificação.
- recomendamos cuidados para proteção contra acidentes.



FUROS ADMISSÍVEIS

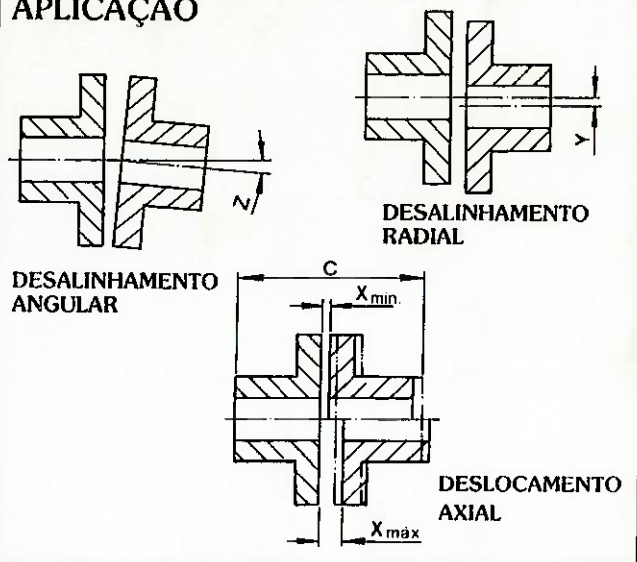
Os acoplamentos podem ser fornecidos com furo acabado e rasgo de chaveira conforme DIN 6885 folha 1, ou com furo em bruto. Na usinagem do furo, a centragem deve ser feita sempre em relação ao diâmetro externo D.

Quanto maior o nível de solicitação de um acoplamento, maiores devem ser os cuidados com a montagem do mesmo sobre o eixo, e a verificação nas faces dos flanges. Para elevadas solicitações, recomendamos ajuste H_7/m_6 e chaveira em todo o comprimento útil do cubo (dimensão L).

Tamanho	Furo		b	C	d	D	L	m	Massa (kg)
	máx.	min.							
D - 3	38		35	104	58	112	50	33	3,1
D - 4	42		35	114	68	125	55	36	4,5
D - 5	48		42	124	74	140	60	37	6,4
D - 6	55		45	144	85	160	70	47	9,5
D - 7	60		47	164	98	170	80	57	12,7
D - 9	80		63	197	125	225	95	65	25,9
D - 11	110		68	237	170	270	115	85	49,8
D - 13	150	55	87	300	220	360	145	100	107,8
D - 15	180	60	110	380	270	450	185	125	213,9
D - 17	220	90	140	462	330	560	225	155	390,9
D - 18	250	100	140	542	380	630	265	195	574,3

Nota: dimensões dadas em mm.

APLICAÇÃO



Tamanho	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)	$\frac{N}{n} \times F$	Mt (mkgf)	GD ² (kgf.m ²)	rpm _{máx.} (*)
D - 3	4 ± 1,5	0,4 máx.	1.º máx.	0,02	14,2	0,0172	4500
D - 4				0,03	22,5	0,0280	4000
D - 5				0,05	36	0,0562	3600
D - 6				0,08	55	0,0991	3400
D - 7				0,13	90	0,1383	3200
D - 9	7 ± 2	0,8 máx.		0,25	180	0,5245	2500
D - 11	0,5			360	1,3030	2200	
D - 13	10 ± 2			1	720	5,5923	1700
D - 15	2			1430	17,650	1300	
D - 17	12 ± 2			4	2860	49,250	1000
D - 18		5,6		4000	85,205	850	

(*) rpm_{máx.} - rotação limite para uso sem balanceamento dinâmico

Observações:

- 1) Um alinhamento correto aumenta a vida dos elementos elásticos.
- 2) Para velocidades periféricas no diâmetro D, acima de 28 m/s, recomendamos balanceamento dinâmico.
- 3) N = potência efetiva em cv (1kW = 1,36 cv)
- 4) n = rpm
- 5) Mt = momento de torção em mkgf (1 daN = 1,02 mkgf)
- 6) GD² = momento de inércia em kgf.m² = 4J em kgm²

FATOR M

Refere-se ao tipo de acionamento.

Motor de combustão 1 a 3 cilindros	1,5
Motor de combustão 4 a 6 cilindros	1,2
Motor elétrico	1,0

FATOR T_S

Aplica-se para tempo de serviço.

até 2h/dia	0,9
2 - 8h/dia	1,0
8 - 16h/dia	1,06
16 - 24h/dia	1,12

FATOR R

Refere-se à máquina acionada por motor elétrico ou turbina.

Geradores de luz Ventiladores $N/n \leq 0,1$ Bombas centrífugas	1,2	Centrífugas Máquinas lavadeiras Bombas de pistão com volante Transportadores de corrente Moinhos em geral Tambores e moinhos rotativos Pontes rolantes Elevadores de prédio	1,8
Elevadores de canecas Exaustores e ventiladores $N/n \leq 0,1$ Máquinas ferramenta rotativas Turbo-compressores Transportadores de correia Hélices marítimas	1,4	Vibradores Estiragem de arame Galgas Grupos de máquinas de papel Prensas e tesouras	2,2
Misturadores Guinchos Máquinas para madeiras Monta-cargas Fornos e cilindros rotativos Betoneiras	1,6	Britadores Misturadores de borracha Bombas de pistão sem volante Marombas Laminadores para metais	3,0

EXEMPLO DE SELEÇÃO

Determinar um acoplamento Teteflex entre um redutor e um moinho rotativo, cujo motor elétrico é de 12 cv, potência efetiva N = 10 cv e velocidade n = 150 rpm, trabalhando 8h/dia.

Fatores: R = 1,8 T_S = 1,0 M = 1,0

Fator F = R x T_S x M = 1,8 x 1,0 x 1,0

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{N \times F}{n} = \frac{10 \times 1,8}{150} = 0,12 \end{array} \right.$$

Tamanho escolhido: Acoplamento Teteflex tamanho D-7

ANEXO B - FOTOGRAFIA DO DISPOSITIVO



Foto Frontal da Bobinadeira

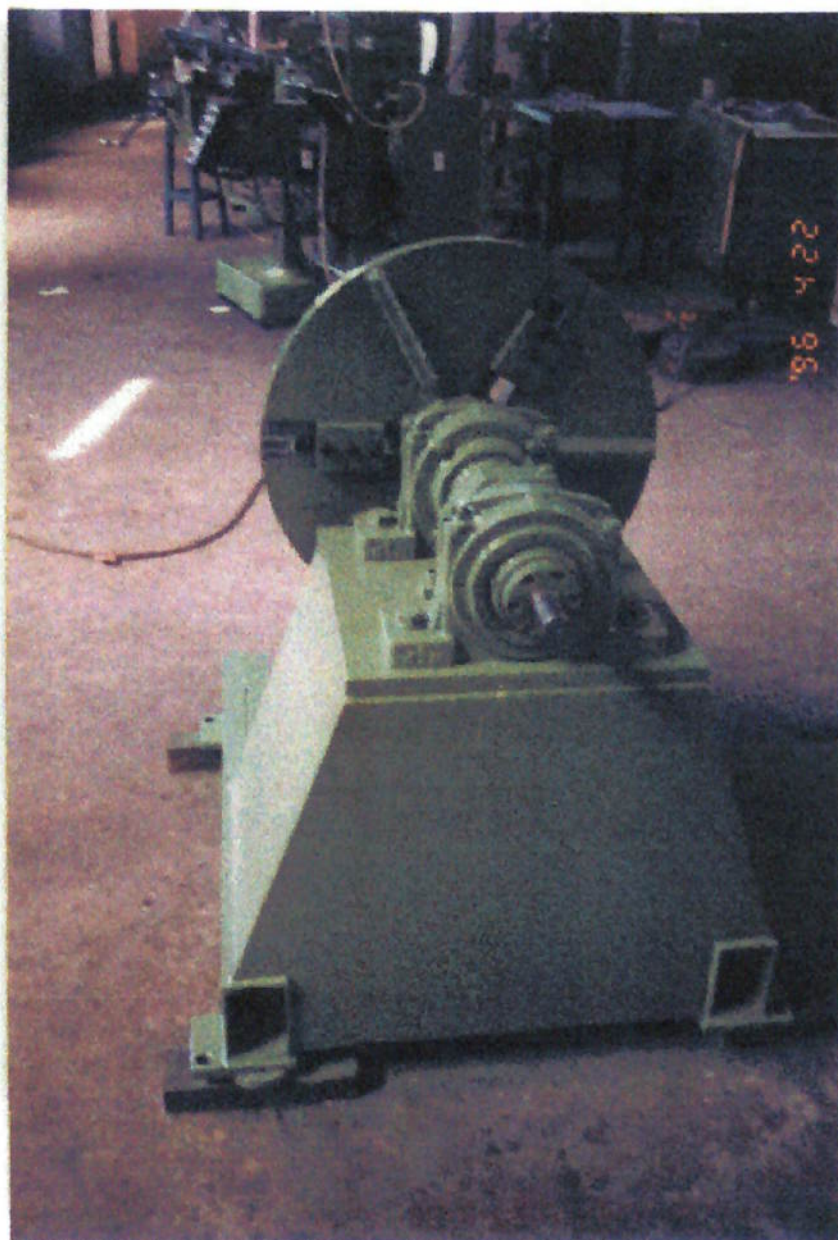


Foto Traseira da Bobinadeira



Foto Lateral da Bobinadeira

PARA AÇÃOAMENTO POR MOTORES ELÉTRICOS OU TURBINAS
ESTAS RECOMENDAÇÕES SÃO MÍNIMAS E SE REFEREM À
CONDIÇÕES NORMAIS.

B. Zampese 10

APLICAÇÕES	10 hs	24 hs	APLICAÇÕES	10 hs	24 hs
AGITADORES			ELEVADORES		
Líquidos	1,00	1,25	Caçambas - carga uniforme	1,00	1,25
Misturadores de polpa	1,25	1,50	Caçambas - carga pesada	1,25	1,50
Semi-líquidos de densidade variável	1,25	1,50	Elevadores de carga	1,25	1,50
ALIMENTADORES			EMBOBINADEIRAS		
Alimentadores helicoidais	1,25	1,50	Metals	1,25	1,50
Alimentador recíproco	1,75	2,00	Papel	1,00	1,25
Transportadores (esteira e correia)	1,25	1,50	Têxtil	1,25	1,50
BOMBAS			ENLATADORAS E ENGARRAFADORAS		
Centrífugas	1,00	1,25		1,00	1,25
Dupla ação			ESCADAS ROLANTES		
Multi cilíndricas	1,25	1,50		1,00	1,25
Recíproca de descarga livre	1,25	1,50	FÁBRICAS DE CIMENTO		
Rotativas de engrenagens ou lobos	1,00	1,25	Britadores de mandíbulas	1,75	2,00
BRITADORES			Fornos rotativos	-	1,50
Pedras e minérios	1,75	2,00	Moinhos de bolas e rolos	-	1,50
CERVEJARIAS E DESTILARIAS			FÁBRICAS DE PAPEL		
Cosinhadores - a serviço contínuo	1,00	1,25	Agitadores (misturadores)	1,25	1,50
Tachos de fermentação	1,00	1,25	Alvejadores	1,00	1,25
Misturadores	1,00	1,25	Batedores e despulpadores	1,25	1,50
CLARIFICADORES			Calandras	1,25	1,50
	1,00	1,25	Super calandras	1,75	2,00
CLASSIFICADORES			Cilindros	1,25	1,50
	1,25	1,50	Descascadores		
DRAGAS			Mecânicos Hidráulicos	1,25	1,50
Guinchos, transportadores e bombas	1,25	1,50	Tambores descascadores	1,75	2,00
Cabeçotes relativos e peneiras	1,75	2,00	Rebobinadeiras	1,00	1,25
			Esticadores de feltro	1,00	1,25
			Cardans	1,75	2,00
			Prensas	1,00	1,25
			Secadores	1,25	1,50
			GERADORES		
			GUINCHOS E GRUAS		
			Cargas uniformes	1,25	1,50
			Cargas pesadas	1,75	2,00
			Guindastes	CONSULTE-NOS	
			INDÚSTRIAS ALIMENTÍCIAS		
EIXOS DE TRANSMISSÃO			Cosinhadores de cereais	1,00	1,25
Cargas uniformes	1,00	1,25	Enlatadoras e engarrafa.	1,00	1,25
Cargas pesadas	1,25	1,50	Misturadores de massas	1,25	1,50
			Moedores de carne	1,25	1,50
			Picadores	1,25	1,50

INDÚSTRIA DE PLÁSTICOS E BORRACHAS

Calandras	-	1,50
Equipamentos de laborat.	1,25	1,50
Extrusoras (entubadoras)	-	1,50
Moinhos		
Moinhos cilíndricos	-	1,50
2 em linha	-	1,50
3 em linha	-	1,25
Refinadores	-	1,50
Trituradores e misturadores	-	2,00

INDÚSTRIAS MADEIREIRAS

Alimentadoras de plaina	1,25	1,50
Serras	1,50	1,75
Tambores despoldadores	1,75	2,00
Transportadores de toras	1,75	2,00

INDÚSTRIAS TÊXTEIS

Calandras	1,25	1,50
Cardas	1,25	1,50
Filatórios e retorcedoras	1,25	1,50
Maçaroqueiras	1,25	1,50
Máquinas de tituraria	1,25	1,50

INDÚSTRIAS METALÚRGICAS

Cortadores de chapas	1,25	1,50
Embobinadeiras	1,25	1,50
Laminadores	CONSULTE-NOS	
Trefilas	1,25	1,50
Viradeiras	1,75	2,00

MÁQUINAS OPERATRIZES

Acionamento principal - cargas pesadas	1,75	2,00
Acionamento principal - cargas		
Uniforme	1,25	1,50
Acionamento auxiliar	1,00	1,25
Prensas	1,75	2,00

MISTURADORES

(vide agitadores)	1,25	1,50
Batedeiras	1,25	1,50
De líquidos		
Densidade constante	1,00	1,25
Densidade variável	1,25	1,50
Para borracha	-	2,00
Para polpa de papel	1,25	1,50

MOINHOS

De bolas e r6los	1,25	1,50
De martelos	1,75	2,00
Para areia	1,25	1,50

OLARIAS E CERÂMICAS

Extrusoras e misturad.	1,25	1,50
Prensas de tijolos e ladrilhos	1,75	2,00

PONTES ROLANTES

Acionamento de carro e da ponte	1,75	2,00
Acionamento de guincho	1,00	1,25

REFINARIAS DE AÇÚCAR

Ceptrifugas	1,25	1,50
Moendas	1,50	2,00
Facas de cana	-	1,50

REFINARIAS DE PETRÓLEO

Bombas	1,00	1,25
Equip. em geral	1,25	1,50

RÔSCAS TRANSPORTADORAS

Cargas uniformes	1,00	1,25
Cargas pesadas e alimentador real	1,25	1,50

SECADORES E RESFRIAD.

ROTATIVOS	1,25	1,50
-----------	------	------

Filtragem de ar	1,00	1,25
Para água - esteiras	1,00	1,25
Recíprocas	1,25	1,50
Rotativas	1,25	1,50

TORRES DE REFRIGERAÇÃO	1,75	2,00
------------------------	------	------

TRANSPORTADORES

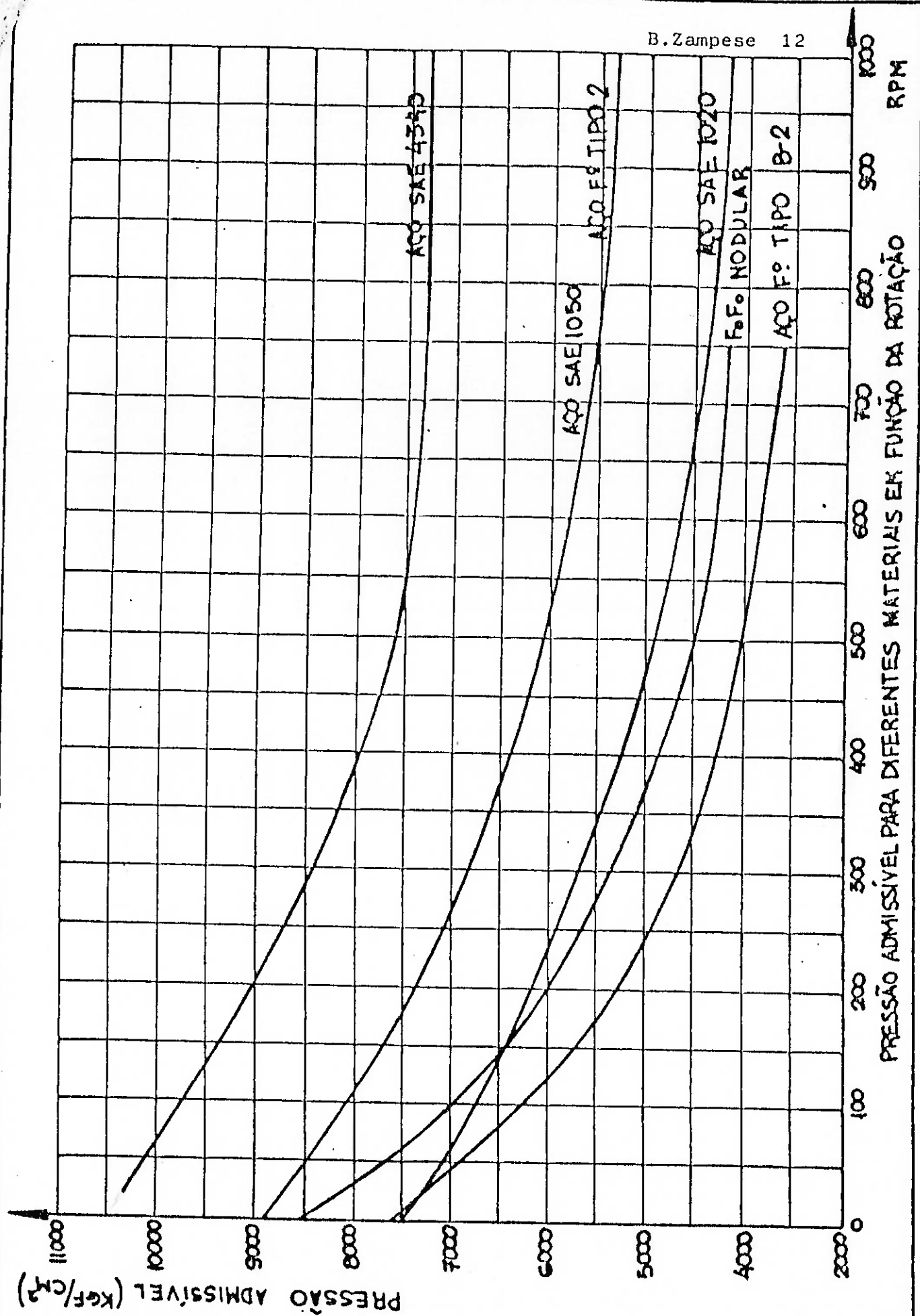
Esteiras, correias, correntes, canecas, caçamba, helicoidais (r6scas)		
Cargas uniformes	1,00	1,25
Cargas pesadas e descontínua	1,25	1,50
Rebíprocas e vibrat.	1,75	2,00

TRATAMENTO DE ÁGUA E ESGOTOS

Aeradores, alimentadores, bombas, coletores de lama, coletores, mexedores e peneiras	1,25	1,50
---	------	------

VENTILADORES

Centrífugas	1,00	1,25
Outros tipos	1,25	1,50



RODAS DENTADAS
SÉRIES DE MÓDULOS

B. Zampese

DIN 780

Medidas em mm

Módulo m	Passo p	Módulo m	Passo p	Módulo m	Passo p
		1	3,142	10	31,416
				11	34,558
				12	37,699
		1,25	3,927		
				13	40,841
				14	43,982
		1,5	4,712	15	47,124
				16	50,265
		1,75	5,498		
				18	56,549
		2	6,283	20	62,832
				22	69,115
		2,25	7,069		
				24	75,398
		2,5	7,854		
				27	84,823
0,3	0,942	2,75	8,639		
		3	9,425	30	94,248
		3,25	10,210		
				33	103,673
(0,35)	1,100	3,5	10,996		
				36	113,097
		3,75	11,781		
				39	122,522
0,4	1,257	4	12,566		
		(4,25)	13,352	42	131,947
(0,45)	1,414	4,5	14,137	45	141,372
		(4,75)	14,923		
0,5	1,571	5	15,708	50	157,080
		(5,25)	16,493		
(0,55)	1,728	5,5	17,279	55	172,788
		(5,75)	18,064		
0,6	1,885	6	18,850	60	188,496
		(6,25)	19,635		
(0,65)	2,042	6,5	20,420	65	204,204
		(6,75)	21,206		
0,7	2,199	7	21,991	70	219,912
		(7,5)	23,562	75	235,619
0,8	2,513	8	25,133		
		(8,5)	26,704		
0,9	2,827	9	28,274		
		(9,5)	29,845		

Os valores entre parênteses devem ser evitados.

$$\text{Módulo} = \frac{\text{passo (em mm)}}{\pi}$$

$$m = \frac{p}{\pi}$$

B. Zampese

Fator de forma - q -

n. ^o de dentes	10	11	12	14	15	16	17	18
q	52	49	43	41	39	37	36	

n. ^o de dentes	18	21	24	28	34	40	50	65	80	100	- ∞
q	35	33	32	31	30	29	28	27	26	25	

Tensões admissíveis - $\bar{\sigma}$

Material	Fofo Nodular	Aço Fund. tipo B2	Aço ABNT 1020
$\bar{\sigma}$ (Kgf/cm ²)	900	900	1000

Material	Aço Fund. tipo 2	Aço ABNT 1050	Aço ABNT 4340
$\bar{\sigma}$ (Kgf/cm ²)	1100	1200	1700

ANEXO D - DESENHO DE CONJUNTO

ANEXO C - TABELAS UTILIZADAS