UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

CURSO INTENSIVO
PROJETO MECÂNICO
ASPECTOS ECONÔMICOS

VIVIANO VIVIANI
ROSALVO TIAGO RUFFINO (COORDENADOR)

SÃO CARLOS
2021

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS

Curso Intensivo
Projeto Mecânico
Aspectos Economicos

ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
BIBLIOTECA
U.S.P.

DOTT. ING. V. VIVIANI

Coordenação de Dr. Eng.o R. T. Ruffino

Departamento de Engenharia Mecânica

Laboratorio de Máquinas Ferramentas

SÃO CARLOS - 1980

ÍNDICE

PRIMEIRA PARTE:

A - O projeto como função das operações de usinagem convencional.

(de 01 a 70)

(Furadeiras " 03 a 15)
(Tornos " 16 a 38)
(Fresadoras " 39 a 57)
(Plainamento " 58 a 70)

SEGUNDA PARTE:

B - O projeto como função do projeto de fundição.

(de 71 a 109)

(A escolha do material " 74 a 76)
(A contração " 77 a 79)
(Tensões residuas " 80 a 87)
(Uniformidade das espessuras " 88 a 92)
(Tensões internas " 93 a 95)
(Tensões dependentes das raios de curvatura " 96 a 97)
(A Moldagem " 98 a 109)

TERCEIRA PARTE:

C - O projeto como função dos componentes padronizados.

(de 110 a 142)

(As condições ambientais " 111 a 114)
(Crítica base dos componentes " 115)
(Elementos de fixação " 116 a 123)
(Sistemas de fixação nas extremidades de eixos " 124 a 125)
(Pinos " 126 a 129)
(As ligações eixo-peça " 130 a 134)
(Peças normalizadas " 135 a 139)
(Rolamentos " 140 a 142)

PRIMEIRA PARTE A

O projeto como função das operações de usinagem convencional.
Definição de formas e dimensões econômicas.

PRIMEIRA PARTE

A 1

Introdução

O maior problema que se apresenta na realização de um novo produto é o da industrialização, após a saída do projeto dos escritórios da Engenharia de Produto.
As dificuldades com que, então, se defronta a Engenharia de Fabricação é de tal ordem que, às vezes, torna-se necessário revisar completamente o projeto, sendo neste caso, mais compensador redesenhá-lo em sua totalidade.

Nestas condições, mesmo com a revisão, verificar-se-ão custos de fabricação elevados devido a só raramente se encontrarem projetistas com uma sólida experiência na área de fabricação, experiência adquirível por anos de prática atenta e laboriosa; para estes últimos, muitas das observações feitas nesta série poderão não constituir / novidade.

Pode-se adfirmar que a análise cuidadosa do projeto por parte do técnico, permitirá, sempre, / encontrar a solução mais econômica. Serão examinadas, a seguir, uma variedade de exemplos, segundo o equipamento utilizado e as respectivas operações.

Entre todas as máquinas de remoção de cavaco, as mais econômicas sob o prisma do custo por unidade de volume de cavaco são, em ordem decrescente segundo esse critério:

- Tornos
- Furadeiras
- Fresadoras
- Plainas
- Mandrilhadoras
- Retificadoras.

As observações serão iniciadas, entretanto, com o exame crítico das furadeiras, devido a ser esta máquina uma das mais utilizadas na usinagem.
A título de curiosidade, o tempo usado em usinagem, para fazer furos, representa cerca de 35% / do total, em uma fábrica de automóveis.

Furadeiras

As brocas são ferramentas caracterizadas por um diâmetro e por uma profundidade de corte além / dos quais o rendimento cai rapidamente.

Na tabela 1 são apresentadas as características das brocas helicoidais de duas entradas cujas / geometrias de furação são visíveis na fig. 1.
As características de rendimento das brocas são apresentadas na fig. 2, que representa a variação do avanço máximo e a variação do volume removido na unidade de tempo, em função do diâmetro.
Por meio deste diagrama verifica-se rapidamente que o máximo avanço é atingível com a broca de 6 mm de diâmetro; quando possível, os furos têm que ser feitos com essas medidas, evitando furos inferiores. Quando o furo é necessário para remover material (ex.: furos para alívio), quanto maior for a broca, maior será o volume removido, isso até diâmetros de 60 a 70 mm; a situação / mais favorável se encontrará para os furos de / diâmetro de 28 a 30 mm.

Tabela 1

Diâmetro D mm.	Broca a 120° P mm	Profundidade normal LN mm	Profundidade max Broca normal LT mm	Broca longa LS mm
2	0,6	7	49	52
3	0,9	10	52	55
4	1,2	16	55	75
5	1,5	22	60	80
6	1,8	27	64	90
7	2,1	31	65	95
8	2,4	36	70	100
9	2,7	40	75	105
10	3	45	78	105
11	3,3	50	80	105
12	3,6	55	85	105
13	3,9	55	90	105
4	4,2	60	93	115
15	4,5	60	98	120
16	4,8	65	100	122
17	5,1	68	103	125
18	5,4	72	108	130
19	5,7	76	110	134
20	6	80	113	133
21	6,3	84	118	140
22	6,6	88	120	145
23	6,9	92	125	148
24	7,2	96	128	152
25	7,5	100	132	155
26	7,8	104	135	160
27	8,1	108	140	165
28	8,4	112	145	170
29	8,7	116	148	172
30	9	120	150	175
31	9,3	120	155	
32	9,6	120	160	
33	9,9	120	160	
1	10,2	120	162	
35	10,5	125	165	
36	10,8	125	165	
37	11,1	130	170	
38	11,4	130	170	
39	11,7	135	172	
40	12	135	172	
41	12,3	135	172	
42	12,6	135	172	
43	12,9	135	175	
44	13,2	135	175	
45	13,5	135	180	
46	13,8	135	180	
47	14,1	140	180	
48	14,4	140	180	
49	14,7	145	185	
50	15	150	190	

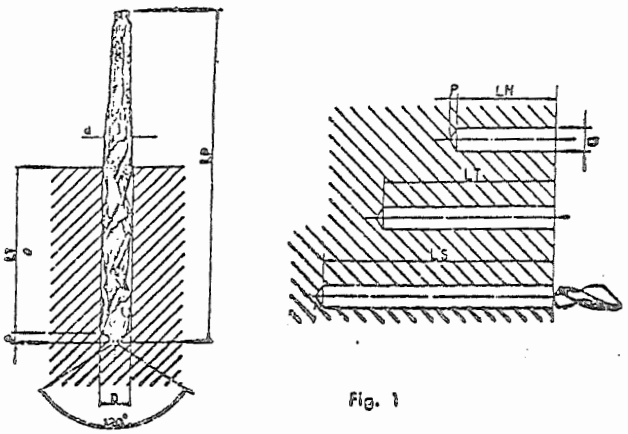


Fig. 1

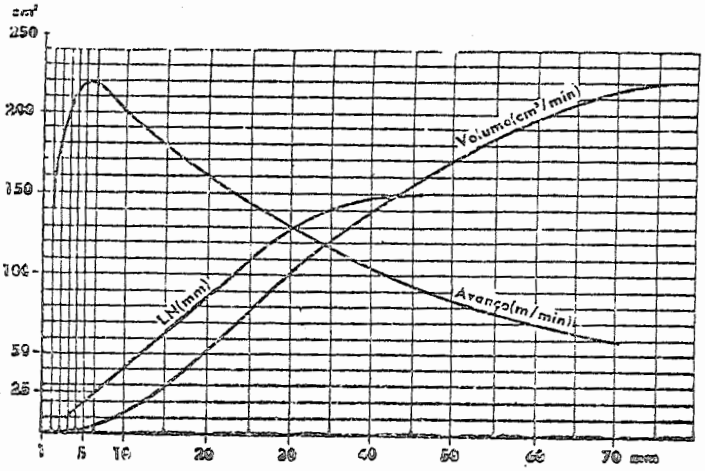


Fig. 2

Execução de furos

È evidente que o problema maior que se verifica na furação é representado pelo desvio das brocas. Tal desvio ocorre quando a relação entre o diâmetro e profundidade atinge 3/4.

Considerando a execução de um furo para alojar um fuso, as soluções podem ser várias. A fig. 3 apresenta três soluções:

Solução A. O furo tem que ser alargado com alargador e, às vezes, não é suficiente.

Solução B. Furando os dois lados, o desencontro, devido ao desvio, é bem menor que a metade do / desvio da solução A, porém, pode ser introduzido um erro causado pela não coaxialidade das duas buchas de guia.

Solução C. É evidente que é preciso mudar o projeto da peça, quando isto for possível; tal solução elimina todos os defeitos precedentes.

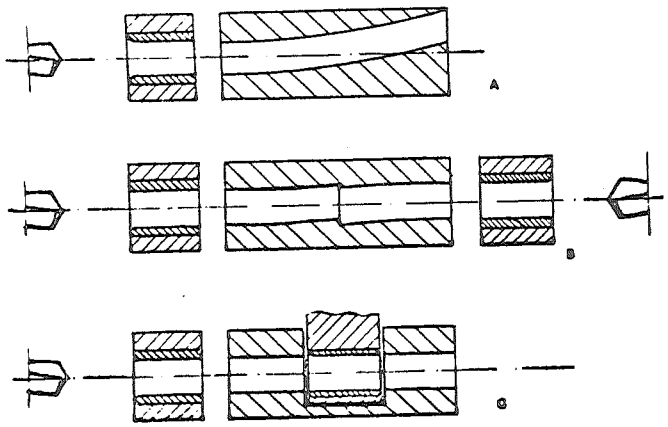


Fig. 3

Furos com diâmetro inferior a 6mm e de grande comprimento.

Tendo-se um furo cujo diâmetro exerça a função de calibrador, é preferível, quando possível, furar com diâmetro maior e depois reduzir com uma tampa que possua furo calibrado (fig. 4).

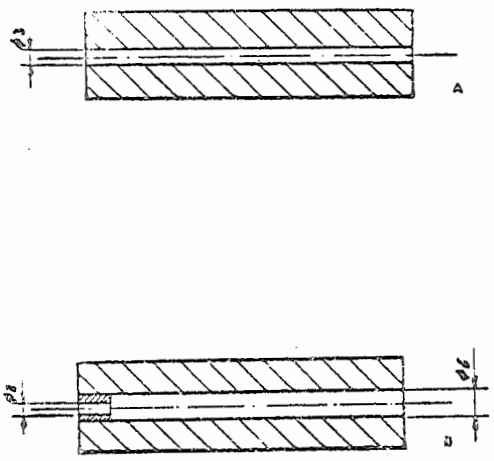


Fig. 4

Furos cujo diâmetro não é importante.

Um exemplo característico é o da fig. 5, que apresenta um caso onde o furo original de lubrificação era alargado posteriormente para permitir o rosqueamento (alojamento de engraxadeira) (Solução A).

Foi usada a mesma broca, sucessivamente, para a preparação da rosca, seja com a indicação de um furo menor no projeto, seja a de uma troca de / ferramentas ou um repasse com outra máquina. (Solução B).

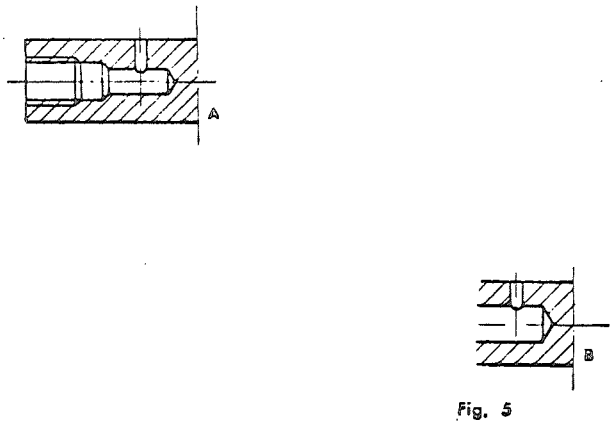


Fig. 5

Correções em furos desviados.

Devido à profundidade de alguns furos, às vezes é dificil alojar um fuso de precisão, pelo desvio do fuso (fig. 6. Solução A). A solução B de descarregar o furo é possível, mas não é a mais econômica; a solução C se apresenta como a mais viável.

Pelo mesmo principio acima (fig. 7), apresenta-se uma série de soluções a fim de eliminar as / tensões nas peças com mais de um suporte no mesmo eixo.
A soluções A e B são semelhantes às precedentes. A solução C prevê uma série de pequenos estojos separados e descarregados.

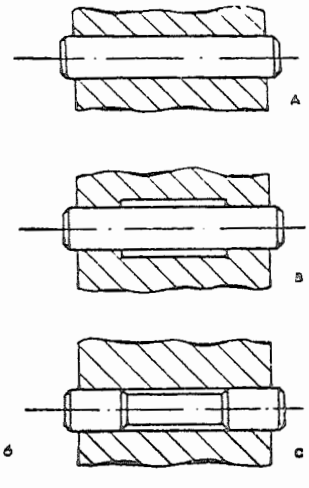


Fig. 6

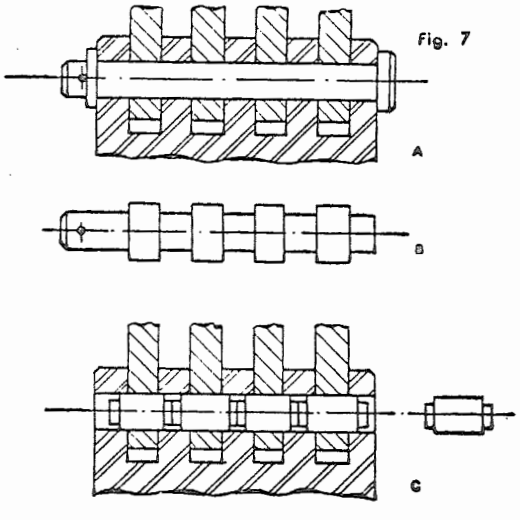


Fig. 7

Furos de dificil acesso.

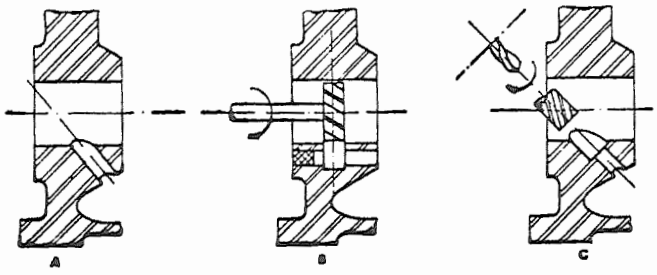
Um dos casos mais problemáticos é a execução de furos de descarga nos mancais, nas paredes das caixas (fig. 9A).

As soluções apresentadas, B e C, são as mais racionais. Em particular a solução C, que evita / furos inclinados, pode ser executada no processo dos centros de usinagem.

Furos meio abertos.

Às vezes, por um erro nas peças de fusão, é necessário usinar furos meio abertos (fig. 10). Nesse caso, a única providência é a de furar / com duas brocas: uma normal e uma com ângulo de penetração igual a zero.

Fig. 9



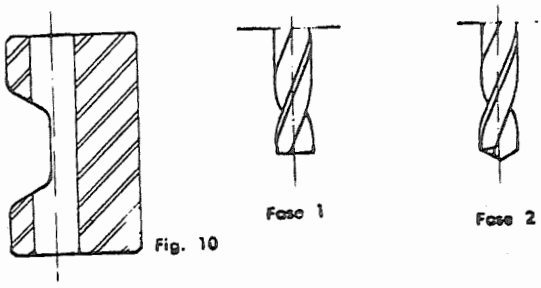


Fig. 10

Furos entre duas superfícies.

Quando se executa um furo entre duas superfícies não homogêneas, a broca se desvia na direção do material mais macio (fig. 11). Nesse caso, quando possível, é oportuno usar uma superfície auxiliar temperada, a fim de exercer a função de guia. (Solução B).

Furos sobre paredes inclinadas.

É possível furar com uma broca guiada por uma bucha, se a superfície for inclinada menos de 30º (fig. 12 solução A).
Se a inclinação for superior, para evitar desgaste lateral da broca e da bucha, pode-se preparar a superfície mediante um escariado feito com uma fresa ou com broca de ângulo de penetração igual a zero (solução B).
Sem dúvida, a melhor solução é aquela de providenciar um ressalto oportuno na sede de projeto (solução C).

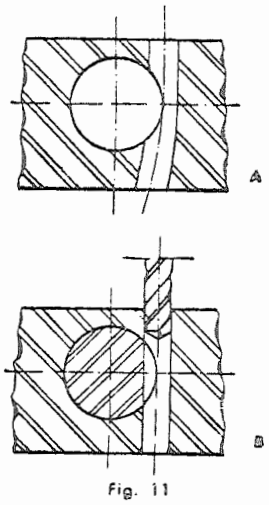


Fig. 11

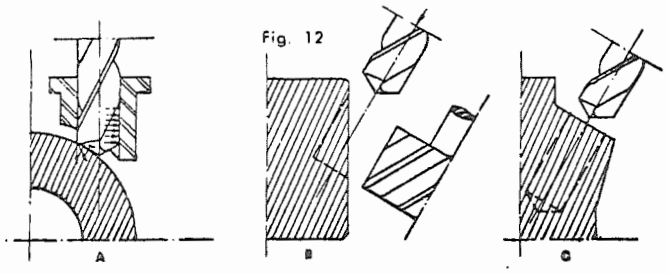


Fig. 12

Acabamento dos furos.

A qualidade de acabamento das brocas helicoidais não é muito boa, por isso é preciso re-usinar os furos com um alargador. É evidente que um alargador nunca pode atingir o fundo do furo, se o furo é cheio; a parte útil do furo é visível na figura 13.

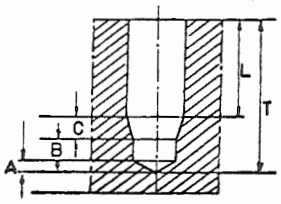


Fig. 13

A parte A é devida à ponta da broca.
A parte B é necessária em função do cavaco.
A parte C corresponde à entrada do alargador.

Pelo descrito acima, a parte útil L de acabamento, pode ser obtida só em furos de comprimento / total T = L + A + B + C a parte A + B + C é normalmente igual ao diâmetro de furo, ou, em alguns casos, igual a 0,7 Ø.

Furos múltiplos.

Evidentemente, a execução dos furos múltiplos nas produções de séries médias e grandes é obtida com o uso das furadeiras multifuso. É importante, por isso, que se tome muito cuidado nos intereixos I entre tais furos. Aproximadamente, I varia entre 12 e 15 mm para as brocas até 3 mm; entre 30 e 35 mm para as brocas de 3 até 10 mm, e perto de 40 mm para as brocas de 10 a 12 mm ou superior.

A consequência disso é que as operações com intereixos menores têm que ser divididas em várias fases. Às vezes, um ou dois furos, que parecem negligenciáveis, fazem dobrar ou triplicar o / tempo de operação e a despesa para a construção do ferramental.

Na fig. 14 percebe-se que os quatros furos podem ser executados com uma única fase, e o furo D' precisa de uma fase a mais. A solução é a de deslocar D' para a posição D" (solução B), a / fim de criar a possibilidade de executar os cinco furos com uma só operação.

Similarmente na fig. 14C, vê-se que, para não executar a operação de furação de duas séries de furos em duas fases, deve-se girar de 45º os furos, para a posição F'.

Observa-se, também, que, normalmente, é melhor, na escolha dos números de parafusos usados para fixação de tampas circulares, usar um número pequeno de parafusos de grande diâmetro, e não o contrário, como muitos técnicos costumam fazer. De fato, um pequeno aumento do diâmetro provoca um aumento muito grande de resistência dos parafusos.

Por exemplo, 6 parafusos de 8 mm de diâmetro podem ser substituidos por 4 parafusos de 10 mm, ou por 3 de 12 mm de diâmetro. O custo é, evidentemente, bem menor, principalmente quando não / se usa a furação simultânea.

Normalmente, na maioria dos casos, 3 parafusos são suficientes para diâmetros de até 120-130 mm; para diâmetros de 130 a 200 mm, 4 parafusos; podendo-se passar para diâmetros de 200-250 mm.

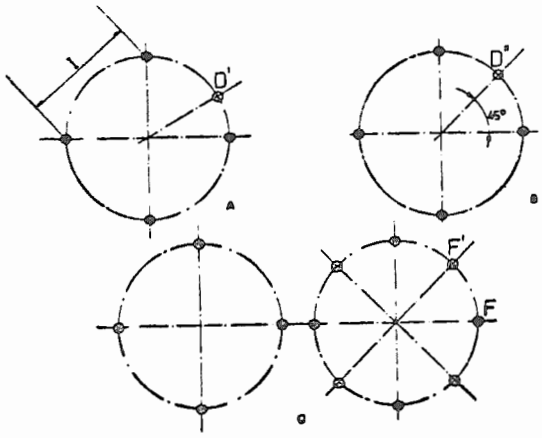


Fig. 14

Furos de lubrificação inclinados.

Na execução de furos de lubrificação, existe o perigo de que um eventual desvio dos furos, gerados pelas brocas de pequeno diâmetro, possa / provocar uma falha de continuidade ou um estrangulamento de seção tal, que resulte prejudicado o fluxo constante de lubrificante.
(Fig. 8, soluções A e B)

A solução C é a mais racional, uma vez que prevê uma furação feita por brocas de diferente diâmetro.

As soluções A e B representam os exemplos mais econômicos de segurança.

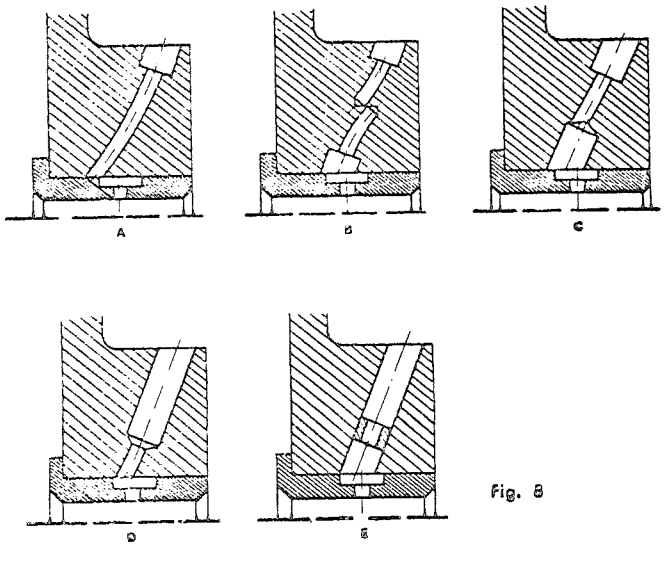


Fig. 8

Furos cegos.

Muitas vezes, é necessário manter o furo cego, deixando uma espessura S abaixo da ponta da broca (fig. 15). É importante observar que esta espessura é influenciada por um limite inferior, abaixo do qual a parede é afetada pela distorção (solução B) e, às vezes, pelas pequenas roturas.

De fato, a força necessária para o avanço da broca, cresce rapidamente com o diâmetro, e se torna bem superior ao torque necessário, pelo fato de que, na parte central, a ponta funciona como um punção rotativo e não como uma ferramenta de corte.

Para maior esclarecimento, a tabela 2 apresenta as forças necessárias às brocas helicoidais que cortam ferro fundido cinzento.

Tabela 2

Diâmetro D (mm)	Força (kgf)	Espessura S mínima (mm)
5	50	2
6	60	2
8	80	2
10	100	2,5
11	200	3
20	300	3,5
24	400	4

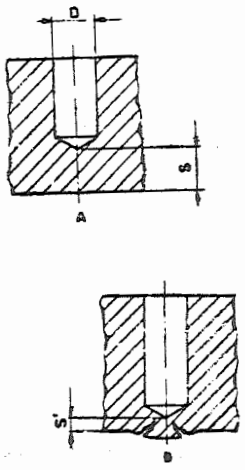


Fig. 15

PRIMEIRA PARTE

A 2

Tornos

Será examinada nesta exposição, a operação de torneamento, que representa a forma mais comun nos processos de usinagem.

Já foi mencionado que a usinagem é um dos processos mais econômicos. De fato, não obstante, não ofereça muitas alternativas, o torneamento, quando usado, proporciona ao projetista uma forma / muito simples para reduzir o custo de fabricação.

Embora o torneamento não seja o processo mais rápido para a formação de cavaco, é sempre preferível a outras operações, pelas razões seguintes:

- A simplicidade da operação exige máquinas muito simples, e pode-se alcançar uma precisão / muito mais elevada que com outras máquinas bem mais custosas.

- O ferramental necessário (ferramentas, calibre, dispositivos) é sempre mais fácil de se fabricar do que aquele para as outras máquinas, abaixando por isso o custo.

- Sendo o uso dessas máquinas muito comun e difundido, a materia prima usada se acha facilmente no mercado no maior número de versões, medidas e qualidade, determinando, evidentemente, uma / outra forma de economia.

- As máquinas - os tornos - usadas nesse processo, conseguem atingir menores custos por peso de cavaco removido. Particularmente baixos são os / custos associados aos tornos automáticos.

Serão apresentados abaixo alguns exemplos de utilização dos tornos.

Revisão estrutural de um desenho.

Na fig. 1 observa-se um suporte, onde estão previstas 12 operações de escariação, operações / muito difíceis e demoradas.

De fato, após serem torneadas as superfícies a e b, a peça deveria ser posicionada sobre uma / mesa giratória, sob uma furadeira pesada, ou uma fresadora, e ser usinada com um eixo porta-fresa, solicitado à tração. Além da demora, a / qualidade das superfícies obtidas é inaceitável, principalmente, pelas reduzidas dimensões do / mandril, ulteriormente enfraquecido pela necessária presença da cava da fresa, o que não permite velocidades e avanços razoáveis.

A solução B obtida através do novo desenho da / peça, permite dispensar a desmontagem da peça / do torno, possibilitando a execução do processo em duas fases simples.

Observe-se que o novo desenho da peça, além de permitir uma considerável economia na usinagem, apresenta uma economia de peso, uma vez que a / peça resultante é mais rija. Na fundição se simplicam o modelo e a moldagem, e se eliminam as tensões internas, devidas às espessuras diferentes, com o fim de reduzir a possibilidade de defeitos de fundição.

Peças fabricadas de trefilado.

Na fig. 2 vê-se um tirante, obtido de um trefilado de secção retangular.
Além de ser mais difícil encontrar-se no mercado um trefilado com esse tipo de secção, a operação necessária de torneamento, para reduzir o diâmetro D', máximo, até dº, torna-se mais demorada / devido ao torneamento intermitente. Usando-se, / pelo contrário, uma barra de diâmetro D, pode-se deixar de usinar a cabeça, e torna-se muito mais rápido usinar até conseguir-se o diâmetro d com uma só operação.
Tem-se, como consequência, uma série de vantagens:

- Material mais fácil de se obter;
- Material com custo menor por unidade de peso;
- Redução de peso inicial do semiacabado;
- Redução de tempo na usinagem;
- Eliminação da necessidade de cortar a barra antes, uma vez que pode ser usado um torno automático.

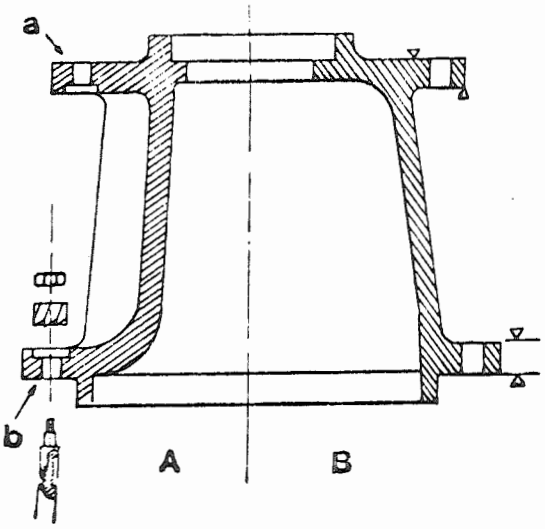


Fig. 1

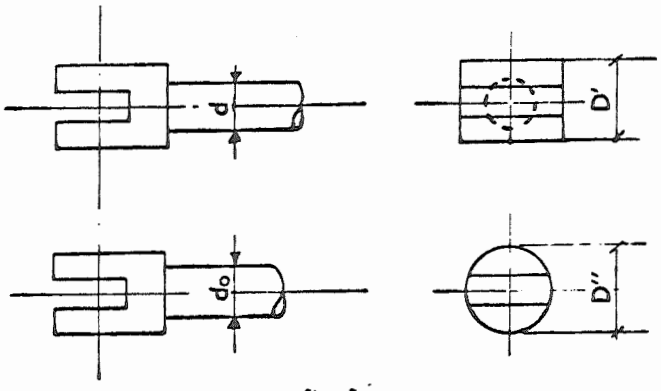


Fig. 2

Relação entre o comprimento e o diâmetro.

Um dos problemas maiores que se apresenta em um processo de torneamento, é o da flexão que sofre um eixo (cuja relação entre comprimento e diâmetro seja superior a 10), devido às forças de corte da ferramenta. Por isso, é aconselhável não / projetar eixos com relação superior a 10. Para / focalizar o problema, deve-se lembrar que a usinagem de uma barra de 20 mm de diâmetro e comprimento de 400 mm, atinge um custo superior àquela de 40 mm de diâmetro, não obstante ser maior a / quantidade de cavaco removida.
Disso resulta que, durante o projeto, é sempre / conveniente procurar deixar as partes dos eixos o mais possível em bruto, a fim de não reduzir o momento de inércia da peça. Nem sempre isso é possível em bruto, mas há casos, como o da fig. 3, / onde é interessante observar criticamente as diferentes soluções.
Evidentemente, a solução A é teórica, e, além de ser custosa e demorada, é de difícil realização.
A solução B é melhor, mas, é preciso deslocar a / contraponta para se obter a conicidade desejada.
A solução C é, sem dúvida, a melhor possível.
De fato, além de ser a mais rápida, confere ao eixo inteira resistência à flexão.

Na fig. 4 são apresentadas outras quatro versões para realizar um eixo com dois pernos nas extremidades. A solução A, teórica, é facilmente superada pela economia da solução B. Mas, mesmo admitindo-se encontrar uma barra retificada, as soluções C e D são as mais econômicas. É preciso observar que a solução D parece melhor do que a solução C, porque não reduz o núcleo do eixo e é / muito fácil fabricar a luva de um simples tubo. Mas, se for preciso fabricar a luva, embora o tubo seja de medida padrão, é um erro grave pensar na solução D, que se torna mais onerosa do que a solução C.

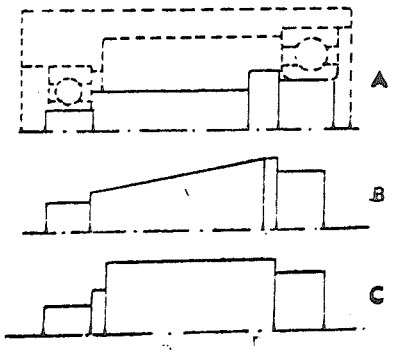


Fig 3

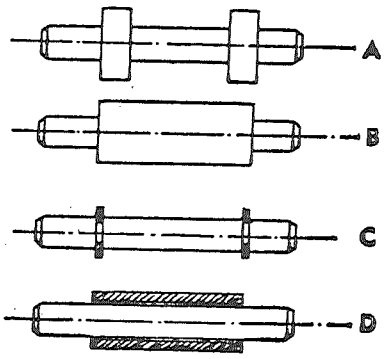


Fig. 4

Relação entre máquina e projeto.

Um dos erros mais frequentes, é o de não se levar em conta o tipo de máquina que executará a usinagem da peça projetada.
Ao contrário, seria preferível que o técnico desenhasse a peça em função da máquina mesma, ou seja, em função do tamanho do lote a ser fabricado. O exemplo da fig. 5 esclarece essa premissa.
No desenho de uma peça, como aquela da solução A, se ela tiver de ser produzida em lotes de bom tamanho, é aconselhável usiná-la com máquina copiadora, a qual pode executar o trabalho conforme a forma A, usando um carro de detalonar.
Quando for possível modificar o desenho conforme a forma B, pode-se ter uma redução considerável de tempo e uma simplificação no programa.
Uma peça de forma esquemática, semelhante àquela apresentada na fig. 6, pode ter diferentes soluções, seja no projeto, seja nos vários processos de usinagem, dependendo esta forma de um conjunto de fatores, quer dimensionais, D,d e L, quer em função: órgãos de tração, de localização, de torção etc. Além do mais, é de importância muito relevante a composição do lote e o material a ser usado.

Considere-se, em primeiro lugar, as peças de pequenas e médias dimensões (tirantes - pinos com cabeças). Quando a relação entre L e D atingir um valor inferior a 5, e a relação entre os diâmetros D e d for inferior a 2, a forma da fig. 6 é, ainda, preferível, sempre que o lote for / bastante pequeno e o material for de baixo custo. Quando o lote atingir um valor superior a algumas dezenas, e, sobretudo, quando o material / for de alto custo, é oportuno, no caso, conservar a forma da fig. 6 e mudar o processo, começando com um semi-acabado forjado.

Caso a peça seja muito pequena, às vezes, é conveniente prever processos para torno automático. Nos casos precedentes, é oportuno que o projetista procure reduzir ao mínimo a diferença entre os dois diâmetros.

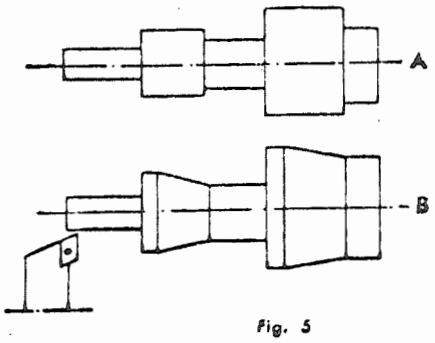


Fig. 5

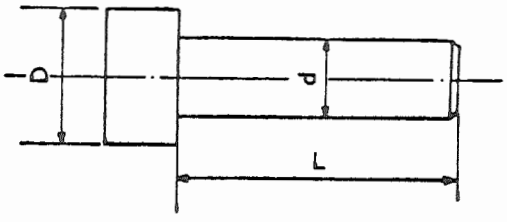


Fig. 6

A fig. 7 apresenta o diagrama qualitativo custo -número de peças para a escolha dos processos e das máquinas mais convenientes.
No caso de relações dimensionais maiores e de / pequenas quantidades, é conveniente procurar mudar, de qualquer modo, o projeto da peça.
Várias soluções são apresentadas na fig. 8.
Quando a força F não for muito grande, o sistema mais econômico é o da solução A, onde um anel elástico garante a ausência de escorregamento / de uma coroa circular, montada deslizante.
A solução B é bastante favorável, porque garante um espaço muito grande, mas requer duas operações difíceis de rosqueamento do eixo. É viável só no caso de disponibilidade de porca comercial.
A solução C, se bem que também muito econômica, não suporta forças axiais muito elevadas.
As soluções D,E,F, se equivalem, prevendo o uso de um anel cônico. que pode muito bem sustituir a chaveta nos acoplamentos roda-eixo.
O único problema é a localização, que é obtida, na solução D, por um pequeno aumento do diâmetro. Normalmente isso não é dispendioso, uma vez que, partindo de uma barra bruta, é sempre preciso / um pequeno repasse de torno e , neste caso, é / suficiente uma variação de diâmetro superior a 0,5 mm.

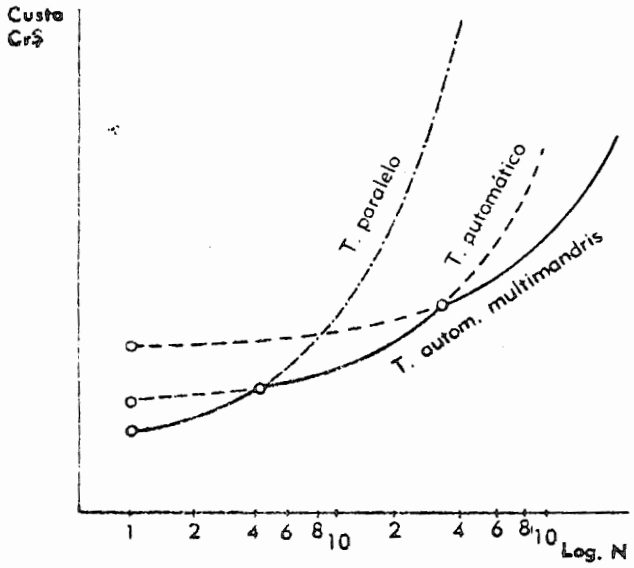


Fig 7

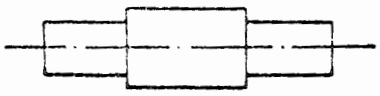


Fig. 9

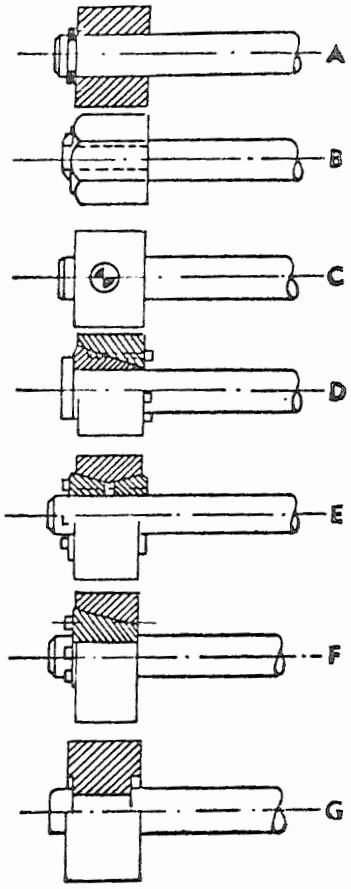


Fig. 8

No caso E, a localização é atingível com um anel elástico, quando se possa usar um trefilado bruto.
No caso F, a localização é alcançada por um rebaixo, que se consegue facilmente, também num eixo retificado. A montagem do anel é sempre possível, enquanto os anéis cônicos são constituidos de / duas o três partes.
A solução G é um sistema mais completo, que só / pode ser usado com a ajuda de tratamento térmico. É interssante observar que não é necessário deixar uma tensão residual muito elevada, sendo suficiente alcançar uma pressão de 0,5 kgf/mm2, a fim de garantir uma perfeita aderência da coroa ao eixo. O tratamento térmico é feito normalmente resfriando-se o eixo em nitrogênio líquido, e aquecendo-se a bucha até 200ºC.
Nessas condições é possível montar, mediante um dispositivo, as duas partes, que resulterão perfeitamente aderentes.
Quando a parte maior não formar a cabeça, mas / constituir uma expansão intermediária, como na / fig. 9, as soluções A e C são as mais aconselháveis, mas podem perfeitamente ser substituidas / pelas soluções E e F (fig. 8).

Outra soluções podem ser:

- Uma radical, nem sempre viável, é aquela apresentada na fig. 10A, constituida de uma bucha soldada.
- Outra, própria para diâmetros maiores, é a da solda com cordão no sentido axial, a fim de / se poder montar uma bucha.
- Outra, ainda, indicada como solução C, é a de praticar uma série de recalques no sentido axial. As deformações plásticas, como já visto, provocam, na periferia imediata, uma série de ressaltos que podem ser explorados para fins anaálogos àqueles da solução B.

É oportuno observar que a solução da fig. 10B / resolve também o problema, muito grave, de um / eixo comprido, que deva ser temperado.
De fato, após a tempera, podem ser executados / pequenos canais longitudinais em "V", mediante retífica, e, após esta operação, serem enchidos de solda dura, que por sua vez, pode ser retificada, para uniformizá-la a fim de ter diâmetro superior: tal processo resolve economicamente / vários problemas, como eventuais deformações devidas à têmpera, pelas variações de seções, ect. Veja-se, por exemplo, mandris compridos para / mandrilhadora.
Uma outra aplicação desse princípio é a de evitar o tratamento térmico, enquanto este tipo de solda dura pode perfeitamente substituir uma / parte temperada, com grande economia de tempo e despesa.

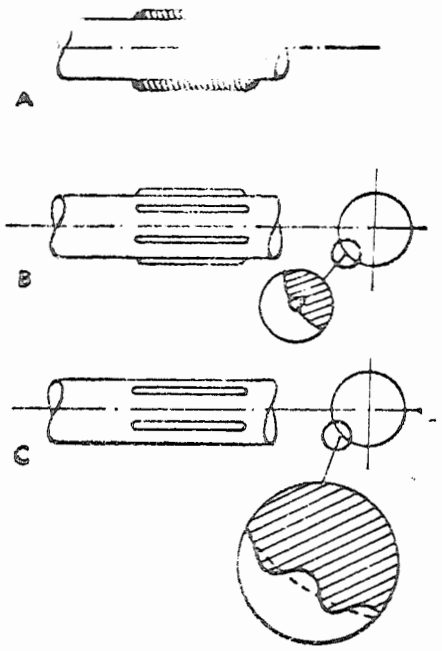


Fig. 10

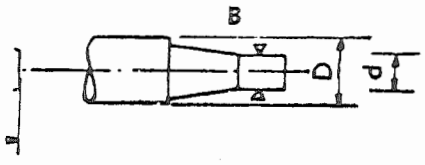


Fig. 11

Acoplamentos cônicos.

Os acoplamentos cônicos usam-se quando é necessária uma centragem perfeita das partes e uma boa estabilidade. De fato, este acoplamento, deveria ser usado sem chaveta, uma vez que não pode ser projetada para resistir a torções, mas só para a localização. É fácil verificar que é preferível reduzir ao mínimo o uso de tal acoplamento, porque será sempre preciso ter dois calibres (macho-fêmea / passa-não-passa), sem os quais não será possível obter o intercâmbio das peças, especialmente se construidas em etapas sucessivas.
De fato, faltando esses instrumentos de controle, é quase impossível, com meios tradicionais, fabricar um acoplamento perfeito.

Na fig. 11 é visível um eixo cônico, cuja conicidade só é verificável medindo os diâmetros D e d e o comprimento L. Mesmo que seja possível medir D e L, a medição de d só pode ser efetuada com o sistema "a olhometro". Ainda pior é a situação apresentada na fig. 11B, onde também não se pode medir D.

Além disso, uma conformação com erro determina / duas outras graves falhas: uma funcional, uma vez que essa figura traz a possibilidade, em caso de pouca folga entre o macho e a fêmea, de fazer encostar a parede lateral da fêmea contra o ressalto do macho, provocando assim um escorregamento no acoplamento. A outra é causada pela dificuldade de retificar a superfície, que, no caso, precisa de cuidados muito especiais.

Consequentemente, sendo às vezes útil o uso do acoplamento cônico, é necessário que os acoplamentos sejam unificados, segundo normas técnicas internas, que prevêem o uso de um número minimo dessas geometrias, desde que os calibres possam ser construidos e prontos na metrologia.

É importante lembrar que, nos acoplamentos cônicos, é preciso calcular uma tolerância de posicionamento axial pelos inevitáveis erros de fabricação (fig. 12).

A folga a ser deixada é mostrada na tabela 1.

Tabela 1

Diâmetro mm	S (mm)
de 0 até 10	1
de 10 até 30	3
de 30 até 50	4
de 50 até 80	5

Descargas para retífica.

Quando é preciso retificar os eixos, geralmente, para esse tipo de operação, são projetadas as / descargas, as quais têm que ser executadas no / torneamento.
É intuitivo que tal operação é muito delicada; de fato, as descargas sempre se apresentam como elementos sujeitos a rupturas. Além do cuidado na forma e na posição das descargas, precisa-se prestar atenção aos meios empregados para obtê-las. A forma e a posição, dependem das máquinas e dos equipamentos usados pela fabricação.
Novamente tal assunto é estritamente ligado aos problemas da produção.
A fig. 13 apresenta vários exemplos de descarga.
A solução A é a mais comun mais representa um / mau exemplo de projeto: de fato é o sistema mais rápido para prejudicar um eixo, pela acumulação das tensões superficiais nos ângulos vivos.
A solução B é, sem dúvida, melhor, mas o rebolo, quando atacar a parede de encosto, além de deixar um traço na mesma parede, tende a se gastar rapidamente, perdendo o perfil e não elimina as tensões acumuladas.
Outra solução, ainda melhor quanto às tensões acumuladas, mas não pelo desgaste do rebolo, é a solução C.

A solução D é, sem dúvida, a melhor que se possa encontrar: o rebolo não se desgasta no perfil, / as tensões são distribuidas com a maior regularidade; o único inconveniente é que essa solução / não é recomendável no sentido econômico: além de um ferramental especial, é preciso ter um operador muito experiente para alcançar esta forma, / que se apresenta inviável na produção em série.
Devido ao exposto acima, usa-se a forma apresentada na solução E, a qual, embora não seja ótima pela distribuição das tensões, deixa trabalhar o rebolo em perfeitas condições, e, segundo um prisma de produtividade, é a mais econômica.
De fato, é perfeitamente realizável com um ferramental comun, ou com um torno automático, só sendo preciso ter-se um carro de detalonar.

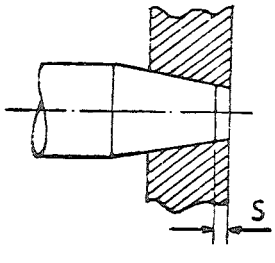
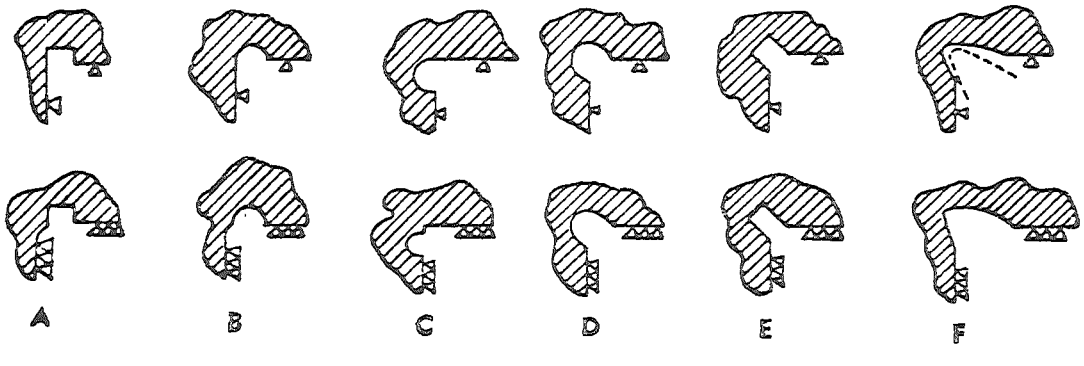


Fig. 12



Operações de recartilhado.

A operação de recartilhado é tão dispendiosa que, quando possível, deve ser eliminada, principalmente nos casos de execução sobre diâmetros inferiores a 12 mm. Sendo viável, é pelo menos recomendável a redução das superfícies a serem usinadas, / como na fig. 14A,B, seja para reduzir o esforço, seja para reduzir o tempo de usinagem. Sempre que possível, torna-se muito vantajosa a substituição por um trefilado hexagonal, especialmente quando for preciso aplainar uma parte para produzir uma superfície lisa, após ter-se obtido o recartilhado (casos dos calibres, tampão) (fig. 14D).

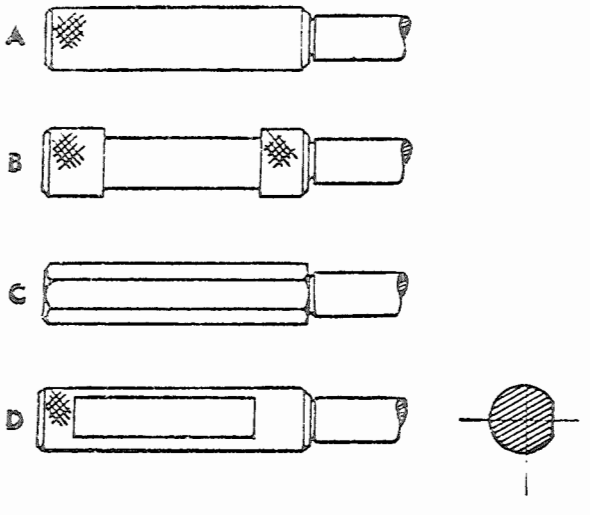


Fig. 14

Acabamento das faces terminais

Na operação de facear, é conveniente não deixar cantos vivos (fig. 15 A); ao mesmo tempo, a execução do raio, como na solução B, embora melhor do que a precedente, é quase sempre desnecessária e custosa; a fig. C apresenta a solução mais econômica e quase sempre viável.

Centros

Comvém que os centros, quando necessários, sejam executados segundo normas básicas muito rígidas. É conveniente providenciá-los com descarga inicial, para proteger de choques a beira do início da parte cônica que poderiam prejudicar a função do centro.
Na fig. 16 são apresentadas as soluções A, que é errada, e B, a mais aconselhável.

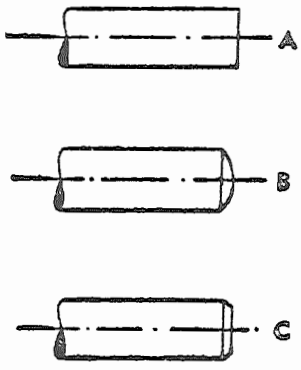


Fig. 15

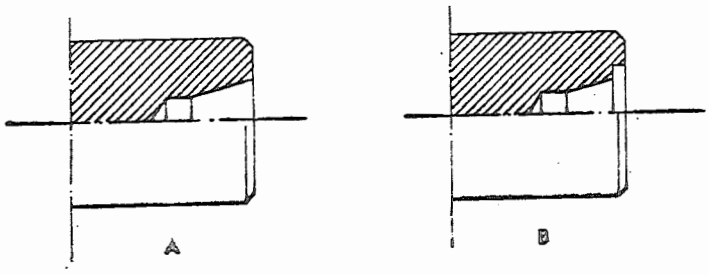


Fig. 16

· Posicionamento das peças.

É importante que o projetista pense sempre na produção. Por exemplo, às vezes, um desenho, sem perder nada da sua funcionalidade, pode prever a execução da usinagem sem que a peça seja removida da máquina.

O exemplo da fig. 17 esclarece a situação:

- a solução A precisa de dois posicionamentos,
- a solução B prevê um único posicionamento.

Observem-se as roscas centrais, situadas nas extremidades das peças (fig. 18).

A solução A é de difícil execução, pois, pressupõe uma usinagem em várias fases; a solução B é bem / mais econômica, pela possibilidade de usinar a peça entre as pontas sem mudar sua posição.

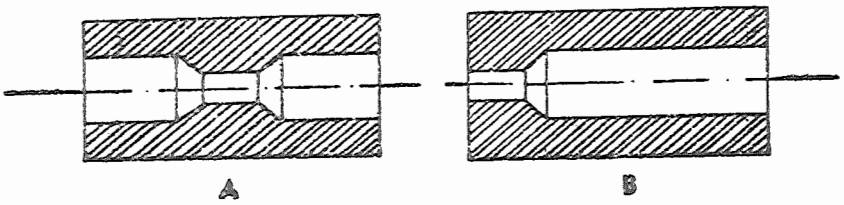
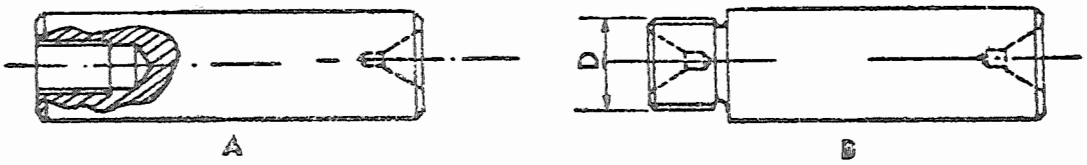


Fig. 17

A B



A B

Fig. 18

Roscas internas.

Supondo ter-se uma rosca sobre um cilindro, que tenha uma superfície externa de diâmetro maior D, é conveniente, quando possível, usar uma rosca muito curta e de diâmetro maior possível.
Vê-se nas figs. 19 A e B que a soluçãoB reduz / ao mínimo o tempo de usinagem, seja pelo menor volume de cavaco removido, seja pelo mínimo percurso longitudinal do ferramental, sem prejudicar a resistência da rosca.
No caso de junção de dois diâmetros, obtida por uma superfície cônicas ou por raios, deve-se usar sempre a mesma característica geométrica repetida; isto evita a troca de ferramental ou posicionamentos diferentes.
A fig. 20 apresenta as soluções erradas A e as soluções certas B.

Fig. 19

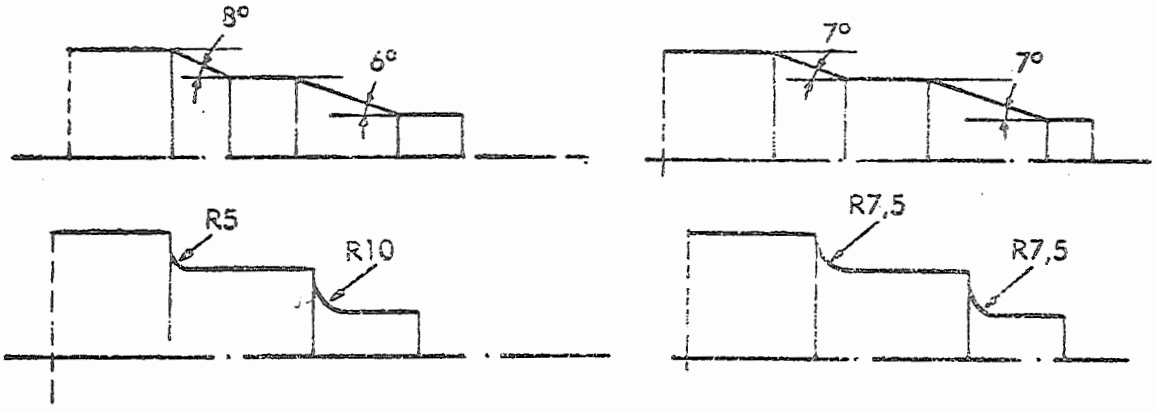


Fig. 20

uração axial

Às vezes é precisa[illegible]er uma câmara com uma superfície de [illegible]ga. A execução, no projeto, de um desenho como da fig. 21 A, é praticamente um erro grosseiro, uma vez que a remoção de toda a superfície cônica, deixada pela broca de desbaste, provoca um grande aumento do custo pela delicadeza do ferramental que serve para / mandrilhar.

A solução B, com a formação de coroa circular / plana, além de ser menos demorada, permite uma maior precisão no comprimento L, e uma superfície melhor de acabamento.

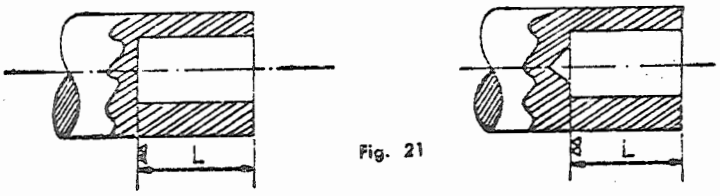


Fig. 21

Superfícies auxiliares.

O exame das exigências das superfícies auxiliares é um capítulo que deveria ser tratado separadamente, pela infinidade de soluções possíveis, mas preferiu-se dar alguns exemplos típicos, deixando à boa vontade do projetista extrair desses exemplos as próprias necessidades futuras.
Supondo-se necessitar uma peça, como aquela da fig. 22, que será montada entre as pontas e torneada em seguida, é obvia a necessidade de se / prever um ressalto K.
Igualmente, em uma peça, como a da fig. 23, é preciso prever três ressaltos, a fim de montar a / peça e poder usinar em uma só posição as superfícies T e Z; se não existirem ressaltos, a peça deverá usinada em duas fases sucessivas.

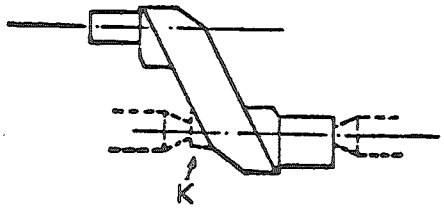


Fig. 22

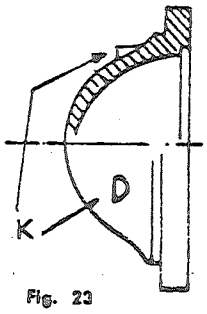


Fig. 23

Uma peça como a da fig. 24A, é muito difícil de ser usinada. Seria necessário, antes usinar em desbaste a superfície T, em esquadro com a superfície Z, depois montar um dispositivo em esquadro no torno, executar o furo, retomar a peça / com uma espiga e reajustar as superfícies T e Z com referência ao furo.

Se o projetista previr no fundido uma descarga de diâmetro D, a peça poderá ser montada diretamente sobre a placa autocentrante para executar o furo, e, depois, montando-se com uma espiga / espansível no divisor de uma fresadora, poderão ser executadas as duas superfícies com uma enorme redução de tempo. Uma peça como da fig.25A, pode ser usinada em duas únicas fases sucessivas: uma de torneamento externo, e a outra que prevê a execução do furo F na furadeira.

Se a peça, ao contrário, for desenhada como na solução B, ela poderá ser usinada com uma única montagem entre pontas, prevendo-se uma contraponta especial para os furos excêntricos, que serão usinados durante o tempo de torneamento externo.

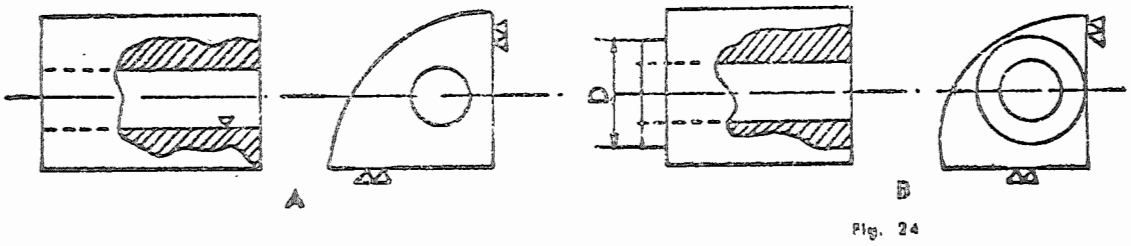


Fig. 24

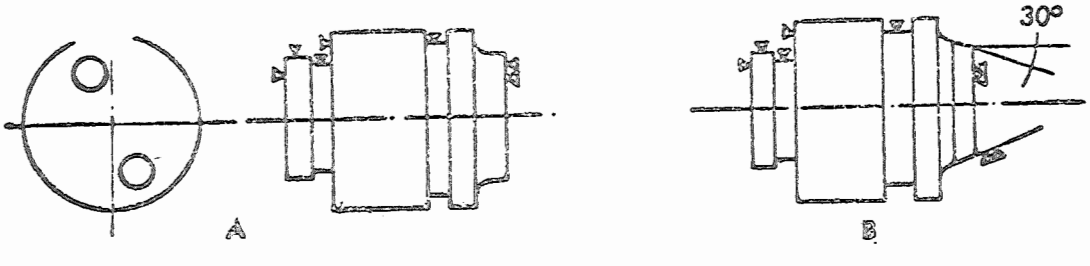


Fig. 25

PRIMEIRA PARTE

A 3

Fresadoras.

A operação de fresar é, hoje, a mais clássica operação para a usinagem de superfícies planas e, às vezes, não planas, sempre que se apresente a possibilidade de entrada da fresa, havendo na / tecnologia atual, uma tendência a transformar a maior parte possível da usinagem em operações / de fresamento.
Essa tendência é determinada por uma série de / fatores que a seguir serão apresentados:

- Uma fresa é formada por uma série de dentes / cortantes que ficam por um tempo restricto em contato com o material a ser usinado, sendo / por isso bastante fácil esfriar o ângulo do / cortador, de modo que a operação não seja afetada a temperaturas muito elevadas.

- O comprimento total do arraste de corte (devido à soma dos comprimentos dos dentes em contato) é muito elevado, e é possível obter-se um alto rendimento (volume de cavaco por unidade de tempo).

- A presença de insertos de metal duro ou de carbetos de elevada resistência ao calor e aos / esforços de corte, juntamente com a rigidez e a potência das máquinas atuais, possibilitam uma intensa remoção de cavaco e operções de / desbaste com velocidade de corte de cerca de 180 m/min.

- A técnica atual de troca automática de ferramentas em máquinas de CN e CNC permite uma grande variedade de operações.

- Pode-se afirmar que a única limitação no uso de potências elevadas está nas pequenas operações determinadas pelas pequenas fresas.

- Nesta análise observa-se que o maior cuidado deve ser tomado no projeto das peças, de forma que não seja limitada a dimensão da fresa, a fim de se poder explorar os valores dos parâmetros máximos de corte.

Parâmetros que influenciam o rendimento das fresadora.

É útil observar que a posição da fresa com respeito ao mandril, e o sistema de trabalho (em balanço ou com dois apoios) influenciam notavelmente a possibilidade de se explorar ao máximo a potência da fresadora, como se vê no diâgrama da fig. 1.

Do que foi dito acima, deduz-se que o fresamento frontal, com o mandril recuado, e o fresamento com a fresa sobre os dois apoios, são os mais eficientes.

Esta observação tem de se manter presente durante o projeto, de forma que sejam sempre desenhadas superfícies que possam ser usinadas, o mais possível, por tais processos.

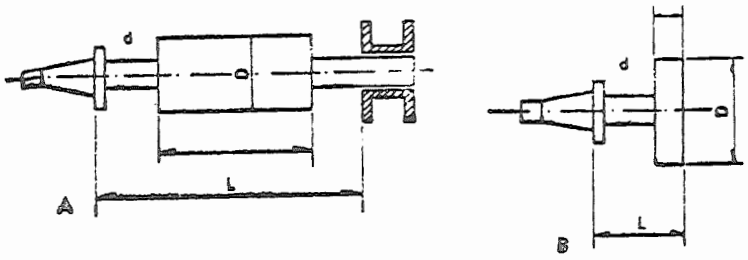
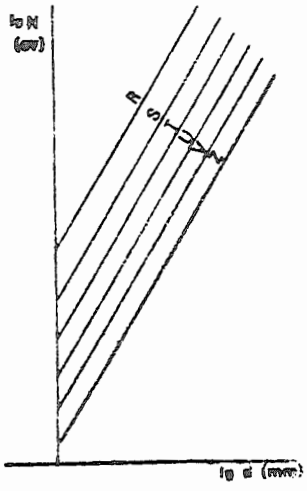


Fig. 1



L/D	1/4÷1/8	1/2÷1/4	1/2	3/4	3/4 ÷ 1 1/2
A				S	R
B	Z	Y	U		

Relação entre os diâmetros da fresa e a potência utilizável em função das características geométricas de montagem da própria fresa na máquina ferramenta

Fresamento frontal.

É um dos sistemas mais usados para desbaste de superfícies. Normalmente as fresas são de médio e grande diâmetro com dentes postiços, o que / permite o uso de pastilha sinterizada, cujas características de dureza e tenacidade permitem, hoje, a exploração de velocidade de corte e avanços por dente consideráveis.
É importante, no fresamento frontal, que a superfície possa ser usinada em uma só face, ou seja, que a fresa tenha um diâmetro superior à largura a usinar (fig. 2).

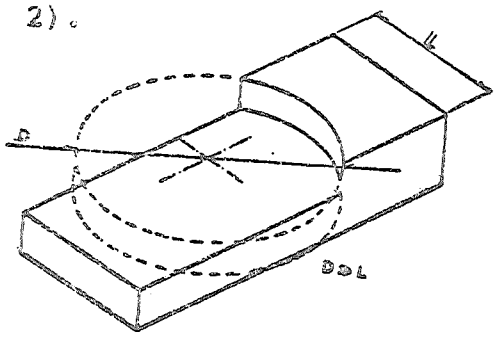


Fig. 2

Do exposto acima, verifica-se que as fresas possuem um número de dentes proporcional ao diâmetro, e, havendo necessidade de se obter um avanço por dente constante, entre uma fresa de diâmetro 200 e uma de diâmetro 100, o avanço por / giro normalmente é o mesmo, e consequentemente, a velocidade de rotação atinge valor duplo.

Por isso, o tempo necessário para se usinar uma superfície de cerca de 200 mm de largura é mais do que duplicada quando se utiliza uma fresa de 100 mm de diametro (solução A), do que com uma fresa de 200 mm (solução B).
Afirma-se que aquele tempo é mais do que duplicado porque, além de percorrer duas vezes o mesmo percurso com a mesma velocidade de avanço, é necessário tomar cuidado em função das duas superfícies, a fim de que não se apresente alguma diferença (fig. 3).
Na realidade, isto não acontece exatamente assim. De fato, as fresas pequenas (as extremamente pequenas) permitem um passe levemente inferior, e um avanço por giro levemente maior, porque as / dimensões projetadas dos orgãos, correspondentes aos esforços, são tais que, normalmente, as fresadoras suportam mais facilmente velocidades maiores, do que baixas velocidades com torque elevado.
Portanto, pode-se sugerir sempre a utilização / da menor fresa capaz de fazer a usinagem com um percurso menor.
Uma outra possibilidade é aquela representada / pela fresa de diâmetro D3, que permite o desbaste com uma só passada entrando pelo lado maior da peça.

É, porém, evidente que o percurso, desta vez, / seria ainda superior, enquanto que a fresa deveria sair completamente: admitindo que D3 seja igual a L, o curso acima atingiria um valor mínimo de LH, mas, como já visto, seria necessário usar uma velocidade de rotação muito baixa, não compatível com as condições de máximo rendimento. Por esse motivo, é extremamente importante projetar as peças deixando a máxima liberdade nas operações de máquinas, de modo que seja possível entrar de qualquer lado, sem obstáculos / que limitem tais possibilidades.

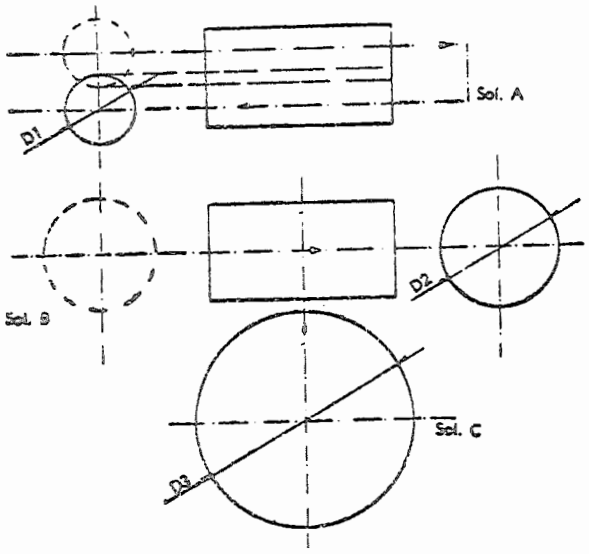


Fig. 3

Na fig. 4 é apresentada uma situação em que surge um obstáculo no curso da fresa, no sentido / de que as dimensões são tais que DI $\cong$ L e a distância do obstáculo é inferior a L/2, devendo a fresa ser movimentada transversalmente ao percurso E, a fim de usinar os dois ângulos que permaneceriam não usinados.

Uma situação melhor é obtida se a fresa atingir um diâmetro D2 bem maior que L; nesse caso, a / distância é inferior a L/2, normalmente da ordem de L/3.

Quando possível, é melhor usar uma fresa de diâmetro D3=C. Uma solução engenhosa é apresentada na fig. 4C, onde a superfície a ser usinada termina com dois cantos quebrados, o que evita que a fresa seja movimentada no sentido transversal.

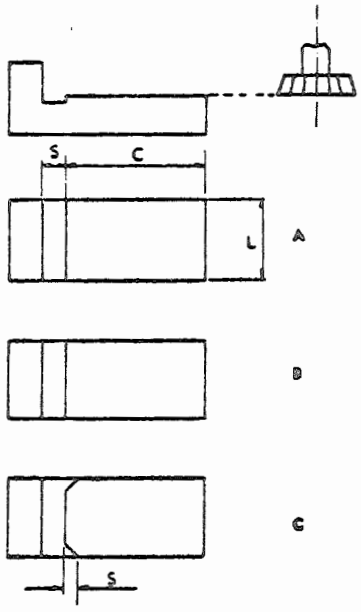


Fig. 4

Fresamento de superfícies incaixadas.

A usinagem de uma superfície rebaixada é sempre um problema, mais complexo ainda quando a superfície for completamente encaixada, como aquela da fig. 5.
Em tais casos, é necessário usinar com uma fresa de diâmetro não superior à distância S2", o que significa que o projetista deve cuidar de / quotar essa distância, a fim de permitir a entrada de uma fresa de tamanho razoável.
Uma outra solução é apresentada na fig. 6, onde é visível a eliminação de uma parede do contorno da superfície.
Essa eliminação permite claramente a entrada lateral de uma fresa que tenha um diâmetro levemente inferior à distância C", e se o projetista / tiver o cuidado de quotar R=C/2, será obtida uma solução melhor.
Uma das condições de usinagem que deve ser absolutamente evitada é aquela apresentada na fig.7A. Aparentemente, trata-se de um fresamento frontal, mas, na verdade, é bem diferente, pela demora devida à fragilidade da fresa de topo, e à dificuldade de contornar a peça.
Essa usinagem se verifica, normalmente, nas tampas de máquinas operatrizes, onde o ressalto T é necessário para evitar a saída de lubrificante.

Uma solução razoável é a de construir, separadamente, o separador de óleo, se for possível, em chapa fina ou de alumínio fundido em coquilha, e depois rebitá-lo, como se vê na fig. 7B.

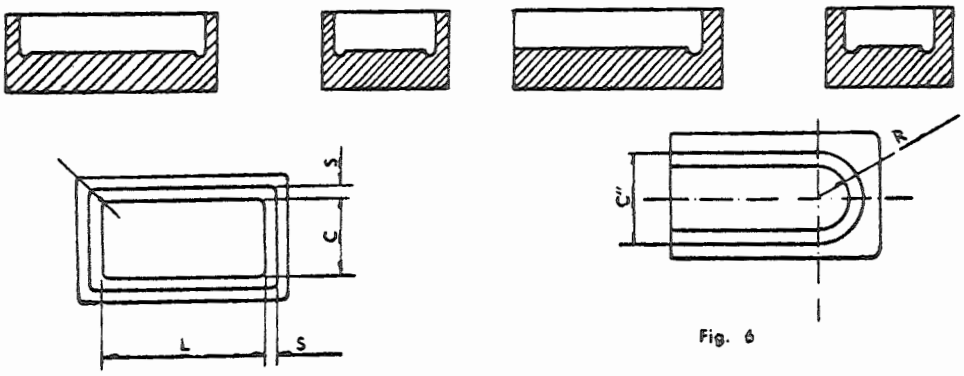


Fig. 5

Fig. 6

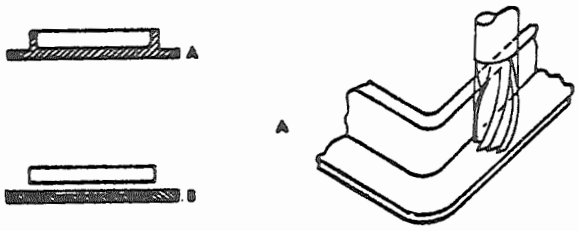


Fig. 7

Fresamento de peças de paredes finas.

Uma categoria de peças de pequena importância, e, portanto, objeto de pouca atenção, mas que constitui um problema para os operadores de máquinas, é a categoria das tampas, e, em geral, de toda a família de peças de parede fina.
Estas peças são difíceis de se fixar sobre as mesas das fresadoras, por isso, é necessário que o projetista tome cuidado ao prever as apoios, inclusive se forem postiços, ou seja, tal que possam / ser eliminados em sucessivas usinagens, e prever, também, os pontos de aperto, que normalmente não são fáceis de serem encontrados.
Um outro problema associado às peças de parede fina é representado pelas dificuldades originadas / da velocidade e dos avanços previstos pelas tabelas de uso comun.
De fato, a pouca espessura das paredes provoca, / facilmente, vibrações mesmo se forem usadas características de corte não exageradas; a consequência lógica é que estas peças se tornam muito custosas e originam gargalos nos ciclos produtivos.
É portanto, importante providenciar nervuras de / reforço, mesmo que possam parecer desnecessárias, lembrando que, às vezes, dezenas de gramas a mais são bem mais econômicas que uma usinagem a baixo avanço e pouca profundidade. O exemplo da fig. 8, esclarece bem esta filosofia.

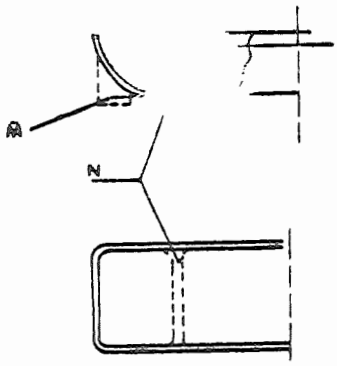


Fig. 8

Fig. 9

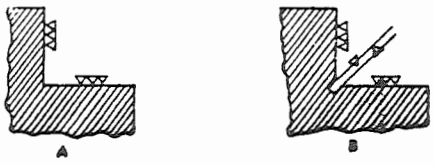


Fig. 10

Descargas entre planos a 90º

Como já foi observado nas descargas de retífica sobre cilindros, também nas operações de fresamento, as descargas, ou melhor, as formas de descarga atingem importância não desprezível.
É importante prestar atenção e definir bem qual a função da descarga, para se poder determinar a forma mais econômica.
Um primeiro exemplo é viável na fig. 9, onde A indica que o lado verical (b) tem que ser sucessivamente retificado; nesse caso, a descarga é necessária somente para evitar que o rebolo, ao usinar o mesmo lado (b), não interfira com a parede (a), e que a parede (a), após a operação de fresamento, não necessite de acabamento.

Nessas condições, a descarga pode ser efetuada pela mesma fresa de topo que desbasta e acaba a superfície (a) simplesmente deixando-a interferir com a parede (b).
É oportuno que o projetista desenhe a descarga exatamente como ela é obtida. através do uso de / uma fresa de topo de insertos triangulares e, se este tipo de cava não for previsto pela norma interna da fábrica, que ele indique claramente no desenho o modo e a ferramenta previstos para formar a cava acima.
Um segundo exemplo, visível na fig. 10, indica / que as duas paredes, (a) e (b), precisam ser acabadas por retificação; nesse caso é necessário / que a descarga fique a 45º, o que significa claramente assentar a peça sobre um dispositivo inclinado para se obter a usinagem desejada.
Sendo tal operação muito difícil, é preferível / indicar que seja executada com plaina, e não com fresa; portanto, é necessário que o projetista / indique com os sinais respectivos (um só triangulo) a operação de plaina, de modo a não deixar / dúvidas a respeito.

Fresamento de fresa cilindrica.

O faceamento, obtido através de fresa de rolo, é uma operação que possibilita a remoção de um grande volume de cavaco por unidade de tempo.
Essa possibilidade deriva da grande rigidez que se alcança com a fresa bi-apoiada, e porque, como recentes estudos demonstraram, a influência da / profundidade de usinagem com este tipo de fresas é muito pequena sobre a absorção de potência da máquina.
As dificuldades consistem nas limitações geométricas da fresa, o que significa que o projetista deve tomar cuidado, desenhando a peça de modo que / seja usinável por fresas do tipo acima.
O exemplo da fig. 11 esclarece a situação: trata-se de uma peça que deve ser aplainada na sua parte central; a dificuldade consiste no projeto das descargas (s) cuja medida é determinada pela profundidade (p) e pelo diâmetro Ø da fresa; no sentido de que quanto menor for o diâmetro e o sobremetal a ser cortado, tanto menor resultará a descarga.
Uma outra limitação afeta a própria fresa: o comprimento é uma função do diâmetro, por motivos evidentes de rigidez, como se vê na tabela 1; por isso, no desenho dessas peças, é necessário que o projetista tenha noção das limitações acima.

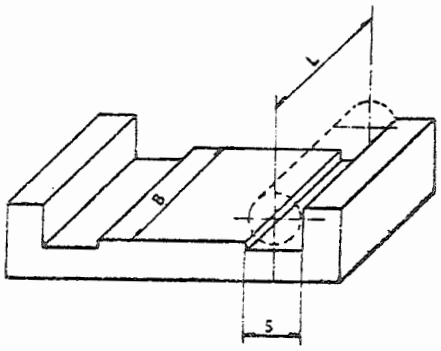


Fig. 11

ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
BIBLIOTECA
USP

Fresamento de cavas e chavetas.

Na execução de cavas de chavetas, encontram-se, às vezes, projetos como aquele apresentado na / fig. 12 A. Evidentemente, quando não for absolutamente indispensável uma orientação angular das posições das chavetas, um desenho desse tipo é / um erro grosseiro, porque obriga o operador a usar um divisor ou um dispositivo desnecessário e, por isso, a empregar muito mais tempo.
Evidentemente a solução da fig. 12 B é a mais / correta, uma vez que prevê uma só localização da peça sobre um suporte padrão, evitando problemas de erros angulares, que em alguns casos poderiam comprometer a funcionalidade da peça.

Tabela 1 — Correspondência entre a largura da superfície e o diâmetro da fresa

Largura do plano L mm	Diâmetro da fresa Ø mm
70	40
80	50
90	60
110	75
160	80
200	125
250	160

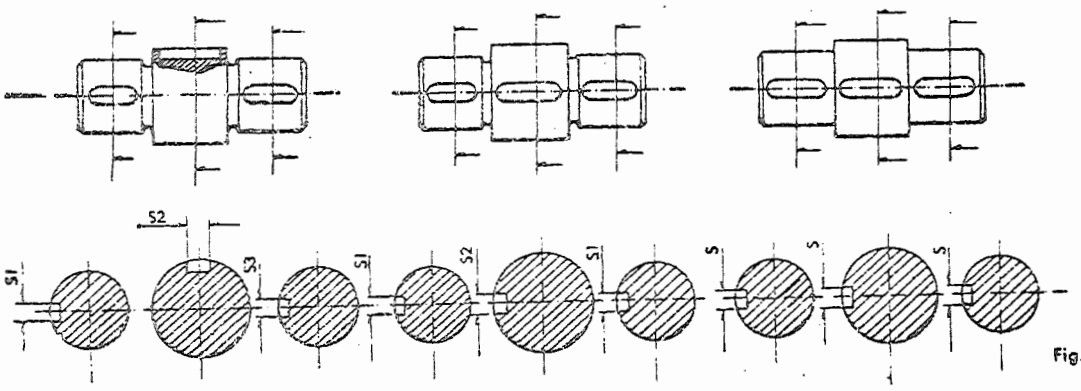


Fig. 12

Não se deve esquecer um ou aspecto possível, ou seja, uma sucessiva inspeção da peça que em caso de necessidade de precisão e intercambialidade, deve ser executada com um calibre especial, cuja fabricação provoca uma expressiva diferença de custo entre a solução A e B.
Uma sucessiva sofisticação, evidentemente nem / sempre possível, mas que leva a uma enorme redução dos custos de fabricação, é apresentado na / fig. 12 C.
Como se observa, foram unificadas as larguras das cavas, solução viável quando os diâmetros são muito diferentes.
É evidente que cabe ao projetista cuidar para que isso seja realizável, tornando possível a usinagem, sem que se necessite mudar de fresa, e cortar as três cavas com uma única operação.
Na fig. 13 são apresentadas outras situações de cavas: nas posições A e B executadas com fresas de topo; nas posições C e D executadas com fresa de disco. Evidentemente, o custo de usinagem é / decrescente de A até D; nas posições C e D o custo é devido ao comprimento do percurso e aos avanços lentos por causa da fragilidade da fresa de topo.
Nos casos B e D, existe a grande vantagem de se poder manter a fresa em posição fixa, evitando / assim posicionamentos demorados.
Sem dúvidas, porém, as situações C e D são as mais vantajosas, e representam uma considerável redução de custos.

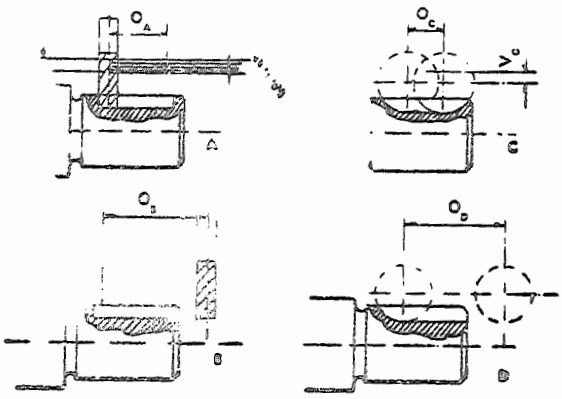


Fig. 13

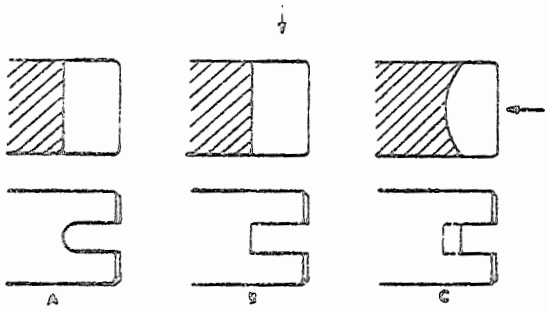


Fig 14

Às vezes, uma representação levemente diferente nos perfis, traz diferenças enormes de custo de fabricação. Na fig. 14 é apresentada uma situação que bem ilustra esse conceito. Um projetista pouco experiente, quase sempre se deixa enganar pelo perfil raiado da solução A que, do ponto de vista da resistência, parece mais racional.
Além de só bem raramente ser isso verdade, usar essa solução significa o emprego de duas ferramentas, às quais só se deve recorrer em casos / extremos: uma das ferramentas é a fresa de topo, que seria usada impropriamente, e a outra, raramente possível, seria a fresa de perfil, que sendo muito cara, seria sem dúvida fabricada com / perfil constante. Esse fato, nem sempre conhecido pelos projetistas, significa absorção de elevados níveis de energia durante o corte, o que / se traduz, em termos de tempo e custo, em um /

rendimento muito baixo: o avanço possível não atingiria a 25% de uma fresa de disco tradicional de / três cortes. Evidentemente, as soluções B e C são as mais racionais. A diferença entre B e C está no sistema de entrada da fresa: no caso B, a fresa / tem que entrar lateralmente, como mostra o sentido da seta, no caso C, a entrada é frontal.
Se a usinagem prevê o corte de uma peça por vez, é evidente que a entrada frontal, ou seja, o caso apresentando a possibilidade de se fresar várias peças com a mesma passada, é bem mais racional usar a entrada lateral e, por isso, a solução da fig. 14B. Na fig. 15 são apresentadas duas soluções de abertura de rasgos sobre parede fina, essas soluções encontram-se no caso de regulagem de posição, por / exemplo, em dispositivos de esticamento de correias ou análogos. Sempre que seja necessário usinar esses rasgos (normalmente um bom projetista de peças fundidas evita este tipo de usinagem), a solução B é, pelo acima explicado, bem mais racional do que a solução A. Uma solução ainda mais interessante, seria a execução de um furo de diâmetro maior, prevendo o uso de uma arruela de grande dimensão, como é visível na solução C.

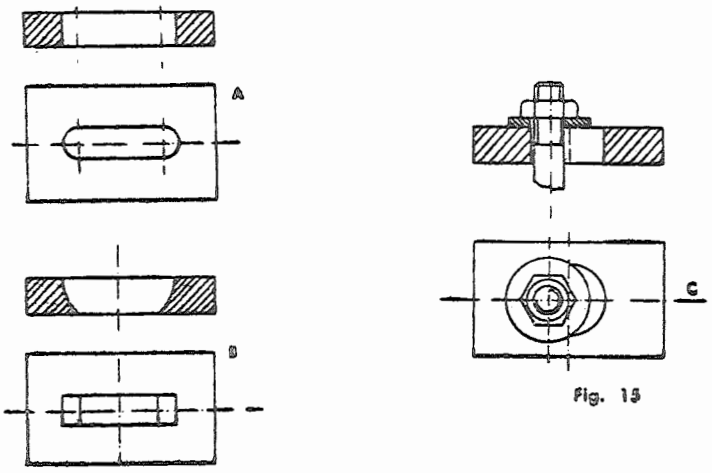


Fig. 15

Fresamento em profundidade.

A prática observada nas numerosas relaborações / sucessivas e testes de usinagem dos protótipos, especialmente nas máquinas de séries pequenas e médias, mostra uma falha de conhecimento dos projetista a respeito dos meios de usinagem, e, em particular, das ferramentas e porta-ferramentas. Sem necessitar da execução sistemática de "layouts" de usinagem, de por si complicados e demorados, o conhecimento de tabelas básicas - que deveriam ser fornecidas pelo departamento de métodos e constantemente atualizadas - poderia evitar erros nas limitações das medidas, em casos / como o apresentado na fig. 16.
A tabela 2, referente à figura 16, indica as limitações da profundidade e da largura alcançáveis com fresas e mandris padronizados. O problema derivado da não observância dessas limitações, às vezes, não é causado pelo fato de o projeto seja recusado na hora da execução dos processos de usinagem, mas sim por algo bem pior, ou seja, que se aceite passivamente o fato e se projetem mandris, distanciais e fresas especiais para realizar o que se julga fruto de pensamento responsável e não desconhecimento de usinagem.

Tabela 2 — Dimensões dos grupos: mandril — distancial — fresa comum

Largura L mm	Diâmetro min. D mm	Diâm. mand. + bucha d mm	Profun. max. P mm
18	50	30	9,5
24	90	37	26,0
28	130	42	43,5
38	175	50	62,0
60	200	62	68,5

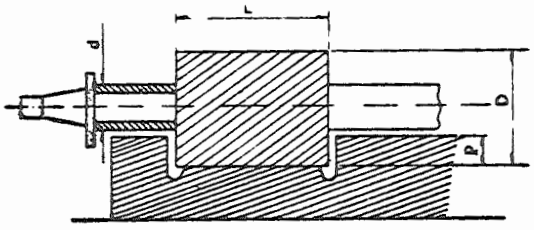


Fig. 16

PRIMEIRA PARTE

A 4

Plainamento

A operação de plainamento, apesar da máquina ter um custo bastante baixo, é de baixo rendimento.

De fato, é evidente que esse tipo de máquinas possue movimentos alternativos, ou seja, com um só curso útil, embora haja uns casos onde, com ferramentas especiais, pode-se explorar também o curso de volta.

O uso dessas máquinas é limitado a produções de pequeno porte, ou à mecânica pesada, usando-se para usinagem seriada de médio porte, máquinas de bem mais alto rendimento, tais como as fresadoras ou as brochadeiras.

Há casos, como para a usinagem de superfícies de pequena largura e de grande comprimento, onde o custo da plaina pode competir com aquele das fresadoras, e outros onde as plainas verticais podem competir, em produções seriadas de pequeno porte, com máquinas / bem mais rápidas, mas cujo custo de exercício é bastante elevado.

Plaina de mesa

Na configuração básica, essa máquina é normalmente caracterizada por uma mesa que se movimenta abaixo de uma ponte, onde estão fixadas as ferramentas.

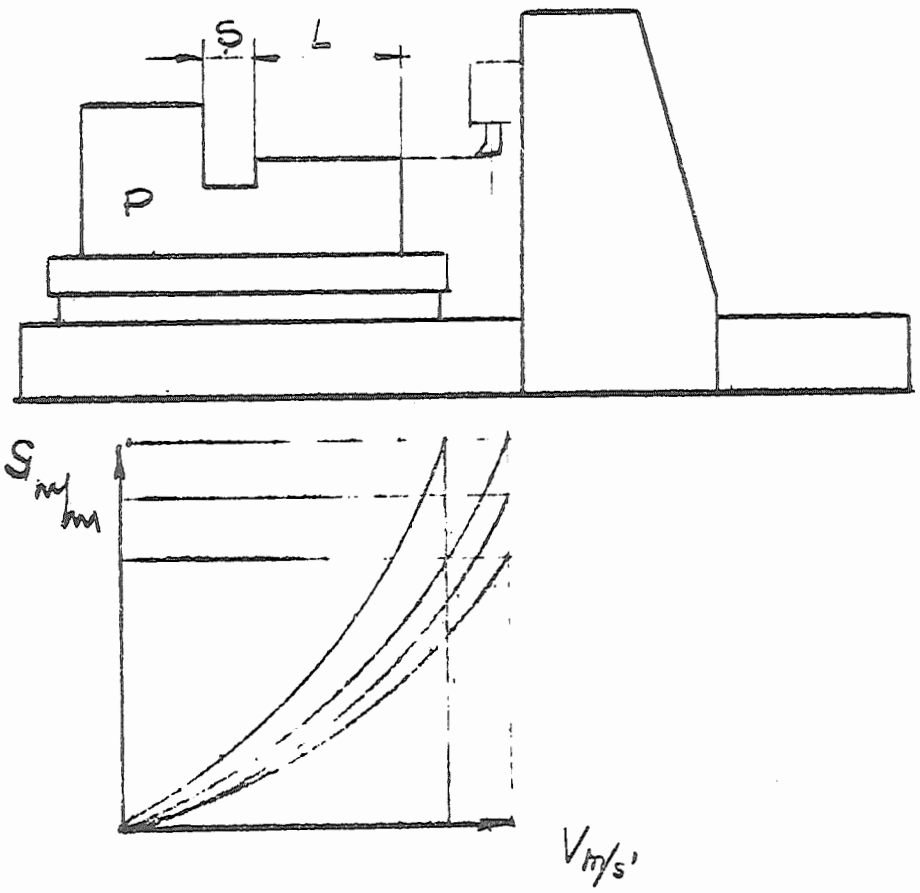
Sendo essa plaina principalmente usada para usinar peças grandes, é oportuno que o projetista conheça bem as dimensões máximas da peça usinável; além / disso, seria desejável que pudesse verificar a viabilidade do projeto junto com os técnicos de usinagem.

É oportuno notar que a peça deve ter um espaço suficiente para a saída da ferramenta. O espaço mínimo é de 50 ÷ 60 mm, e, às vezes, com máquinas e pesadas, deve alcançar até 100 ÷ 150 mm.

De fato projetar peças com saídas de ferramenta limitadas, provoca o uso de baixa velocidade de corte, para reduzir a inércia da máquina.

O exemplo da fig. 1 esclarece o conceito.

FIG 1



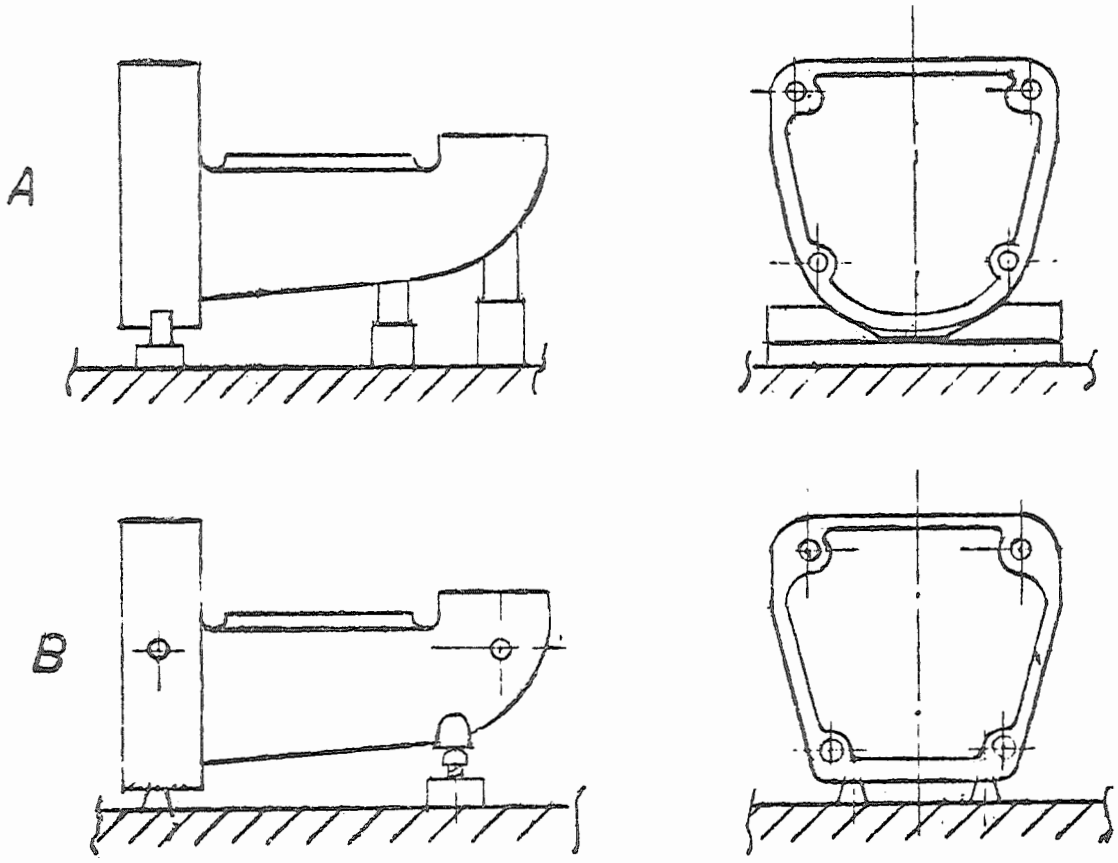
Uma das perdas de tempo, que aumenta o custo (às vezes maior daquele de usinagem) é provocada por manusear ou assentar a peça sobre a mesa.

De fato, acima de 300 kg, se não existir um sistema para amarrar a peça (furos, roscas, braços) previsto no projeto, a movimentação, principalmente para pequenos movimentos, é dificil e demorada, além de perigosa.

Outros elementos frequentemente negligenciados, são os planos de assento para peça com elementos de encosto ou apoios móveis, e para os apoios dos elementos de aperto.

A fig. 2 esclarece o caso.

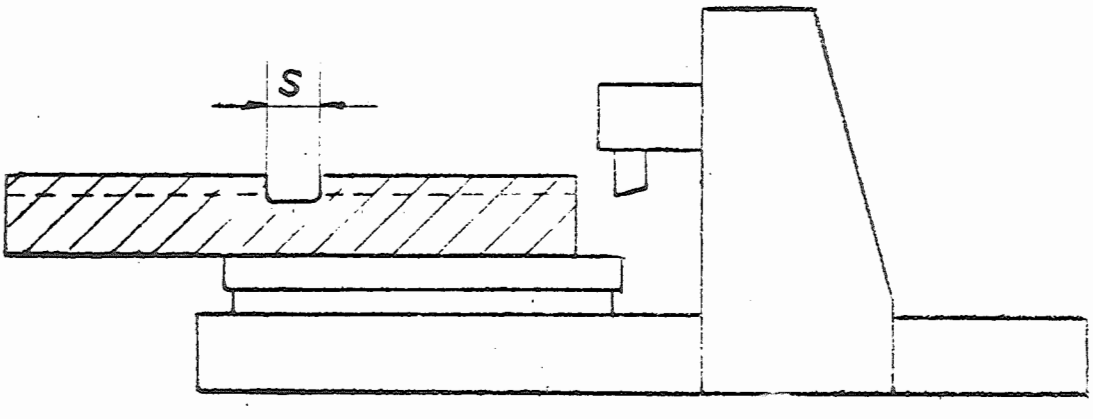
FIG. 2



A fim de computar a diferência, podemos dizer que, no caso da fig. 2, a simples abertura de quatro furos para prender a peça, reduz o tempo de movimentação da peça a 1/3 do tempo anterior, e a preparação dos elementos de apoio diminue o tempo de assentamento até 1/4 ÷ 1/5 do necessário, além de permitir um mais rígido posicionamento, e, de consequência, uma remoção horária de cavaco muito superior.

No caso de ter necessidade de usinar uma peça maior da mesa e com o mesmo plano, pode-se recorrer ao sistema apresentado na fig. 3, onde observa-se que, ao fim da primeira parte a ser usinada, é prevista a descarga 3, a qual será projetadA conforme medida compatível com quanto esclarecido acima.

FIG-3



Um dos problemas que afetam a usinagem feita com plaina, é a saída da ferramenta nas peças de ferro fundido.

De fato, sendo o material altamente quebradiço, normalmente teremos a quebra do canto de saída (ver fig. 4A).

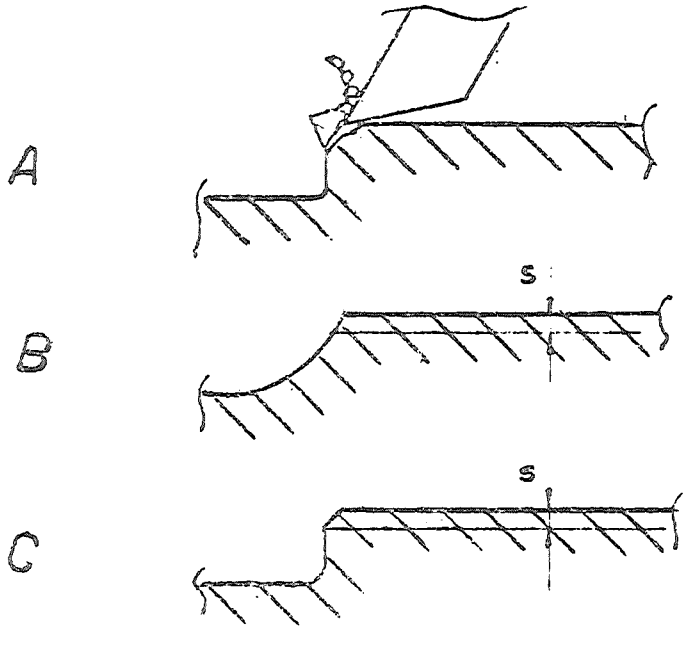
A solução de inclinar a parede vertical (veja-se sol.B) ou quebrar antes o canto (veja-se sol. C), eliminam o problema.

Uma observação que achamos útil levantar, é que as plainas, se de boa qualidade, são máquinas de precisão, não inferior a uma fresadora; e, coisa bem importante, conservam essa precisão também em condições de trabalho pesadas.

De fato, seja pela estrutura (normalmente fechada a portal) e pelas massas pesadas, que as compoem, não é dificil encontrar máquinas que conservem a precisão de 0,01 mm por cada metro de curso.

Pelo prisma acima, deriva que a plaina é indicada não / só como máquina de desbaste, mas tambem de acabamento.

FIG-4



A plaina limadora.

As plainas limadoras, seja horizontais que verticais, são máquinas de baixissima produtividade, mas aptas para produções de baixo custo, em operações pouco mais que unitárias.

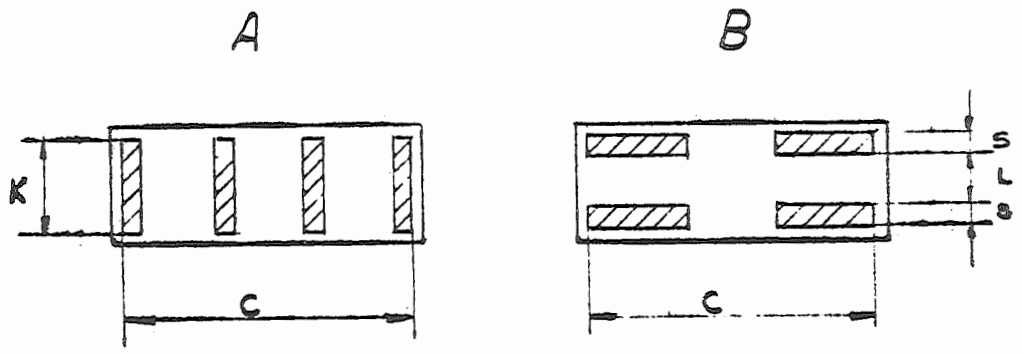
Contrariamente às plainas de mesa, o curso da ferramenta pode ser determinado por delimitações de precisão, pela constituição do cinematismo que movimenta a ferramenta e não a mesa.

Por quanto acima, é necessário prever simples / descarga, em quanto é suficiente, para a ferramenta sair, um vazio de poucos milímetros.

Como para as plainas de mesa, é oportuno que as superficies projetadas sejam previstas no sentido longitudinal, como visível na fig. 5, onde a sol. B indica um sensível melhoramento respeito à solução A, porque é bem mais rápido plainar duas superfícies / de largura S que toda a largura K.

Com frequência usa-se esse tipo de plaina para abrir rasgos de chavetas, seja internas que externas.
O único problema em caso de rasgos fechados na extremidade, é a formação de descargas à entrada e à saída da ferramenta.

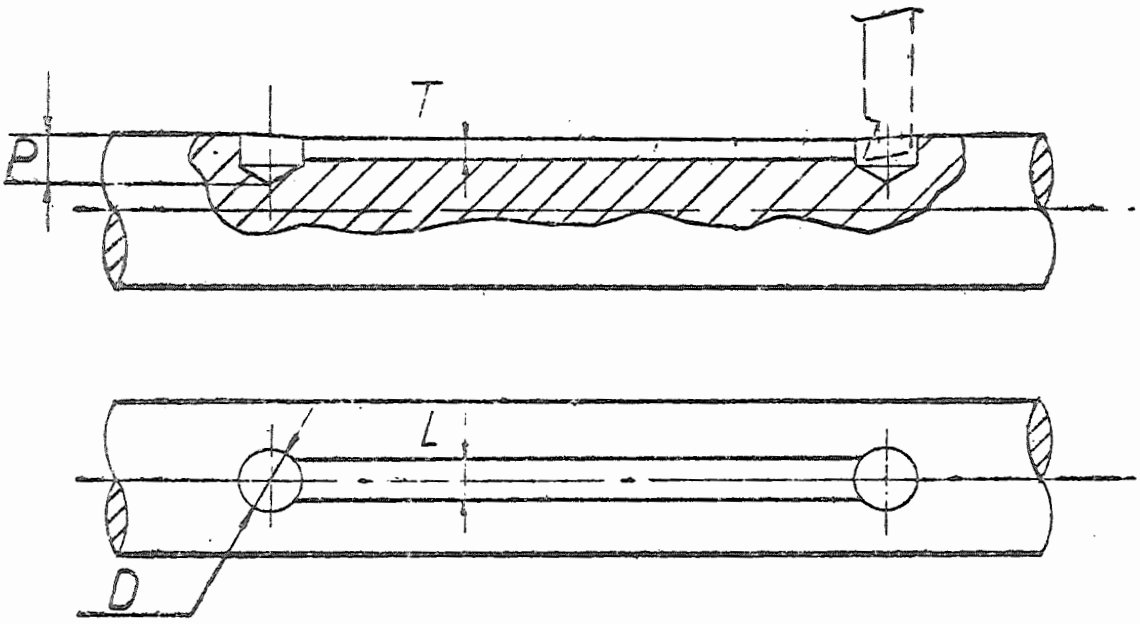
FIG-5



Na fig. é apresentado um sistema prático para resolver esse problema:

Executam-se dois furos de diâmetro D = 1,5 L, e de / profundidade P = T, assim que a ferramenta possa entrar no primeiro e sair no segundo.

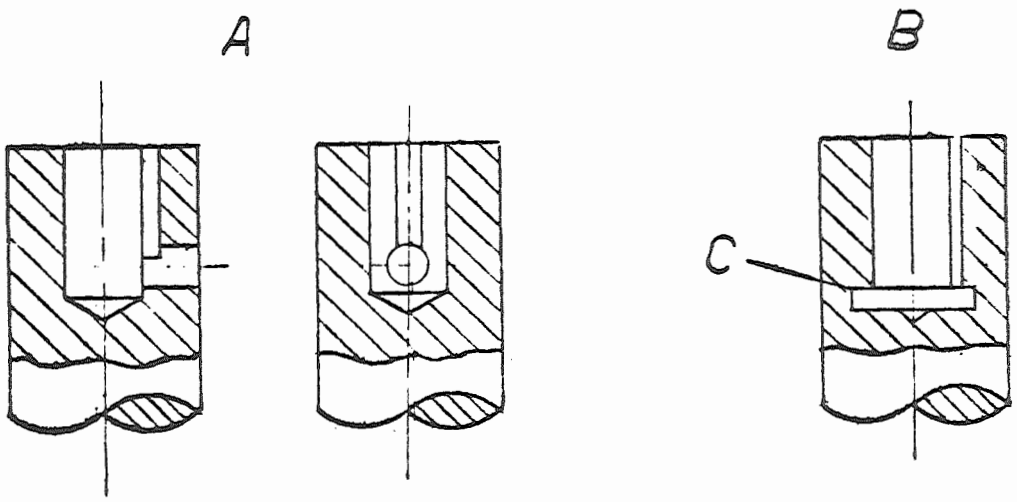
FIG-6



O mesmo processo é indicado para executar rasgos internos, onde não exista saída de ferramenta.

Na fig. 7, são visíveis duas soluções, entre as quais a solução A é a mais brilhante, seja pelo tempo de / fabricação, que pela resistência estrutural, quando a operação para abrir o diâmetro D for executada com furadeira, ou quando a eventual câmara C enfraquecer a peça.

FIG-7

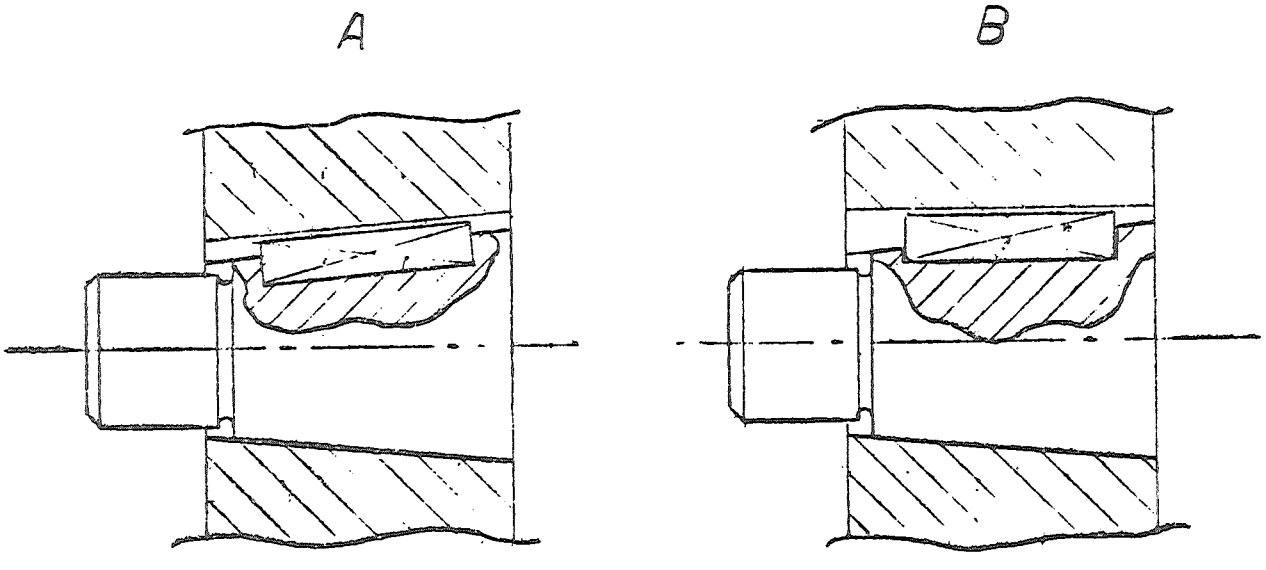


A fig. 8 apresenta duas soluções para formação de / rasgo de chaveta.

Para realizar a solução A, precisa inclinar a peça / conforme o ângulo , operação demorada e que precisa de dispositivo especial.

Não precisando de dispositivo, a solução B é de facil execução, e a usinagem do eixo se apresenta bem mais simples.

FIG 8



Outra necessidade, já levantada, é que as plainas limadoras, a fim de serem suficientemente exploradas, deveriam usar cursos o mais possível reduzidos.

Por exemplo, o caso apresentado na fig. 9 trata de / um conjunto eixo-alavanca.

Na sol. A original, o quadro precisa ser usinado seguindo todo o comprimento do cubo, e, por isso, é / preciso ter uma ferramenta comprida e fina, o que / significa usinar com uma profundidade muito leve.

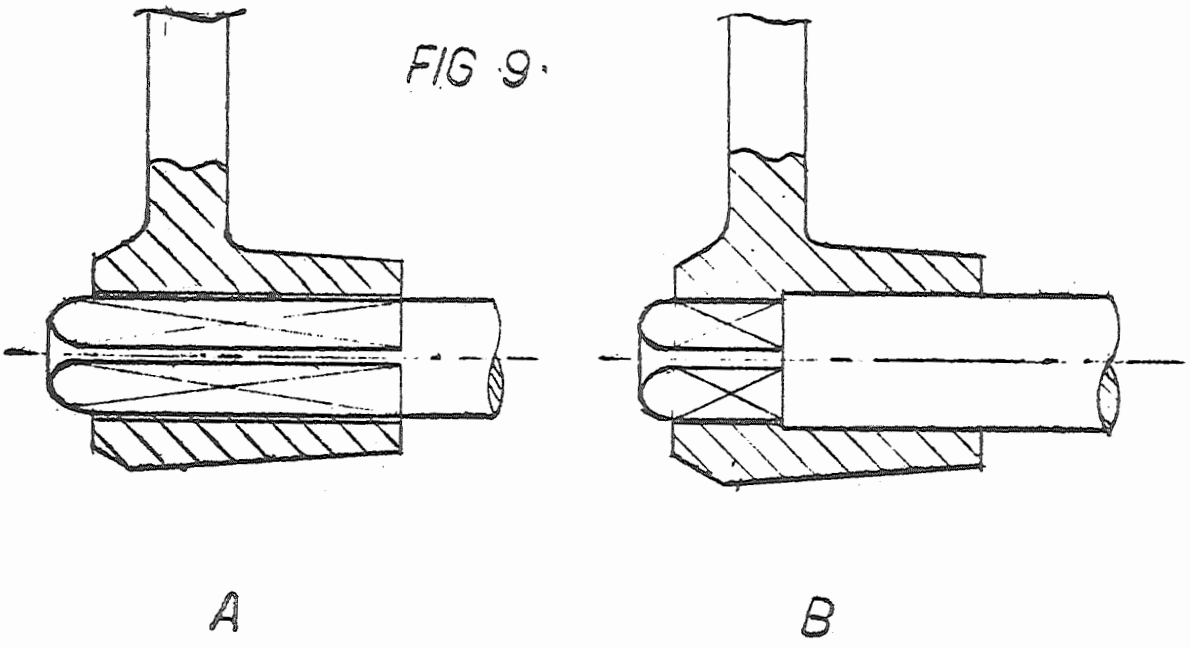
Além disso, o acoplamento quadrado tem a tarefa de / manter centrado o cubo, e por isso, a qualidade de / usinagem deverá resultar bem alta.

A solução proposta, B, diminue o curso da plaina e / permite o uso de uma ferramenta bem mais robusta, assim que a remoção de cavaco na unidade de tempo é superior.

Sempre a sol. B, permite também a centragem da peça, não sobre o quadrado, mas através do acoplamento cilindrico, de bem mais facil execução. Assim sendo, o quadrado não precisa de tolerâncias apertadas.

Por consequência, comoé intuível, a usinagem do eixo, também, resultará mais rápida.

O desenvolvimento da sol. B. pode parecer mais complicado, mas, na realidade, podemos considerar que o custo da sol. B não é superior da metade do custo da sol. A.



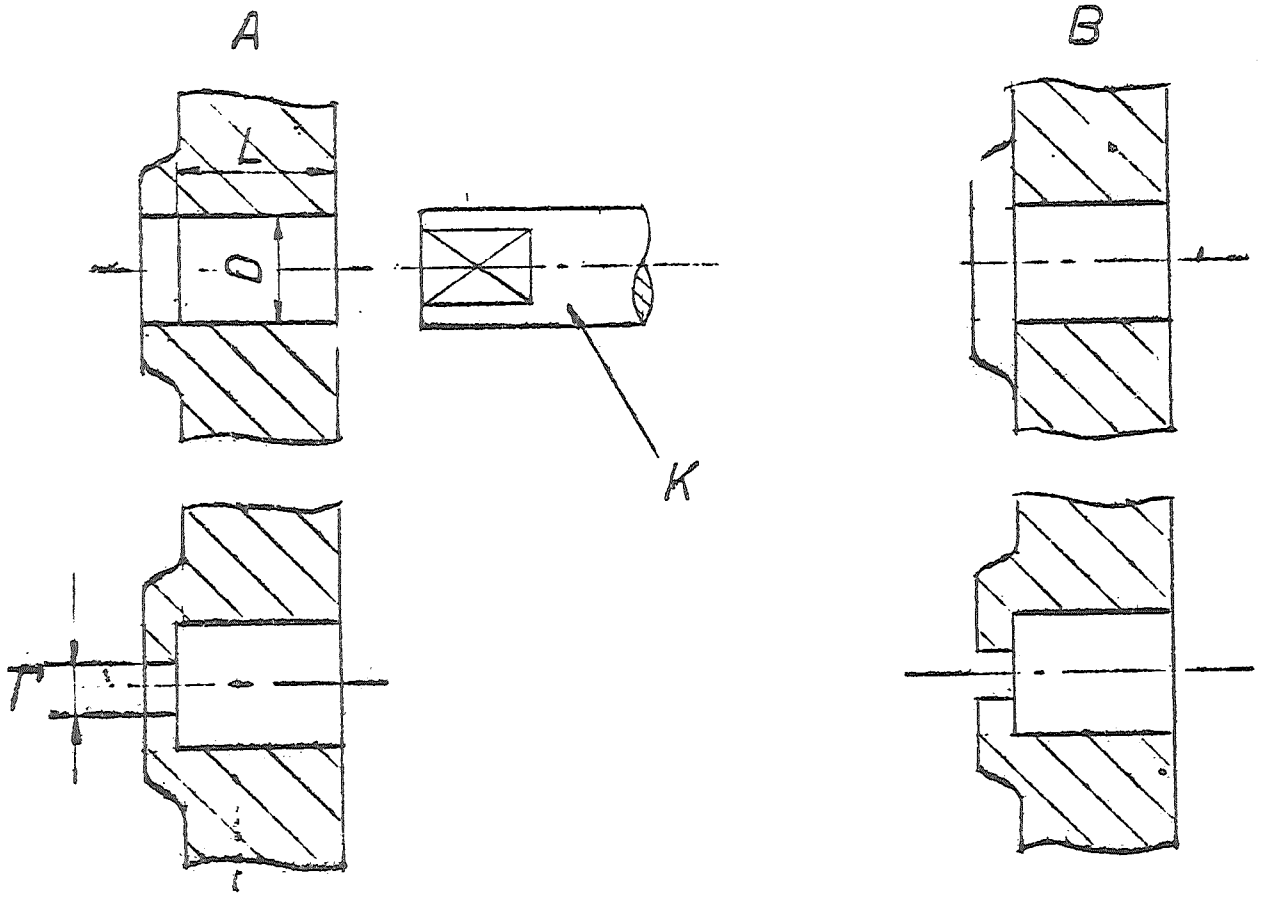
De qualquer jeto, sempre que for possível, seria bom evitar de usinar com plaina. A fim de demonstrar a / nossa adfirmação, apresentamos nas fig. 10 e 11 dois exemplos indicando como proceder para sobstituir essa usinagem.

Na solução A da fig. 10 foi pensado de usinar no torno o diâmetro D até a medida L, e depois de plainar o rasgo de largura T.

Na solução B o rasgo de largura T é obtido por uma / fresagem feita com fresa de disco F.

A diminuição de tempo e de custo é violenta, tal de permitir perfeitamente uma usinagem seriada.

FIG 10



Na fig. 11 é apresentada uma outra aplicação do principio da fig. 10, ou seja, a substituição de uma operação de plaina com uma de fresadora.

Trata-se da construção de um calibrador passa-não passa para estriado.

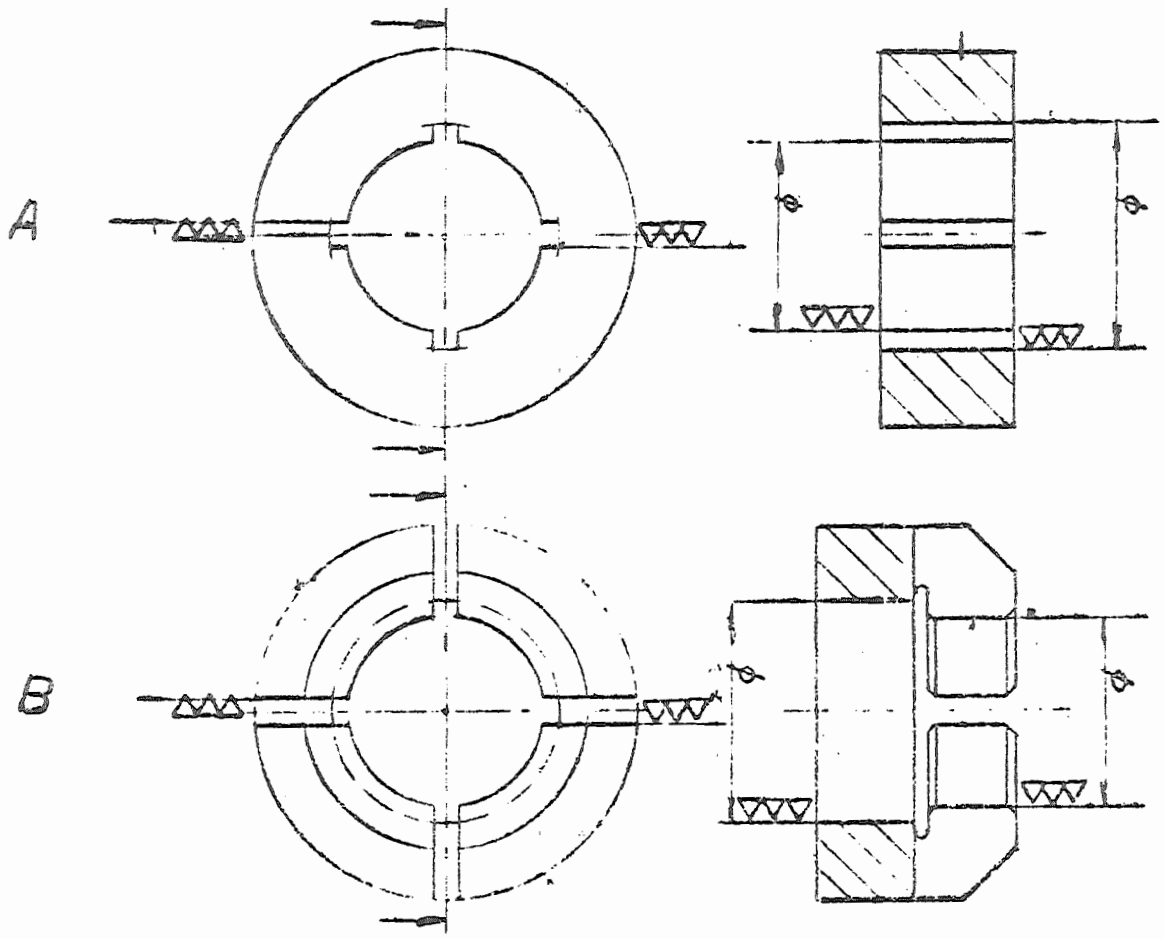
Na sol. A, é visível um sistema tradicional, cuja fabricação prevê a usinagem do furo interno, torneado, o corte dos dentes com plaina, endurecimento superficial e acabamento das superfícies dos dentes manual mediante lima diamantada, e uso constante dos meios sofisticados de inspeção.

A sol. B resolve todas as dificuldades com corte de / fresa de disco, tratamento térmico e sucessiva retífica dos planos dos dentes, que é evidentemente possível, em quanto trata-se de usinar superfícies abertas.

As únicas superfícies internas permanecem os furos de diâmetro externo e interno do estriado, facilmente retificáveis com operações tradicionais.

É interessante que o projetista observe que, superfícies usinadas por plainas verticais, apresentam, quase sempre, dificuldades de retífica após o tratamento / térmico; nesses casos, a modificação de forma é uma / necessidade tecnológica, além de ser uma necessidade econômica.

FIG 11



SEGUNDA PARTE

B

O projeto como função do processo de fundição. Definição de formas e dimensões econômicas.

O Projeto como função do processo de fundição

Os conceitos que estamos apresentando se baseam sobre os processos de fundição do ferro fundido, sendo a maioria de peças para máquinas fabricada em fo fo.
Normalmente, as fundições de fo fo são fornecedores externos ao fabricante de máquinas, mas / também no caso do fabricante possuir uma fundição propria, não existe um grande entrosamento entre a fundição e o usuário, perseguindo, os / dois, objetivos quasi sempre colidentes.
Nessa exposição trataremos do caso de fornecedor externo, assim que fiquem mais claros os conceitos introduzidos.

Acontece quasi sempre que a fundição receba pedidos de fabricação de peças, cujo destino ignora completamente; e, também, se por pratica conhece a função, é dificil que tenha conhecimento das verdadeiras exigências que a peça deve / ter respeito ao conjunto.
Além disso, passando quasi sempre o bruto produzido para um processo sucessivo de usinagem, resultam de vital importância pela economia do / produto, as eventuais deformações, os tipos de estrutura, que devem ser indicadas e bem esclarecidas pelo fabricante aos homens de fundição.

Para esclarecer, apresentamos um caso muito simples (Veja fig. 1).

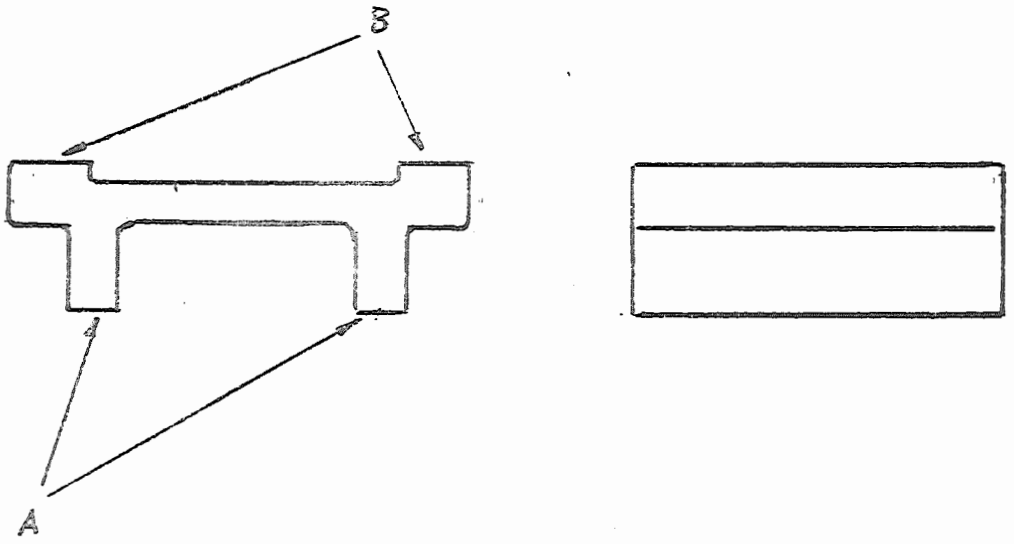


Fig 1

O fundidor, não estando bem informado do uso da peça, pode imaginar que as abas B servam de guia, e que as abas A servam só de apoios; logicamente escolhe de fundir a peça na posição com as abas B em baixo, para obter a máxima pressão metalostática.

Não há problemas se a hipótesi do fundidor for / certa.

Mas, se o projetista intendeu usar as abas A como guias, no caso, por exemplo, de peça destinada a formar o alojamento de um carro para máquina operatriz, o fabricante receberá uma peça com sovrametais talvez absurdos, que deverá remover, a estrutura da parte importante, ou seja a guia, poderá resultar cheia de imperfeções, o macho posicionado com pouco cuidado, produzirá deformações, e, assim sendo, a peça aumentará o proprio custo total, muito mais do previsto.

Conforme quanto acima, seria preferível que entre os técnicos da Engenharia de Produto, existesse pessoal especializado que possa assistir o projetista na realização de formas propria à fundição, ou melhor ainda, definir, através de reuniões continuas com o pessoal de fundição, / essas formas, sovrametais, ect.

De fato, é absurdo pretender que um desenhista tenha a competência necessária para executar essa tarefa sozinho, sendo a técnica de fundição muito complexa, dificil e pouco difundida, também nos ambientes específicos, o que significa que, quando é preciso exigir características / com ausência de porosidade, tolerâncias muito apertadas ect., às vezes, a competência, também comprovada, do projetista não é suficiente para conseguir a solução procurada.

Por quanto acima, nessa exposição, achamos necessário dar algumas noções básicas sobre a fundição, assim que o projetista possa orientar-se / entre as dificuldades que surgirão no momento / que iniciará a criação de uma peça, destinada a ser fundida.

A escolha do material.

A primeira decisão, antes de iniciar o ante-projeto, será aquela de determinar o material a ser escolhido. Os materiais básicos de fundição são os seguintes:

Ligas de fo fo cinzento
" " " " " maleável
" " " " " nodular
" " " " " esferoidal
" " " " " meheanite
" " " " " especiais.

É noto que as diferências entre os materiais acima, depedem da quantidade de carbonio total / presente no ferro, do estado de conformação da parte livre e do tipo de composto da parte ligada.
A quantidade total do carbonio varia entre o 2,5 e o 4,5%.
As características mecânicas variam principalmente em função da variação do carbonio ligado (CL), conforme a tabela abaixo:

	Fo Fo Branco	Fo Fo Cinzento	Fo Fo Maleável
Grão	Fina	Media	Grosseira
Resistência	Máxima	Media	Baixa
Fragilidade	Máxima	Media	Mínima
Usinabilidade	-	Boa - Ótima	Ótima

Evidencia-se que a deficiência de resistência do Fo Fo cinzento, édevido à conformação do carbonio livre (grafite), que em forma de láminas tridimensionais, provocam na massa do metal um início de roptura.
Evidentemente procurando atribuir à grafite uma / forma mais compacta, se elimina o perigo de início de fratura, aumentando notevolmente as características de resistência, diminuindo de pouco a usinabilidade.
O ferro fundido nodular consegue alcançar esse / fim, en quanto a grafite é presente em forma de / nodulo, tipo borrão de tinta.
Nos ferros fundidos esferoidais, a grafite se / apresenta, aproximatamente, em forma de pequenas esferas, garantendo a máxima resistência.
Evidentemente essas formas consiguem-se através / da inoculação de elementos globulizantes.
Em todos os tipos de Fo Fo, a composição básica, de Fe e C, inclue, também, os componentes que são necessários para conferir as características desejadas, como a globulização da grafite, o aumento da fluididade ou variações de resistência, ect.
Estes elementos influem notevolmente na variação da temperatura, do punto de fusão, e, às vezes, / são usados como corretivos na liga base.
A velocidade de resfriamento (Vr) influencia, também, a relação entre a porcentagem de carbonio / combinado e a grafite.
Evidentemente, sendo a Vr uma função da espessura do molde, da natureza do sistema de formação, da temperatura de desmoldagem, ect., é muito importante que o projetista de fundidos conheça bem o que está desenhando.

Para que melhor seja a informação, observa-se o gráfico da fig. 2, onde é visível a variação de resistência à flexão, e da porcentagem de grafite, que resulta por uma mesma liga com 3,40% de carbonio, devida à variação de espessura.

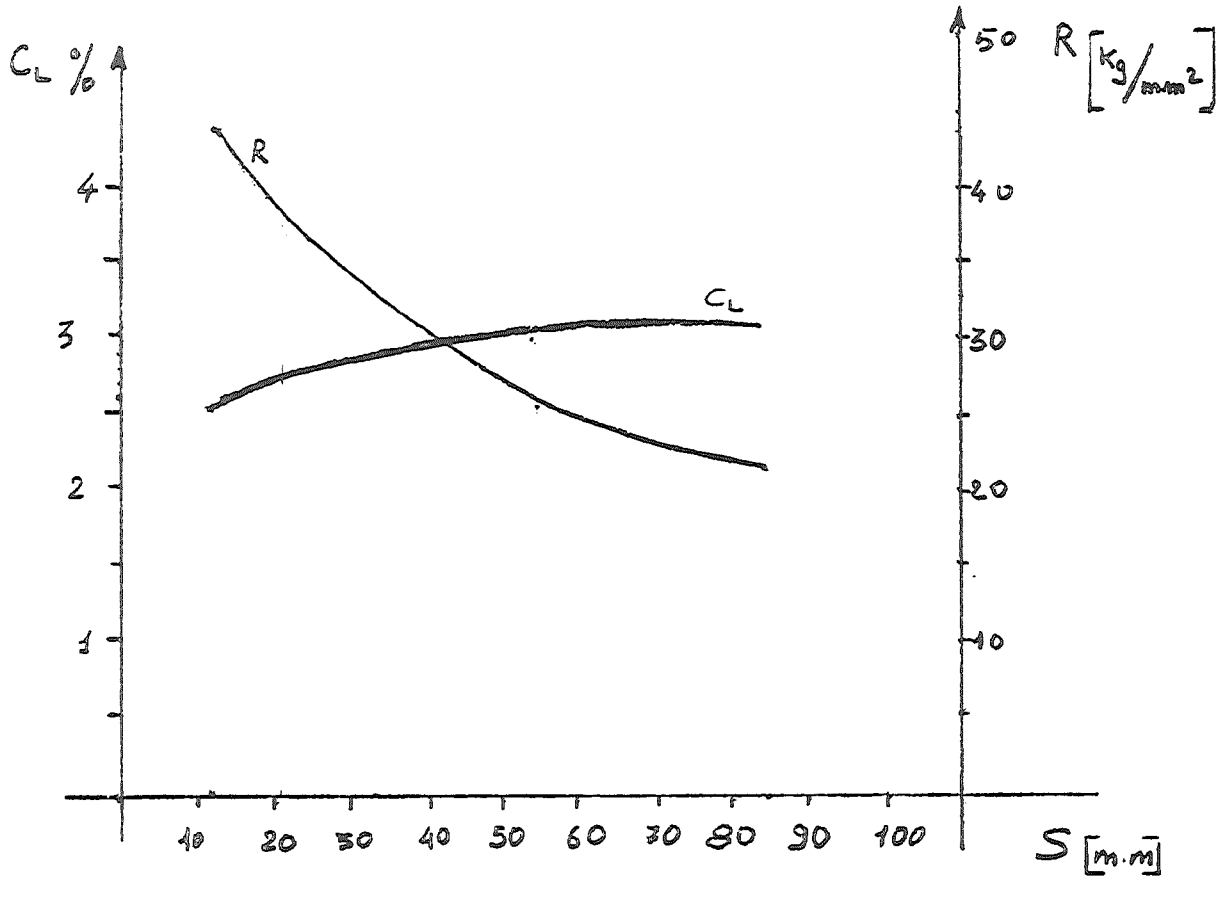
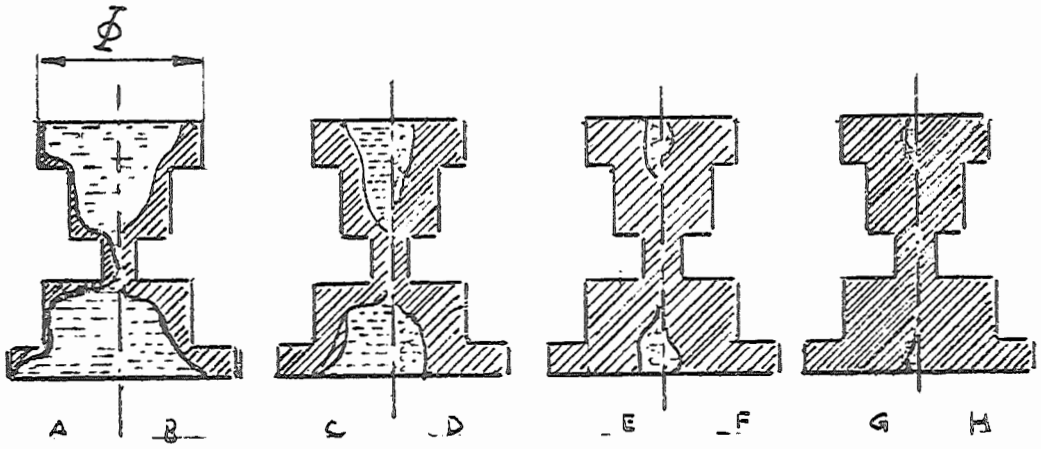


fig 2

A contração.

Todas as ligas metálicas durante a passagem do estadi líquido ao sólido, são afetadas pela contração, que geralmente não é costante, e que varia evidentemente conforme a formação dos vários retículos cristalinos, e a preparação molecolar dos componentes da liga.
Evidentemente a causa da variação da velocidade de resfriamento existirá para peças de espessura não constante, de diferentes contrações e / consequentes estados de tensão.
Na fig. 3 são apresentados os estajos de resfriamento de uma peça não uniforme, que explica claramente o fenomeno da solidificação.



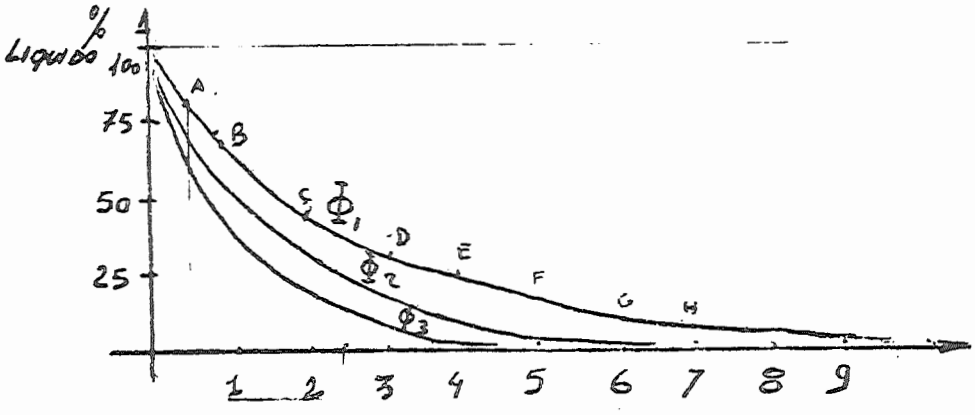


fig 3

Essas contrações evidentemente provocam estados de tensões internas, o que deforma o produto. O exemplo da fig. 4 monstra como é afetado um / produto com seção assimétrica.

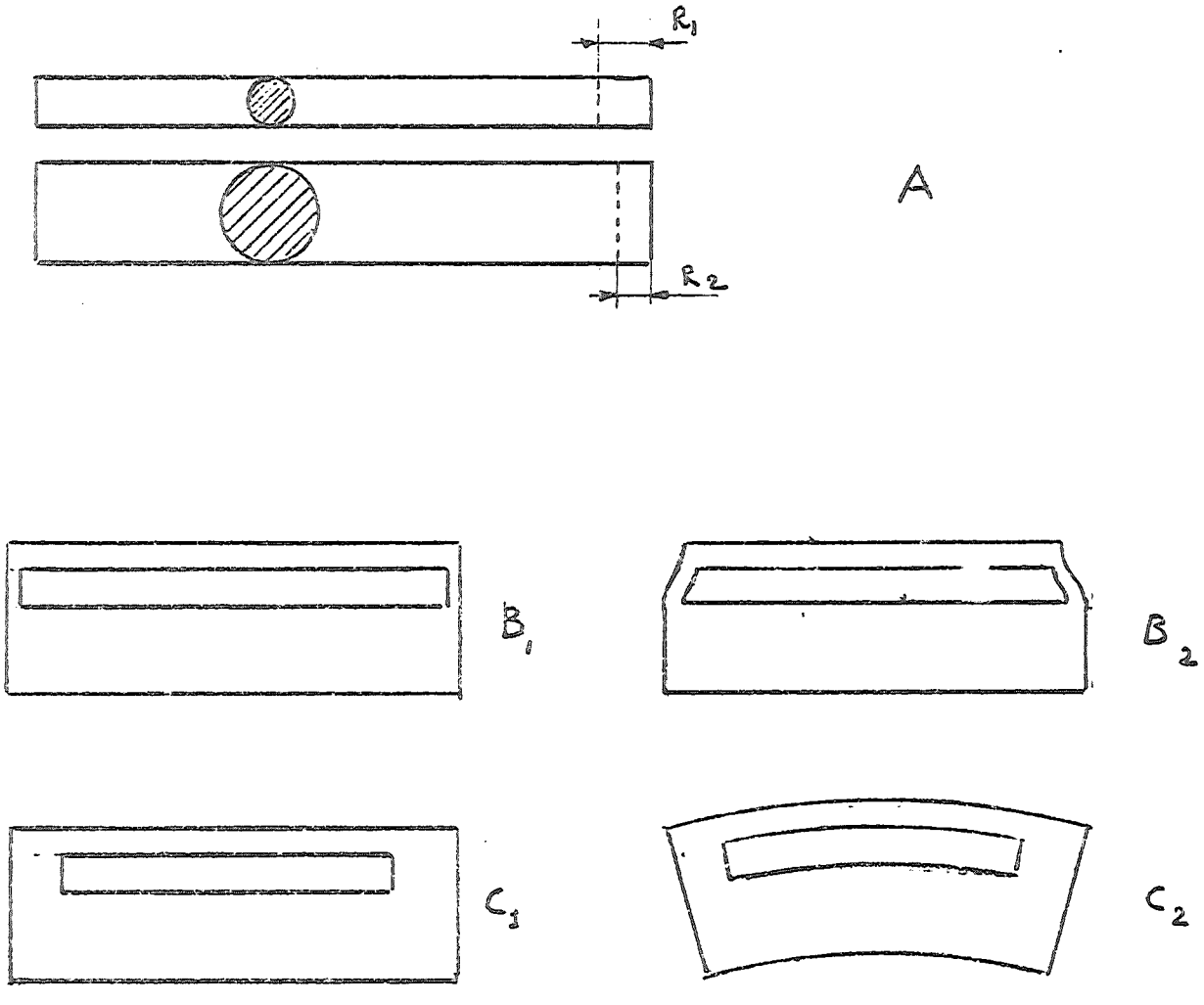


Fig 4

Na fig. A são visíveis duas peças cilindricas, cyuja contração é logicamente diferente e bem maior para a peça de diâmetro menor (R1 R2). Na fig. B pode-se observar que a parte superior da peça, retirando-se maiormente daquela inferior, provoca distorsões nas abas laterais. Na fig. C vê-se que, sendo as abas mais rígidas, se forma uma distorsão bem diferente do previsto. De fato, a parte superior, mais fina, resfria se antes, mas não pode completar a propria contração, sendo no interno ainda líquida, pelo impedimento da parte inferior que ainda não retirou, assim, se solidifica sob tensão numa forma sem contração. Pelo fato acima, quando a parte inferiro contrae-se, toda a peça se conforma como é visível na fig. 4C2

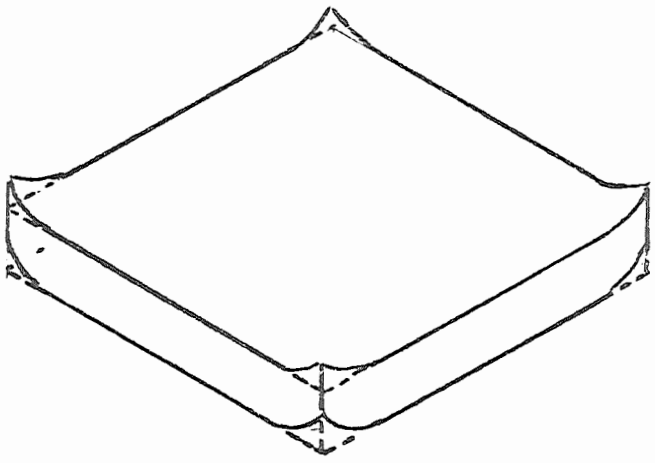


fig 5

Tensões residuas.

No bruto da fig. 4C2 as tensões podem chegar, às vezes, a provocar trincas internas na peça.
Essas trincas ou ropturas podem não aparecer imediatamente após o resfriamento, mas, sem dúvidas, poderão provocar tensões e deformações e, às vezes, ropturas durante o uso.

Podem existir tensões sem deformações ou ropturas e quando a peça entra em usinagem, a remoção do sovrametal, eliminando uma parte tensa, quebrará o equilibrio das tensões, produzindo deformações na peça.

Pode-se, então, concluir que, sempre durante o / resfriamento, criam-se tensões, também se o sólido for uniforme, como por exemplo no caso de uma tampa cilindrica.
A entidade dessas tensões é uma função de uma potência, superior a 1, da espessura considerata / variável dependente, e da variação da mesma, e / da forma geométrica da peça.

É interessante observar a distorsão da placa quadrada, que parece de forma regular, de fato, durante o resfriamento, se apresenta como na fig.5 en quanto as partes dos angulos serão solicitadas por tensões diferentes, na direção do lado e da diagonal.

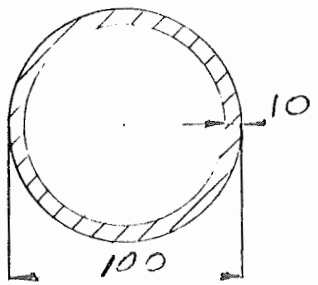
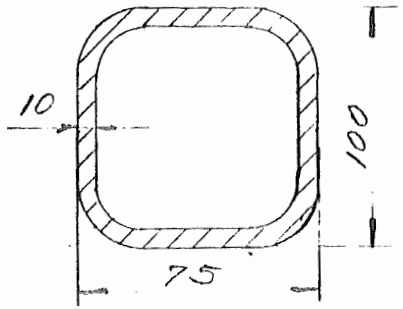
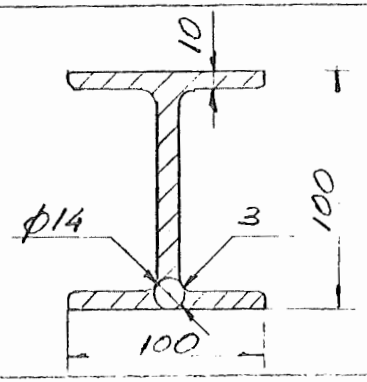
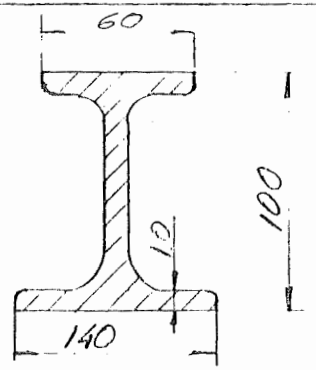
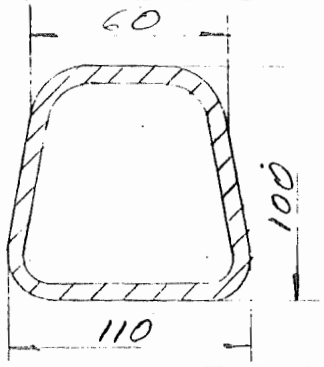
As características mecânicas do Fo Fo.

É conhecimento geral que o Fo Fo responde às / solicitações mecânicas muito diferentemente do aço. Além de ter uma ótima resistência à compressão, o Fo Fo (especialmente o cinzento) apresenta uma baixa resistência às solicitações de tração, flexão e torção, e uma fragilidade elevada.

Não é esta a sede para iniciar teoria de cálculo, em quanto se presupoẽ que o leitor conheça a técnica relativa; prefere-se salientar que as formas geométricas a ser projetadas, além de responder a essas exigências, deverão respeitar as necessidades de baixo peso e de uniformidade das espessuras.

Exemplifica-se o conceito acima através do caso / de três vigas de seção diferente, mas com o mesmo peso por metro linear, ou seja, da mesma quantidade de Fo Fo, visíveis na fig. 6.

A forma característica da viga a ser escolhida, se fosse fabricada em aço, seria sem dúvida o tipo C; mas se, de um lado, consegue atingir a máxima resistência à flexão, doutro não apresenta quasi alguma resistência à torção pelas solicitações elevadas / às extremidades das abas, além disso, provoca, na junção das abas com o corpo central, um aumento de seção, o que significa possibilidade de criar trincas ou estados tensionais.

	A	B	C	D	E
					
Mf MAX [kg cm]	54	67	90		
MT MAX [kg cm]	116	113	10		

82

FIG. 6

O tipo A, que, pelo contrario, apresenta uma / geometria altamente resistente à torção, consegue uma resistência à flexão não muito elevada.

A conformação B, evidentemente representa um / compromisso entre as duas, atingindo uma boa / resistência em ambos os casos.

Tratando-se de pura flexão, nem o caso da fig. C é o ideal, que é representado pela fig. D, a qual respeita a característica da diferente solicitação entre tração e compressão do Fo Fo. Similmente, se a flexão for tanto importante / quanto a torção, a fig. geométrica mais apta é a fig. E, que é dissimétrica e tende a formar uma seção circular.
Nota-se que essas seções apresentam uma relação entre as áreas tensas e comprimidas, de 50 a / 18, ou seja, o inverso da lateração entre as / características de resistência, tração e compressão do Fo Fo.

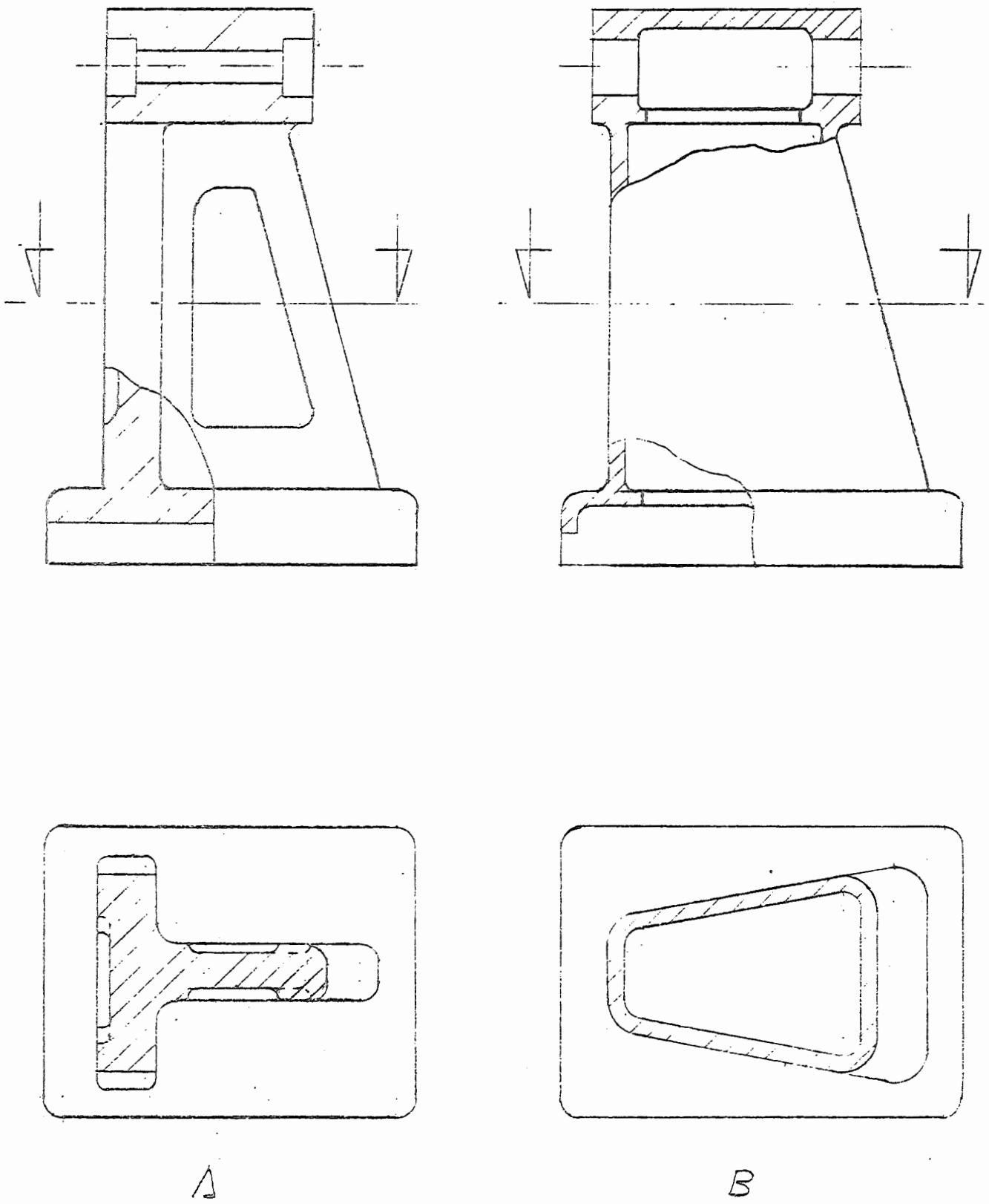


FIG 7

Procuramos fixar a atenção com um exemplo prático:
Na reelaboração de uma máquina equilibradora, observamos que os suportes do mandril tinham uma confirmação como aquela da fig. 7A.
Sendo evidentemente solicitados por forças de flexão e torção, a estrutura apresentava um super dimensionamento nas abas, assim que o peso resultava de acerca 70 kg.
A estrutura, projetada na fig. 7B, além de resultar bem mais resistente às solicitações, rebaixou o peso de 70 para kg 28, reduziu o custo dos machos, e eliminou as formações de bolas / de ar, trincas e tensões que afetavam a precedente fusão, rebaixando, também, a necessidade de um cuidadoso e custoso recosimento.
As vantagens econômicas foram tais, que o custo total passou, no 1972, de 15,70 $ EUA para / 5,23 $ EUA.

Outros exemplos de reelaboração são visíveis / nas fig. 8 - 9 - 10.

Na 8A é visível um fundo de cilindro que, aparentemente, é rinforçado pela nervura "n".
Adfirmamos que, os pontos da nervura, sendo os mais solicitados pela tração, representam os / pontos de quebra.
A modificação, apresentada pela solução B, além de não necessitar de nervuras, facilita a construção do modelo.

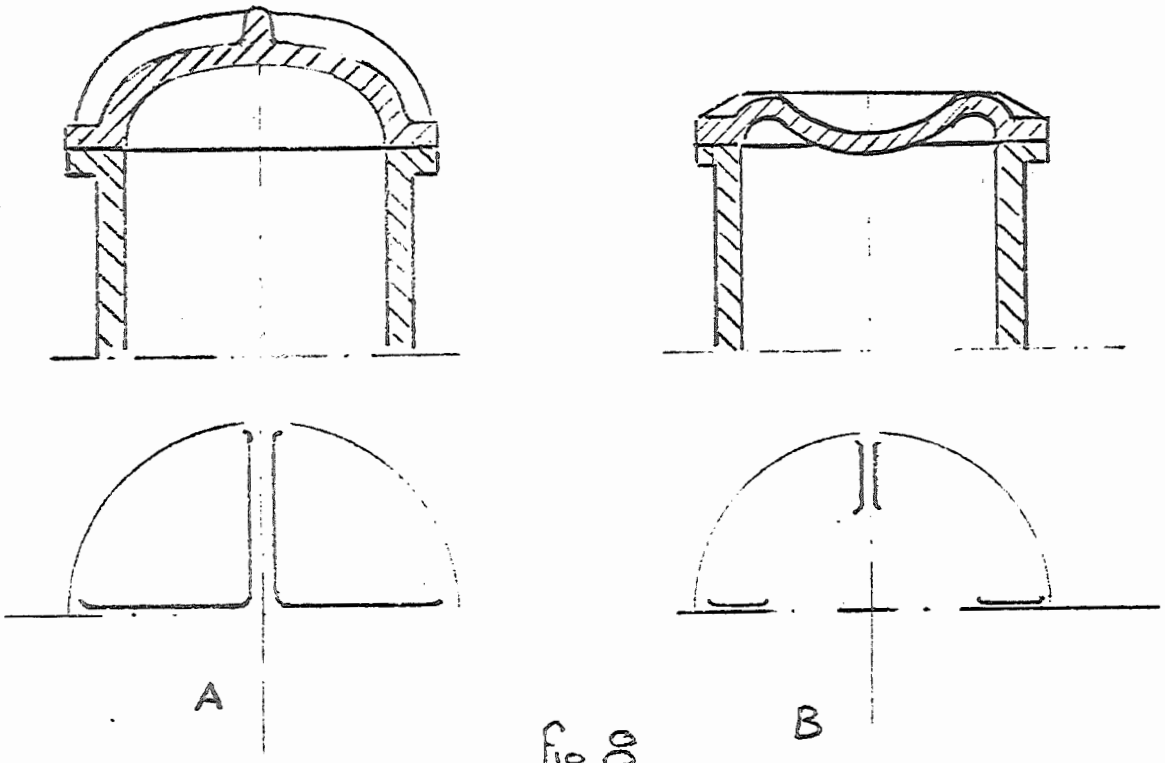


fig 8

Na fig. 9A é visível um pilar, cujas abas são solicitadas pelos esforços de flexão, tanto de necessitar de nervuras de reforço. A solução B elimina essas necessidades, e, como na solução 8B, facilita a construção do modelo e diminue o peso total.

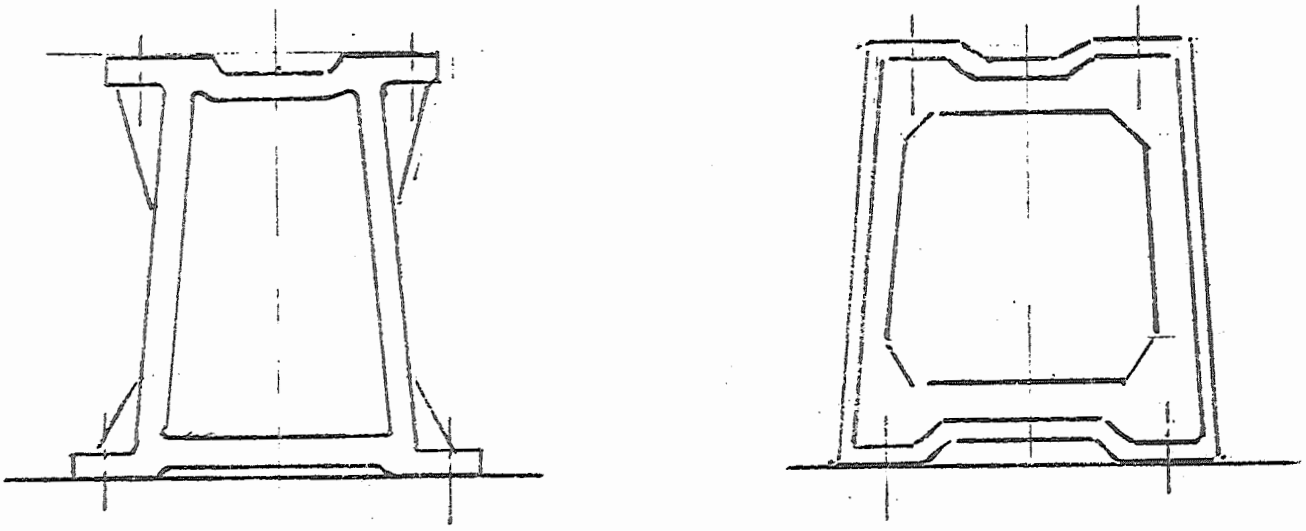


fig 9

Na fig. 10, é visível o corte de um braço de uma furadeira radial.
A solução 10B, evidentemente, representa uma / racionalização de peso e de modelos, além de atingir uma rigidez bem superior.

fig 10

Um aspecto, que desejamos evidenciar, refere-se às partes nervuradas, que muitos projetistas usam indiscriminatamente, de fato, é representado pelas variações das características de resistência à flexão e aos impactos.
No confronto entre uma parede nervurada e uma e uma plana maciça do mesmo peso; a primeira / atinge uma resistência à flexão quasi dupla, a segunda resiste aos choques com uma característica quasi de três vezes superior.

Uniformidade das espessuras.

De quanto observado precedentemente, resulta / importante que sejam eliminadas as variações / de espessura.
Lembramos que, uma variação de espessura significa, também, variação de volume, o que é sede de tenções residuas, distorções e malformações.
Um dos metodos mais prático, usado pelos técnicos de fundição, e que aconselhamos também aos projetistas, é aquele dos circulos inscritos / nas espessuras mínimas e máximas do projeto mesmo. Esse método basea-se sobre as relações entre os quadrados dos diâmetros, que idealmente deveria atingir o valor unitário, mas que pode ser aceitável quando varia entre 1 e 2.

Analizamos, segundo esse prisma, a fig. 11A: a relação atinge os valores

$$\tau_{A1} = \frac{42^2}{16^2} = 6,89$$

$$\tau_{A2} = \frac{45^2}{16^2} = 7,91$$

Para a fig. 11B:

$$B1 = \frac{21^2}{16^2} = 1,72$$

Para a fig. 11C:

$$\tau_{C1} = \frac{20^2}{16^2} = 1,56$$

Evidentemente a solução C é a melhor entre as três, apesar que, também a solução B seja aceitável.

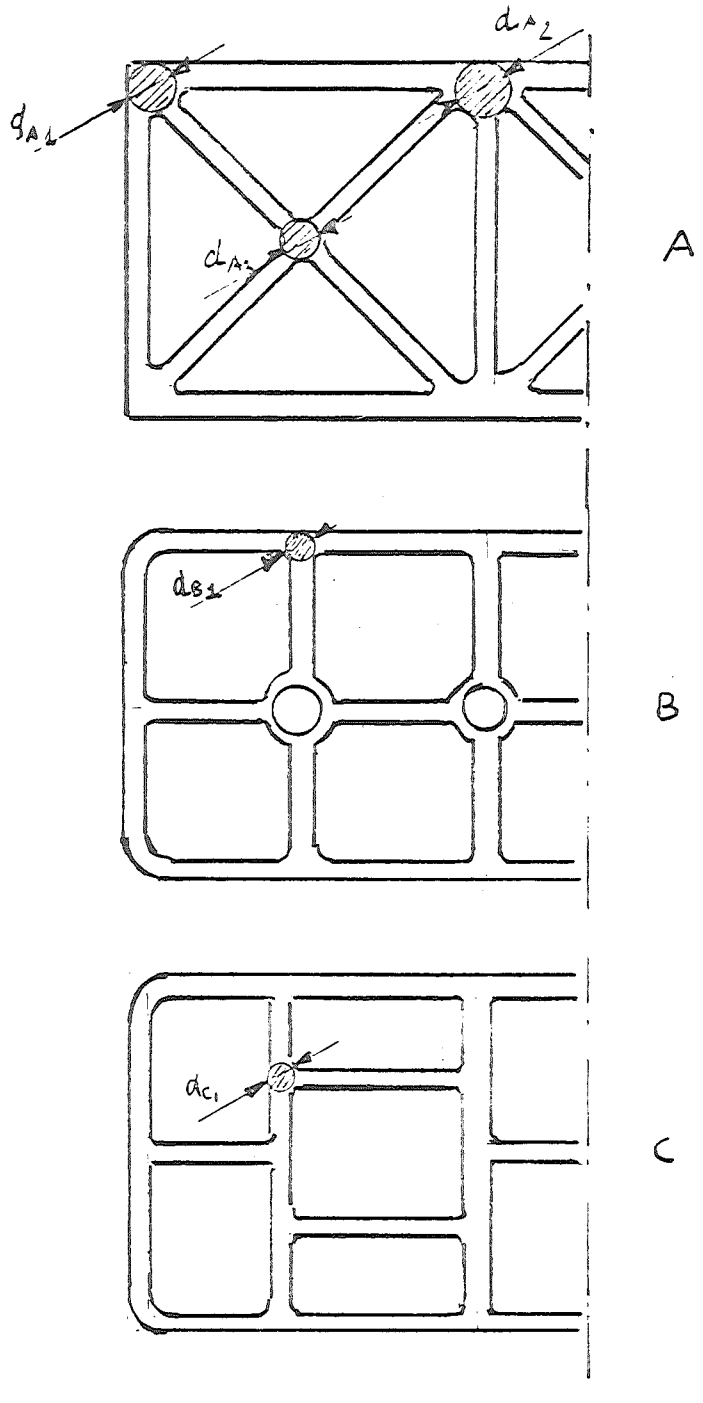


fig 11

Observamos, porém, que a solução C é sem dúvida aquela que apresentará as maiores tensões internas, devidas às interupções das nervuras no sentido longitudinal.

Um outro exemplo é visível na fig. 12, onde o / produto A foi reelaborado na solução B, mais leve, com tensões inferiores e bem mais econômica.

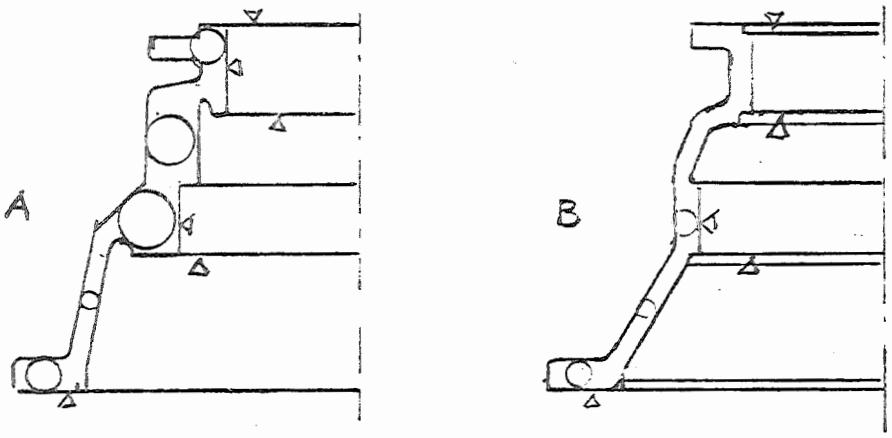


Fig 12

Os exemplos da fig. 13 são por si só explicativos.

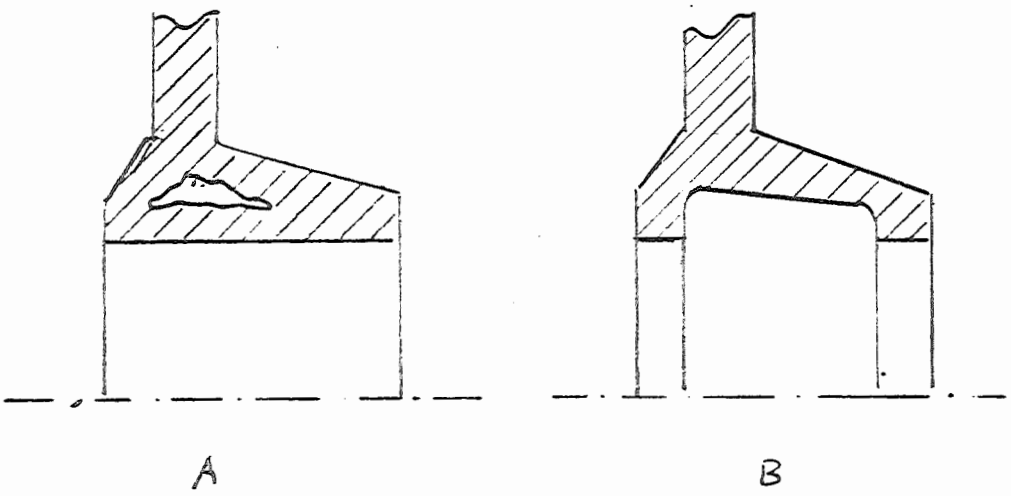


Fig 13

Observa-se que as variações de seção são muito perigosas, quando repentinas. De fato deve-se considerar que o fluxo do metal líquido, que / mantem um peso específico quase igual ao do sólido, no choque com um ângulo, quase sempre remove uma parte da tara de fundição, arrastando-a em lugares onde a impuridade não é certamente desejável. (Ver fig. 14)

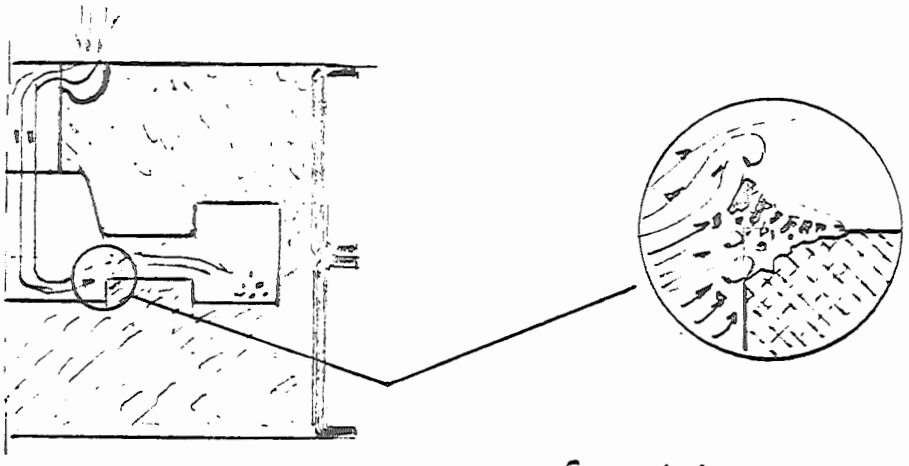


Fig 14

Desta forma, é importante que essas variações sejam o mais doces possível; a casistica da / fig. 15 esclarecerá o conceito.

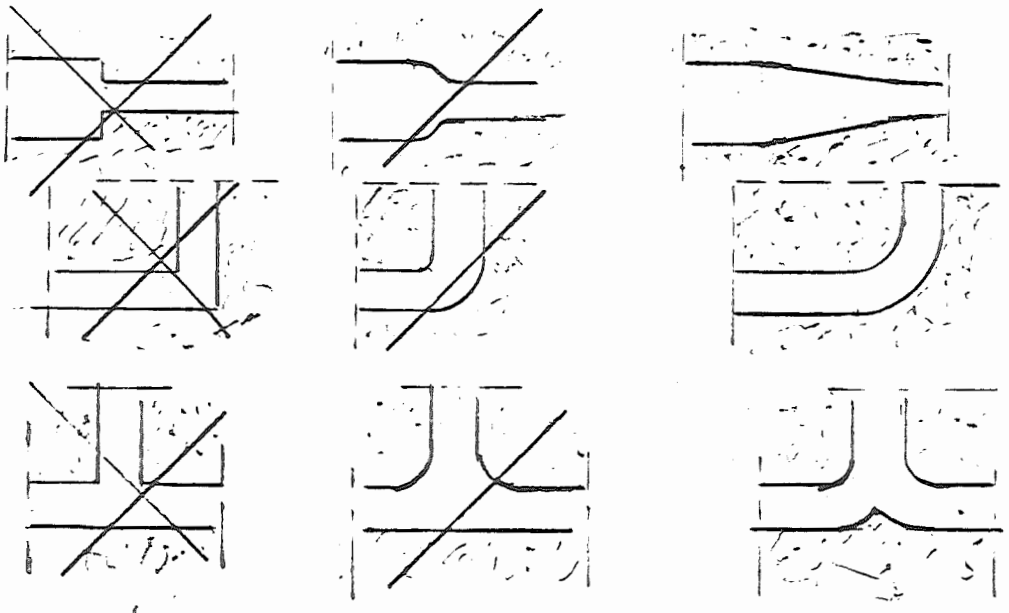


Fig 15

Na junção de várias paredes, acontece facilmente de ter uma variação de seção não desejável: na fig. 16 é visível uma outra casística.

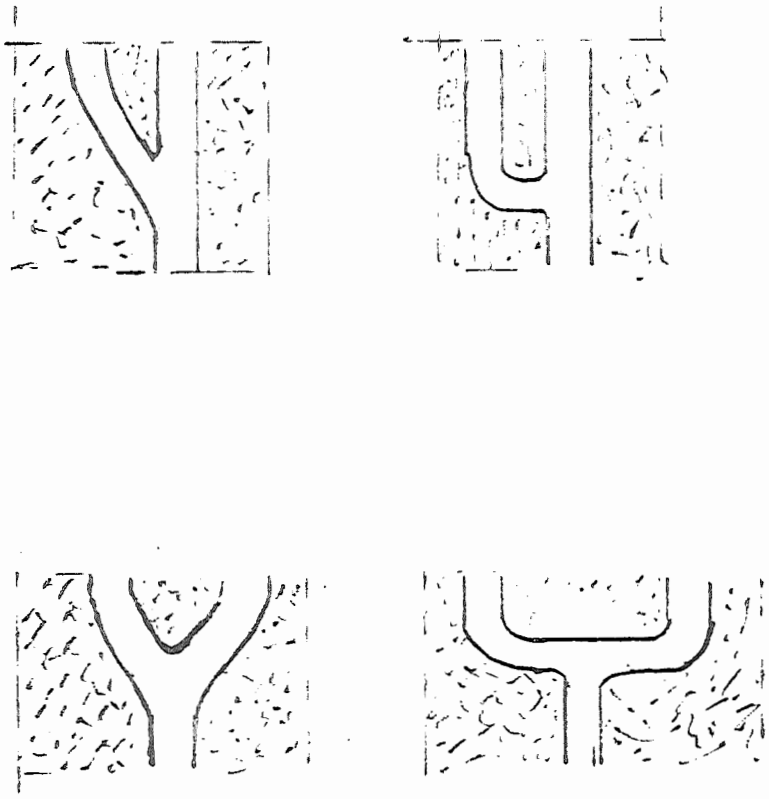


fig 16

Tensões internas.

Foi observado que uma alteração da simetria de uma peça provocava o envergamento da peça mesma, isso causado pelas diferentes contrações / das diferentes espessuras das seções.

Deriva-se que, para o projeto de uma peça, é / muito importante o cuidadoso respeito das simetrias.
A fig. 17 apresenta como deveria ser modificata a solução A, a fim de respeitar o princípio da simetria.

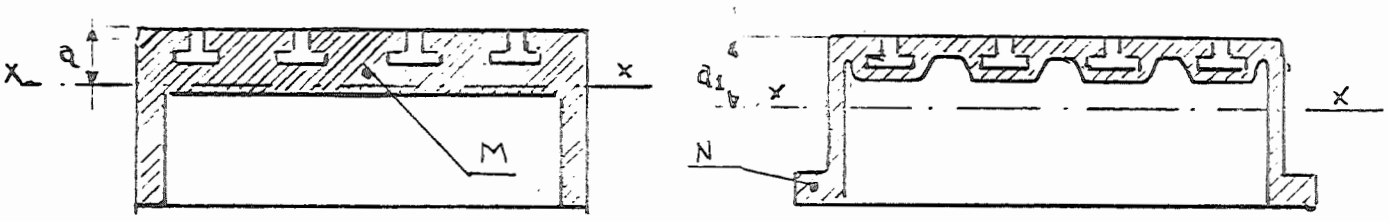


fig 17

De fato a diminuição da espessura M, e a criação de espessuras maiores N, centraliza a posição do eixo de simetria volumétrico, de modo / que, na contração da peça, o envergamento resulte bem menor.
Ao mesmo tempo, a redução das áres M evita problemas de contração no sentido x, e evita, também, mal formações internas.

Outro problema das contrações é aquele derivado pelo desenho das nervuras, em função da variação de espessuras (como foi observado precedentemente).
Observa-se na fig. 18A o projeto inicial de uma roda nervurada. Esse desenho era a parte central de suporte de uma tampa, que trabalhava / completamente em balanço, com uma velocidade / de rotação de 500 RPM.
Evidentemente as solicitações dinâmicas eram / tais que o suporte, assim desenhado, quebrava-se depois de poucos minutos de funcionamento, não obstante as elevadas espessuras.
Evidentemente a simetria das nervuras determinava um estado tensional interno de grande entidade, foi suficiente, portanto, modificar o desenho, como na solução B, para fazer desaparecer o defeito, e foi possível diminuir as espessuras, obtendo o mesmo resultado com uma peça, cujo peso passou de 193 para kg 74.
De fato o estado tensional devido à oposição / das cabeças das nervuras, desenhadas em oposição, foi eliminado, passando do número de 10 / para 7, e, também, a contração de cada nervura com a bifurcação, foi deixada livre, de modo / de não afetar mais o centro.
Nota-se que o desdobramento de cada nervura na periferia provoca uma distribuição mais uniforme do metal fluido nas placas planas, assim que foi possível reduzir violentemente a espessura da mesma.

Uma outra série de exemplos é visível na fig. 19, onde a solução A, muito pouco racional é / sobstiuível com muita vantagem pelas soluções B, C, D.

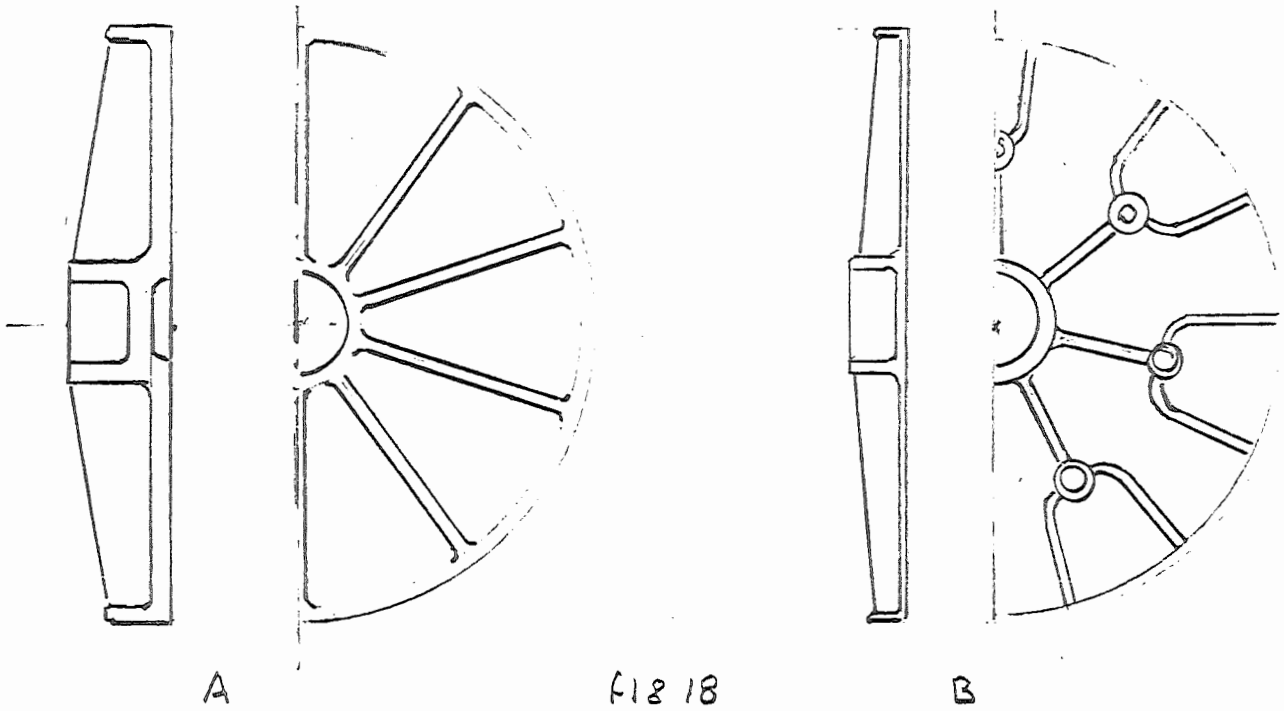


fig 18

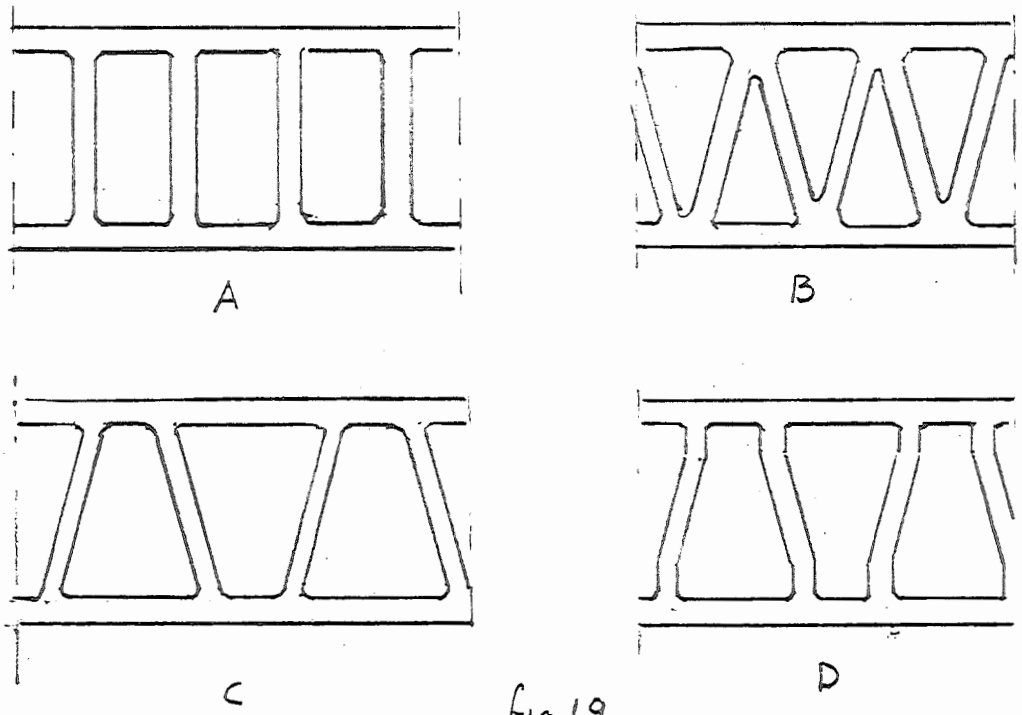


fig 19

Tensões dependentes dos raios de curvatura.

Outras séries de peças que apresentam defeitos / por tensões internas são as peças aliviadas por furos.
É importante observar que as tensões acumulam-se nos pontos de maior curvatura; assim sendo, se o alívio fosse praticado como visível na fig. 20A, é facil que apareçam rupturas nos pontos quase / angulares. A melhor solução é representada pela fig. 20B, onde a constância da curvatura evita o defeito da solução A.
Observa-se na solução modificata, o ánel indicado por "R"; esse ánel não serve para opor a maior resistência contra as tensões, mas é útil porque, resfriando mais devagar, consente uma distensão das tensões residuas.

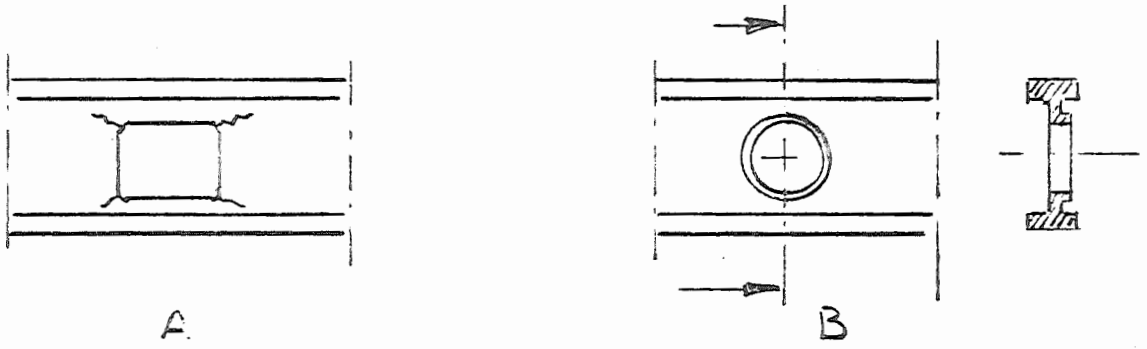


fig 20

Um outro exemplo, onde as tensões acumuladas provocaram rupturas em exercício, é visível na fig. 21; nesse caso, observa-se que os eventuais tratamentos de distensão artificial, ou seja, provocados por meio de vibração, seriam danosas, de / fato essas vibrações provocam a cristalização do grão na parte em tensão, de modo que, após um período de uso, a peça se racha.

Um desenho mais apropriado, como aquele da solução B, evitaria o problema.

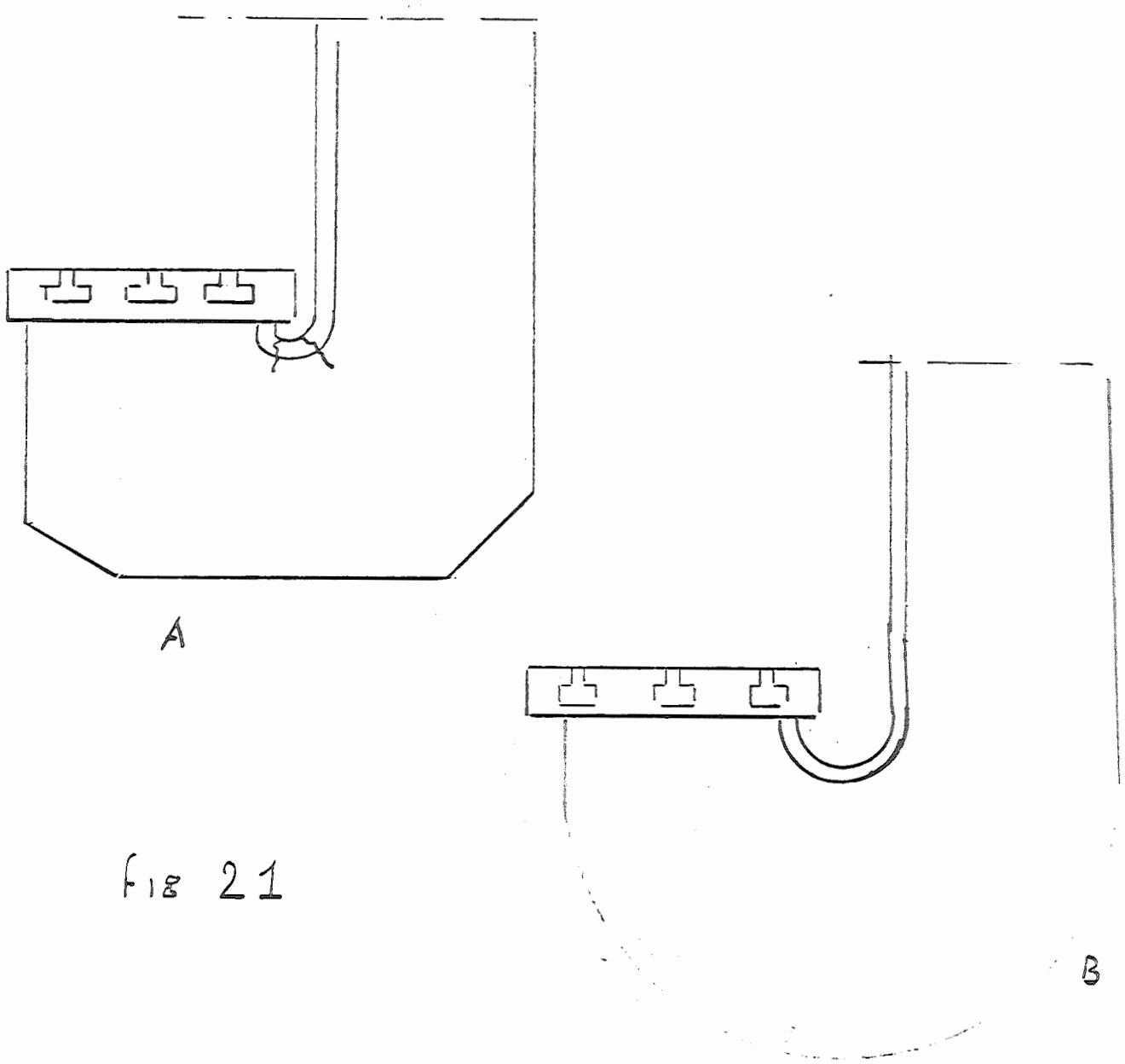


Fig 21

A moldagem.

A moldagem é a técnica usada nas fundições para a preparação das formas nas caixa e a preparação dos machos.

É importante, em função do número de série de peças a serem fabricadas, a escolha do tipo de moldagem: de fato, existe muita diferença entre uma técnica e a outra, e a escolha de um sistema e o outro provoca diferenças elevadas de custo.

Para simplificar,poderia dividir em três partes básicas os sistemas de moldagem:

sistema de formação	em :	Hot Box Schel Monlding Fasting Cold
Sistema de moldagem	em :	Furanica Fenolica Furan-Fenolica
Sistema de moldagem	em :	Verde ou Sintética

Acha-se melhor não tratar do primeiro grupo, antes de tudo, porque é característico da indústria automobilística, e, por isso, pensa-se que os / técnicos relativos sejam guiados por escolas especializadas da propria fábrica, de consequência é pouco usado pelas indústria de máquinas operatrizes.

Generalizando, o sistema de moldagem em furanica é muito aparecido com a moldagem com areia sintética, por isso, limitamo-nos à moldagem em areia furanica, em quanto os conceitos que encontraremos são os mesmos e úteis, também, para produção em schel ou de outro tipo.
Achamos necessário descrever, o mais breve possível, a moldagem de uma peça de dificuldade média para que sejam generalizados os problemas.

Imaginamos de ter de fundir uma peça como aquela da fig. 22A.
É necessário costruir, em madeira ou em outro material, um modelo, como aquele visível na fig. / 22B, que praticamente, além das dimensões (levemente maiores para compensar a contração durante a solidificação) e dos suportes de macho, é identico ao externo da peça original.
Além do modelo, precisa fabricar as caixas do macho (visível na fig. 22D), para poder fabricar o macho, que, neste caso, é único.
Claramente o macho, quando sair da caixa, se apresenta muito fragil e delicado, tronando-se necessária uma sucessiva série de tratamentos (endurecimento, pintura, cozimento), a fim de poder conferir uma resistência suficiente, não somente ao impacto térmico, mas também às forças hidrostáticas e ao impacto do metal líquido.
Evidentemente, quanto mais o macho for complicado, mais complexa é a sua fabricação; a situação piora quando os machos são numerosos.

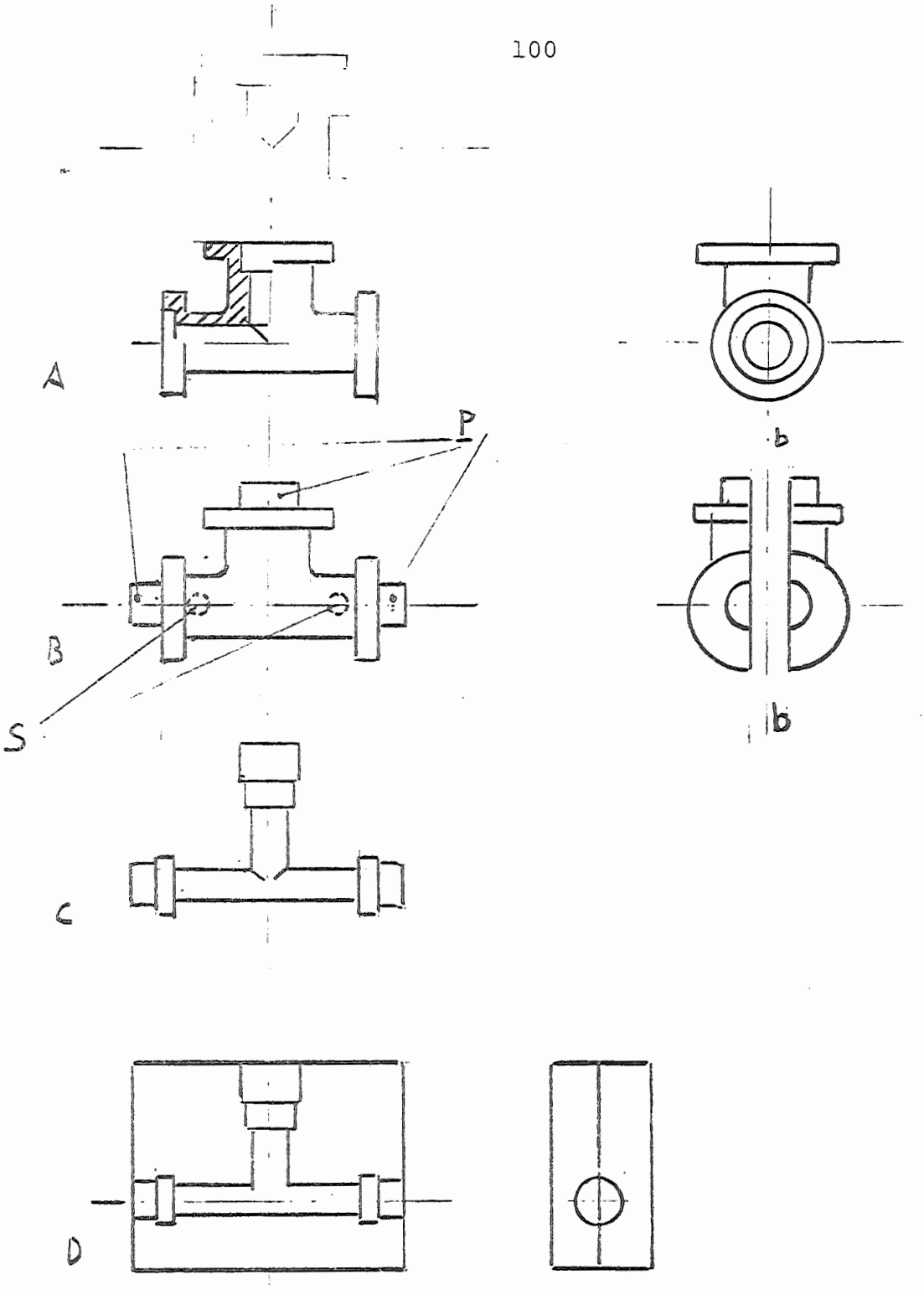


Fig 22

Pelas observações acima, podemos já levantar uma consideração: a necessidade de um o mais machos, é sem dúvida um fato negativo, por um prisma técnico-econômico, ou seja, o ideal seria não precisar de machos.
A moldagem do proprio modelo é obtida pelo uso de uma placa metálica, apoiando, sobre a placa, uma parte do modelo dessa, como explica a fig.23., apoiando, sempre sobre a placa, também a caixa / ou jaqueta, e enchendo-a de areia de moldagem.
Após a areia tornar-se compacta(o sistema depende do tipo do ligante), vira-se caixa e placa, e extrae-se o modelo.
Repete-se a operação com a outra parte do modelo e, assim obtidas as caixas superior e inferior, após ter posicionado o masselote e os dutos de alimentação, machos ect., juntam-se as duas / caixas, e, finalmente, o molde é pronto.

Evidentemente, hoje em dia, existem sistemas completamente automatizados para a execução da moldagem: do sistema de formação de machos através de máquinas sopradoras de ar, ao sistema de endurecimento automático e quase istantaneo dos machos, ao sistema de emplacamento dos modelos em alumínio, araldite, ect., ao sistema de moldagem de vibração, ect. ect.
Esses sistemas, bastante sofisticados e complexos, não podem ser usados por poucas unidades, mas, / quando o serviço for seriado, é oportuno fazer / uns cálculos de investimento, e preparar um ferramental apósito, porque, generalmente isso compensa.

DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
BIBLIOTECA
U.S.P.

Lembramos que esses processos automatizados de / fundição, dão a vantagem de pequenos sobrametais, precisão de execução, espessuras bem minores e a compacidade do F. Fo.

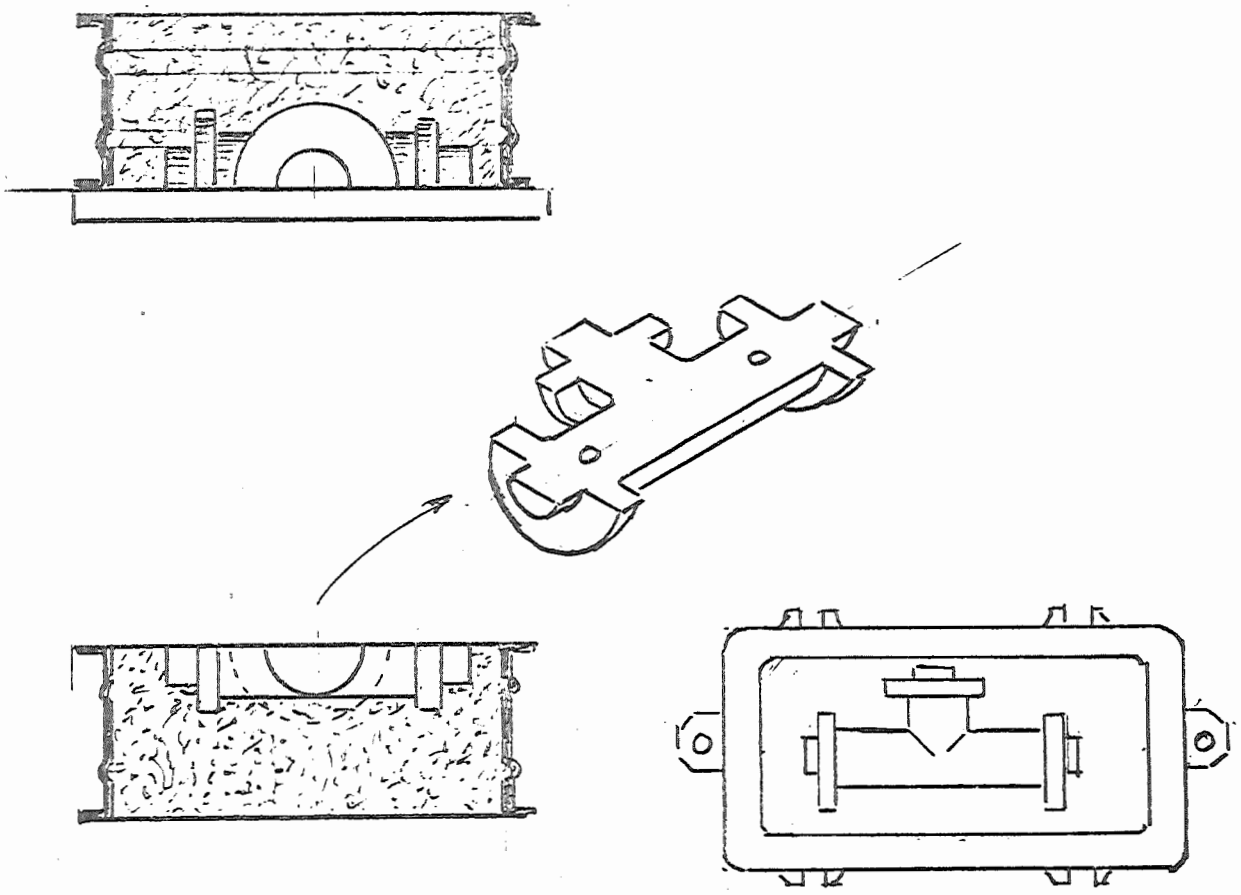


Fig 23

Queremos lembrar que, acima de um certo peso, não é possível moldar as peças com processos completamente automatizados (areia sintética) e é preciso usar processos semi-automáticos (furanica, fenolica, furan-fenolica); para as peças de várias toneladas de peso é preciso usar o tradicional sistema manual.

De qualquer jeto, poisque a economia, como sempre demonstramos, se alcança com o cuidado na fabricação de pequenas e médias peças, é oportuno que o projetista conheça bem o que está desenhando, assim que o produto não seja em contraposição com / os processos acima.
É evidente que um bom desenho contribue, às vezes, de modo determinante, em deixar o produto sem defeitos de forma e dimensão; de fato, isso depende quase esclusivamente do processo de moldagem, que, repetimos, é função do projeto por si mesmo.
Por exemplo, é noto que a criação dos pontos de / assento, pela determinação da posição durante a / primeira usinagem, é a "condicio sine qua non", / pela economia de todas as usinagens sucessivas.
Muito bem, numa produção média de peças que chegam de uma fundição de médio porte, somente o 20% seriam aprovadas pelo gabarito de inspeção, o restante 80%, que normalmente não é recusado, obriga a oficina de usinagem a trabalhos incríveis para conseguir de uma peça de sucata, uma peça boa.
Lembramos de ter observado, várias vezes, operadores de máquinas de C.N. perder mais de 60' para / posicionar a peça, quando o programa de usinagem, sucessivamente, não usava mais de 10' para a execução de todas as operações necessárias.

Nesse caso, a peça, que não pesa mais de 40 kg, e por isso não custa mais de 40$ EUA, absorve / uma média de 45' de máquina, cujo custo de depreciação atinge o 80$/h.

Através de uma série de exemplos, procuramos levantar uma casística que esclarece os conceitos básicos de economia.

Uma das causas que complica a moldagem, é a existência de falsos quadros , observamos na fig. 24A um suporte que foi projetado com 6 abas de reforço: esse desenho produz a necessidade de uma moldagem, obtida por dois machos laterais (M), que, além de aumentar o custo pela relativa caixa, impedem de alcançar uma boa constância nas espessuras das abas.
Nesse caso (tratando-se de poucas peças) é bem,/ mais econômico projetar a peça com 4 abas, o que consente de evitar completamente o macho (Ver solução 24B).

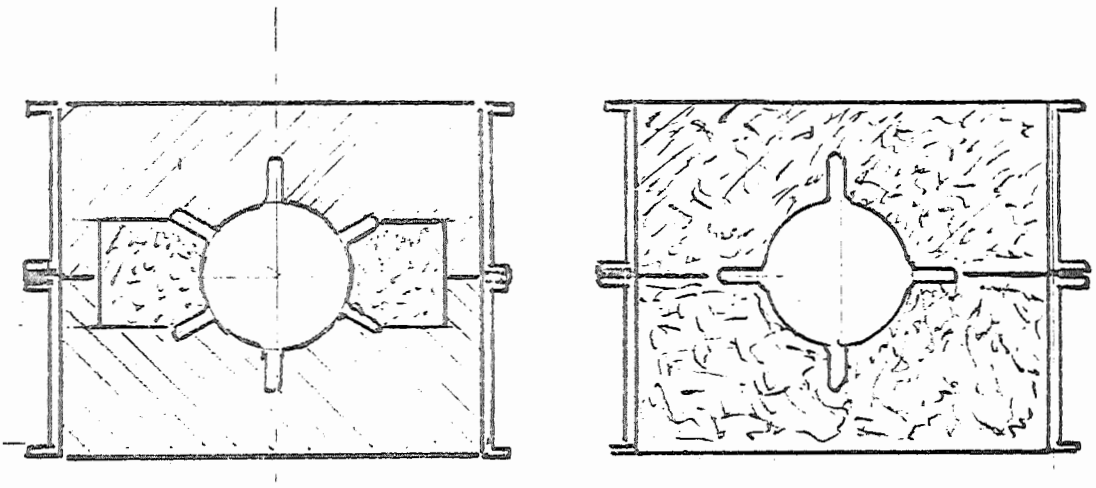


Fig 24

Na fig. 25A é visível uma peça que prevê duas bolachas, uma interna e uma externa.
Essa conformação provoca complicações no modelo e na caixa do modelo pela inserção de peças postiças. A situação da fig. 25B elimina completamente esses problemas.

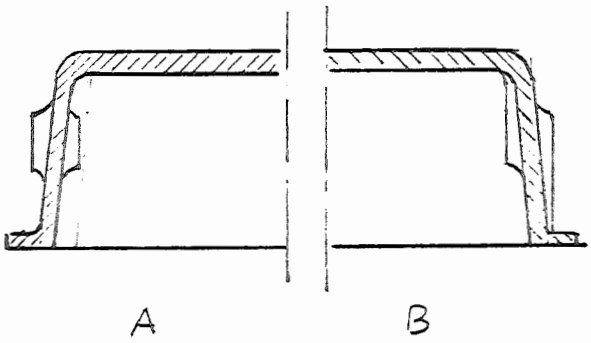


fig 25

Na fig. 26A, a caixa de um redutor é desenhada / com o reforço para o alojamento de parafusos internos e limitados. Evidentemente a solução B, / que prevê o posicionamento externo desses reforços, é a solução ideal; mas, querendo conservar uma superfície lisa externa, a solução C evita / também o problema, aumentando, até o fundo da peça, esses reforços.
Nos dois casos, B e C, consegue-se também uma poupança de material. De fato, o diâmetro externo / da caixa Ø1, passa a ser, pela solução B, o diâmetro dos reforços, e o diâmetro dos reforços Ø2 da solução A, passa a ser o diâmetro externo da caixa na solução B, reduzindo-se desse jeito notevolmente o peso.

Na solução C, os reforços mais compridos tornam-se nervuras, assim que a espessura da caixa possa diminuir

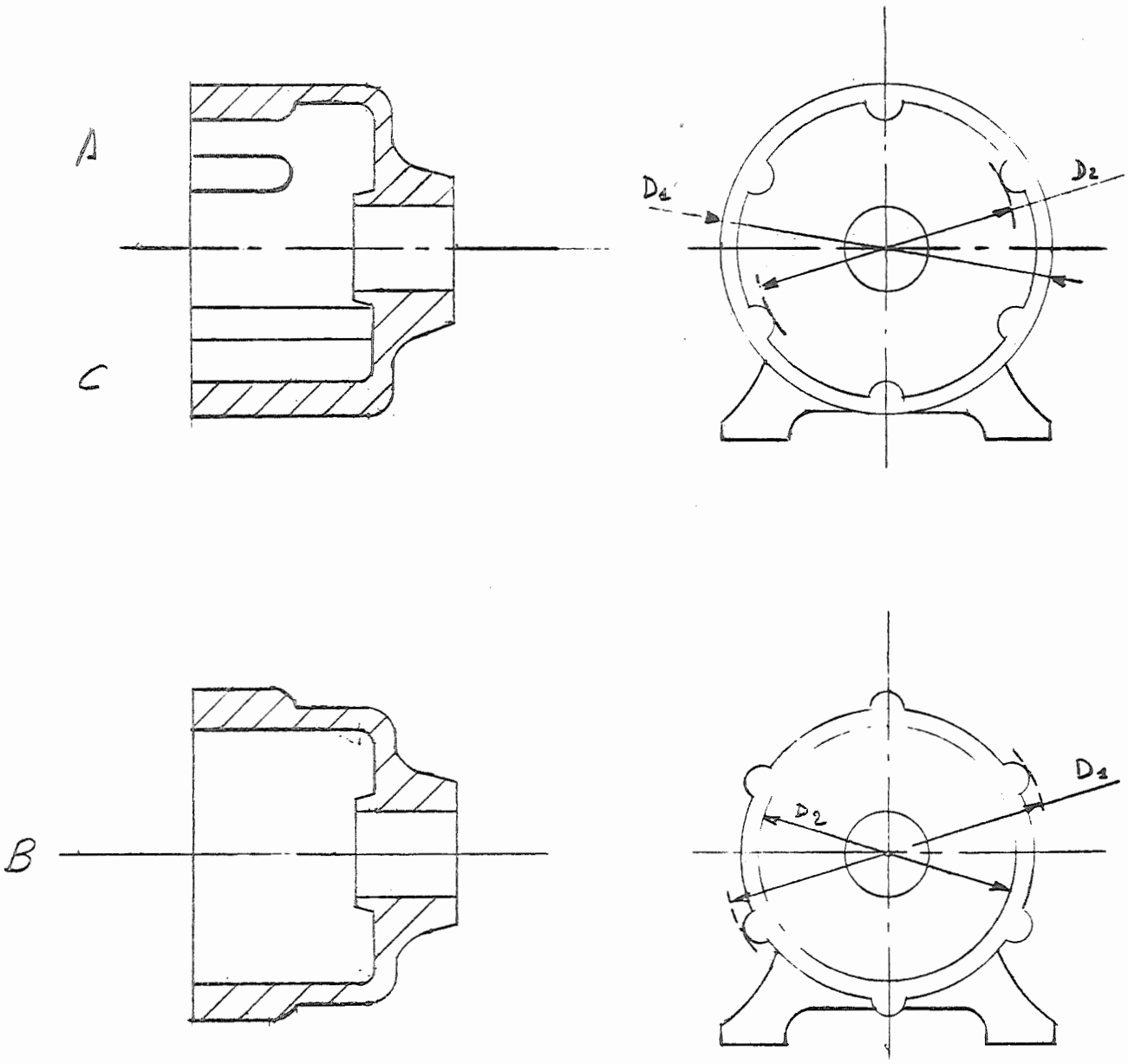


fig 26

Na fig. 27A é apresentado o caso de uma pequena caixa de roscas para torno.
Evidentemente no projeto foram esquecidas as normas elementares de economia.
A grande bolacha externa necessita de um modelo decomponível, e os reforços internos precisam, / também, de uma caixa de machos bastante complicada.
Não sendo possível eliminar o macho, é preferível manter a dificuldade somente para a fabricação / desse último.
A solução B, evidentemente, atinge o resultado.
Bem melhor seria a solução C, onde, além de obter simplificações extremas na fabricação de modelos e machos, alcança-se o resultado de facilitar enormemente a fútura montagem das peças internas; é de conhecimento geral que a montagem de uma máquina operatriz precisa, mais o menos, do 80% de tempo de usinagem.

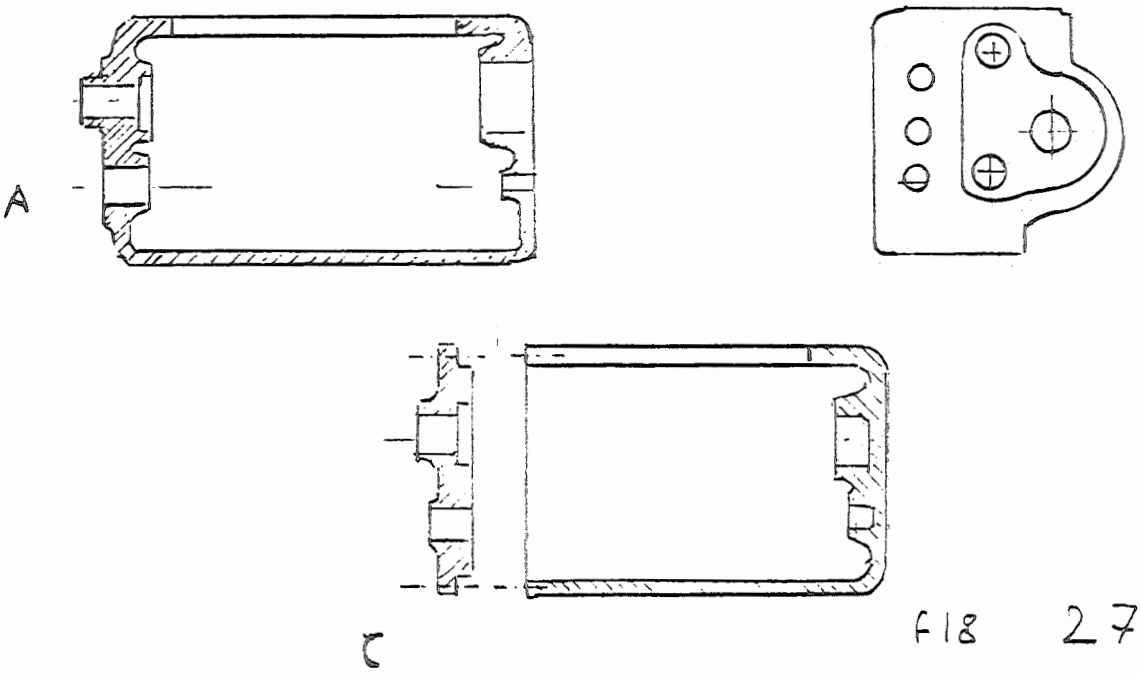
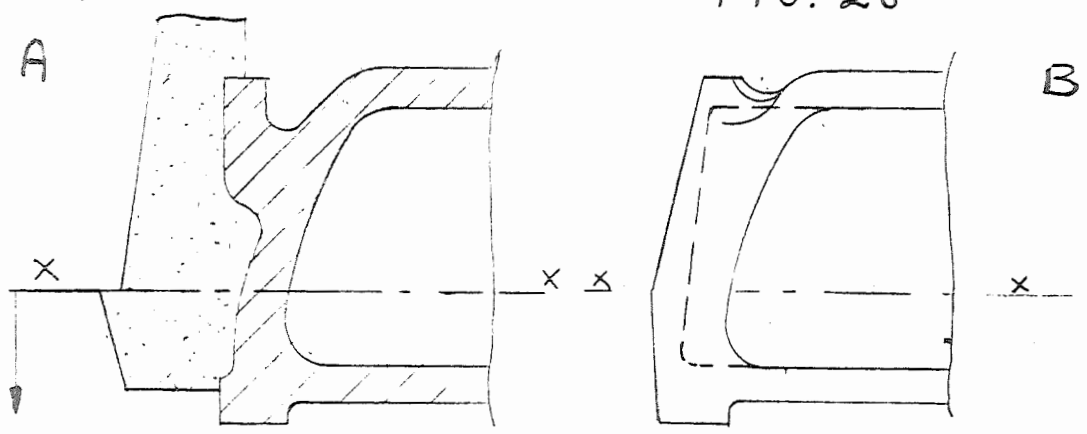


Fig 27

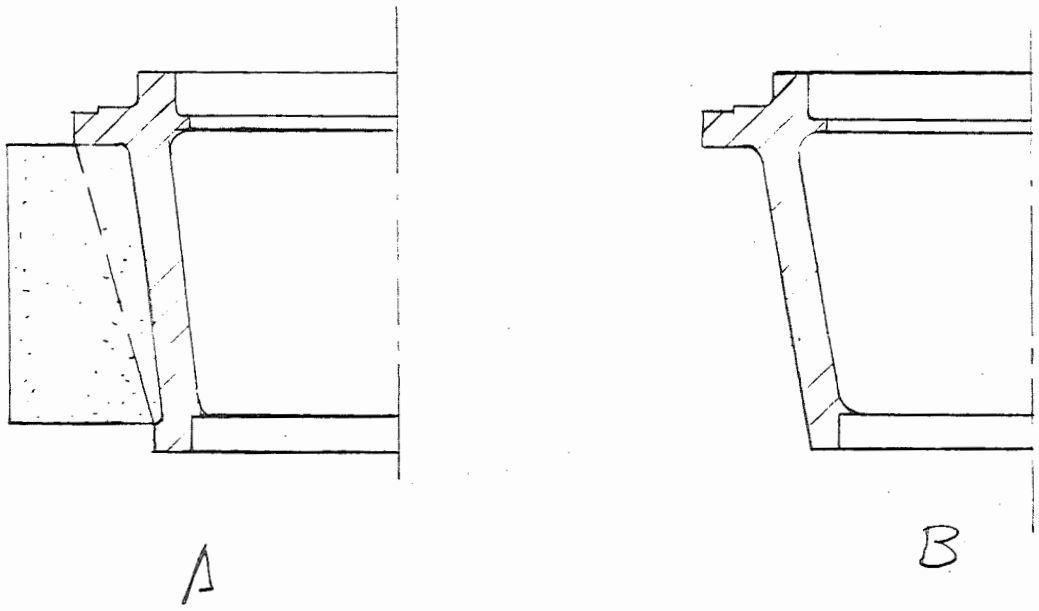
Outros exemplos de modificação do projeto, que / conduz a simplificações muito grandes, são visíveis na fig. 28, onde a fig. A apresenta uma peça, cujo modelo, existendo o plano di divisão segundo o eixo x-x, dificulta bastante a extração. Evidentemente se o projetista desenhasse essa peça como na solução B, evitaria esse problema. Nota-se que, também nesse caso, poderia ser mantida com mais facilidade uma espessura constante da peça, pela conformação do macho (Linha pontilhada).

Fig. 28



Na fig. 29A, uma outra peça, cuja conformação / prevê uma série de 6 machinhos extraíveis, pode ser desenhada como a solução B, o que poupa a fabricação de uma caixa de macho e de um falso modelo.

FIG 29



TERCEIRA PARTE

C1

Após ter examinado alguns exemplos das exigências de fabricação, propõe-se de analisar o / projeto por si mesmo, sempre lembrando que o nosso fim não é dar aula de projeto, mas acostumar o leitor a ver os problemas econômicos, inerentes ao projeto.

É muito provável que, algumas soluções, por nos apresentados como econômicas, variando os parâmetros do lote, não resultem as mais indicadas. De fato, o nosso fim não é a informação, mas / um convite aos projetista de definir o problema, entregando-lhes uma série de dados e uma / filosofia de base crítica.

É bem lembrar que são partes de um problema de projeto, não somente a função da peça ou do conjunto, mas também outros dados, quais os números da série, as exigências do cliente, as características comerciais, a estética, o ambiente de produção, os recurso econômicos, ect.

TERCEIRA PARTE

C

O projeto como função de componentes padronizados. Estudo econômico.

Generalidades

As condições ambientais.

Uma das causas mais frequentes dos "fracassos" industriais, é aquela de exigir produções de / produtos em desacordo com o costume e a mentalidade dos funcionários de uma determinada empresa.
Um exemplo esclarecerá esta adfirmação.
Na Europa, após a desmobilitação das Indústrias Bélicas, um ente estadual de transportes abriu uma concorrência para o projeto de um chassis de um resboque especial; três estabelecimentos, um de construções aereonáuticas, um de construções navais, e outro de caminhões, apresentaram três projetos, cujos esquemas são visíveis na fig. 1

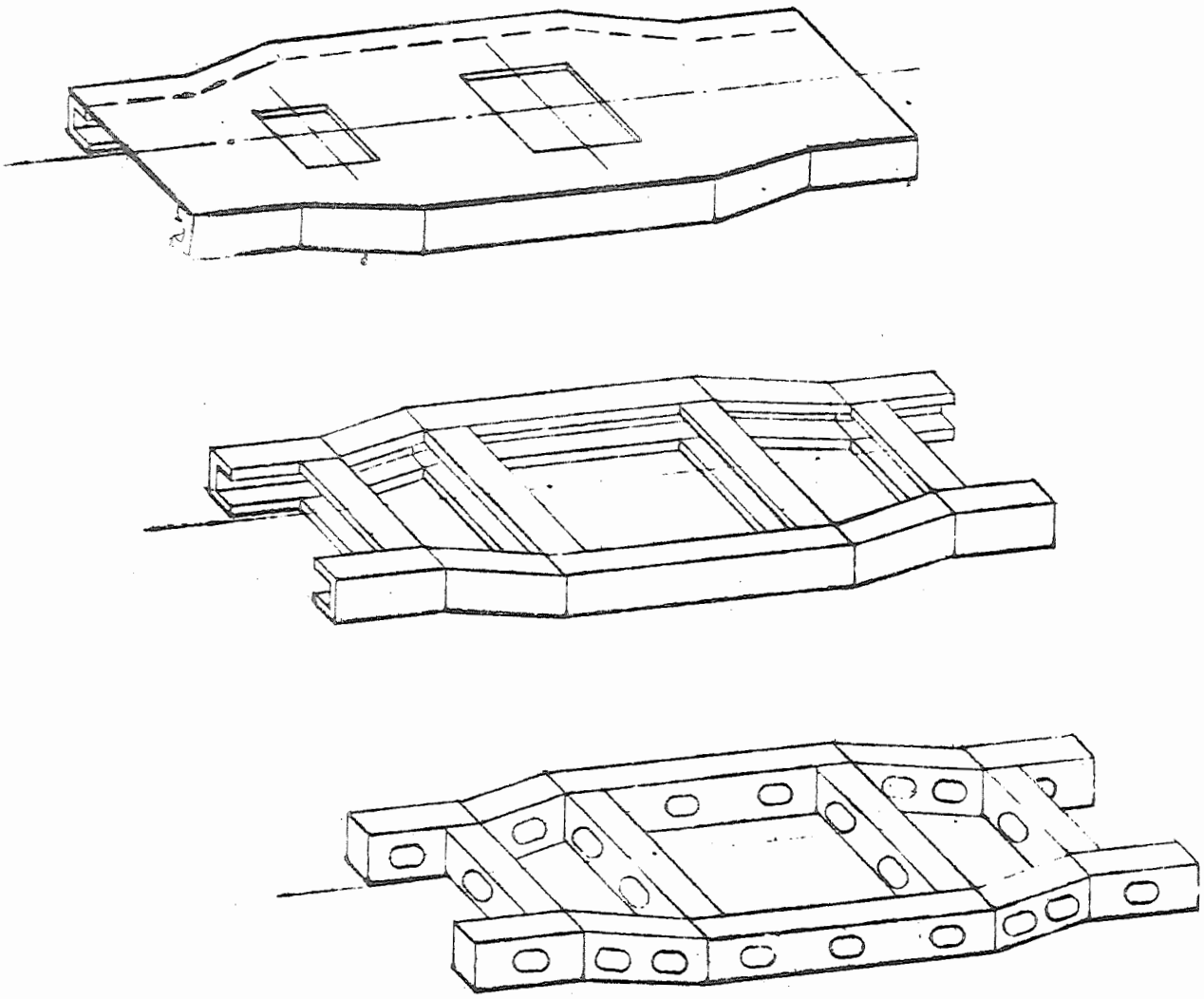
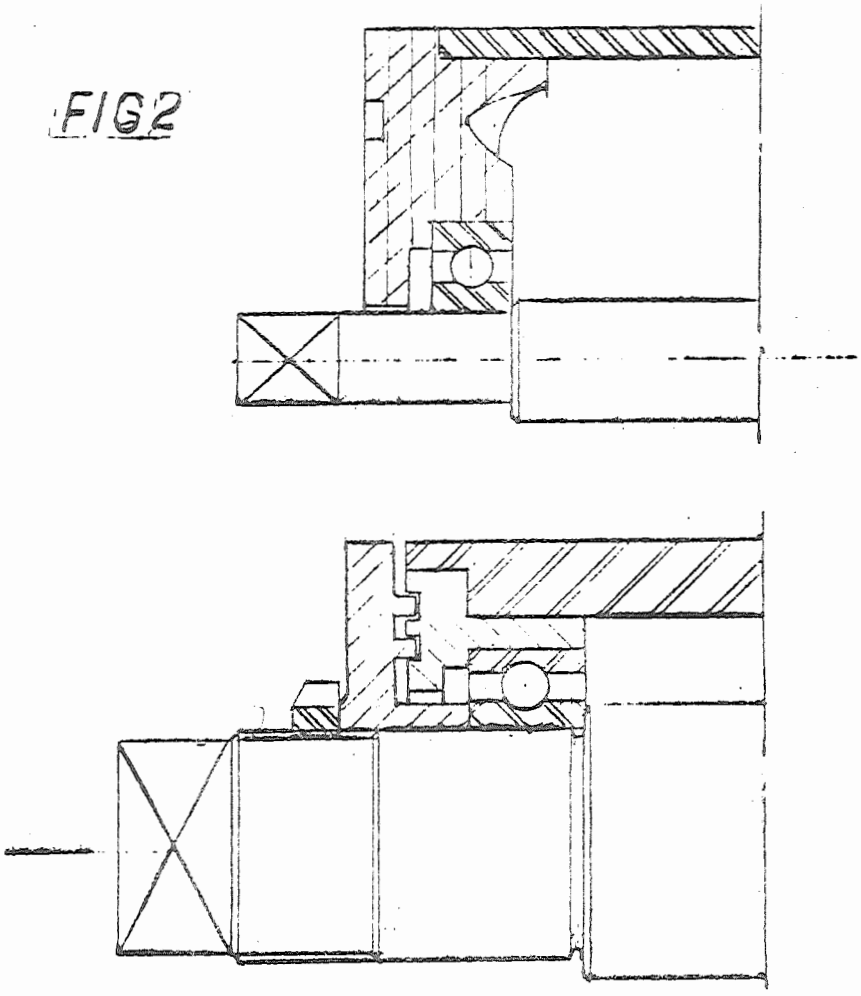


FIG 1

Embora as três soluções espondessem perfeitamente às exigências de sistência e dimensões pedidas, foi, como pre dível, a fábrica de caminhões a ganhar a con rrência, em quanto economicamente era o projeto mais viável.
Outrossim, se o destino do produto fosse a cobertura da ponte de um navio, teria ganho a / firma de construções navais, e se as exigências básicas fossem a rigidez transversal e o peso, teria ganho a fábrica de aviões.
Embora não se possa adfirmar que uma fábrica / de caminhões não possa construir máquinas operatrizes, seria necessário, nesse caso, mudar ou restruturar toda a equipe de dirigentes e / técnicos, para não correr sérios riscos.
A nossa teoria é válida também para os escritórios de projetos:
às vezes, a formação de um técnico é tal que / tende a repetir a propria experiência, também, em aplicações diferentes.
Considera-se como exemplo um mandril para fresadora de madeira de alta velocidade, dimensionalmente bem projetado, mas, que se estragava cada poucas horas de trabalho. De fato, os técnicos, ótimos nos projetos de máquinas ferramenteiras, repetiram o sistema de vedação com retentores tradicionais, sem pensar que só pressurinzando o aparelho, podia-se evitar que a / micro poeira de madeira entrasse nos rolamentos.

Na fig. 2 apresentamos um outro exemplo: dois rolos para transporte. O rolo da solução A, sem dúvida o mais econômico daquele da solução B, é apto a transportar cargas, até 1000 kg/ml, de produtos delicados. Um projetista, desenhando um rolo deste tipo para o transporte de caixas de 500 kg/ml para o uso de uma fundição, cometeria um erro imperdoável.
Nas fundições a movimentação implica choque, uso de varetas, em uma palavra, as condições de trabalho são das mais brutais. Por isso, á indicado o rolo da solução B que, não obstante / seja menos econômica, resultará no exercício o mais barato.

FIG2



ca de base do omponentes.

izando os tempos de execução das partes com ntes de uma máquina operatriz, verifica-se ato estatístico que sempre aparece na análi dos dados:

A dispersão dos resultados de tempo é representado por uma curva logarítmica, onde acerca do 20% dos tempos totais é absorvidos pelas peças de dimensões maiores, como cabeçotes, barramento colunas, ect., e o que sobra - o 80% do / tempo - pelas peças minores.

Essa análise demonstra que o tempo maior é absorvido por componentes, ou seja, um projeto econômico e funcional, ou, como é costume dizer, um projeto limpo e linear, deve incluir o mínimo número de componentes, que sejam de desenho muito simples, e de forma possivelmente repetitiva.

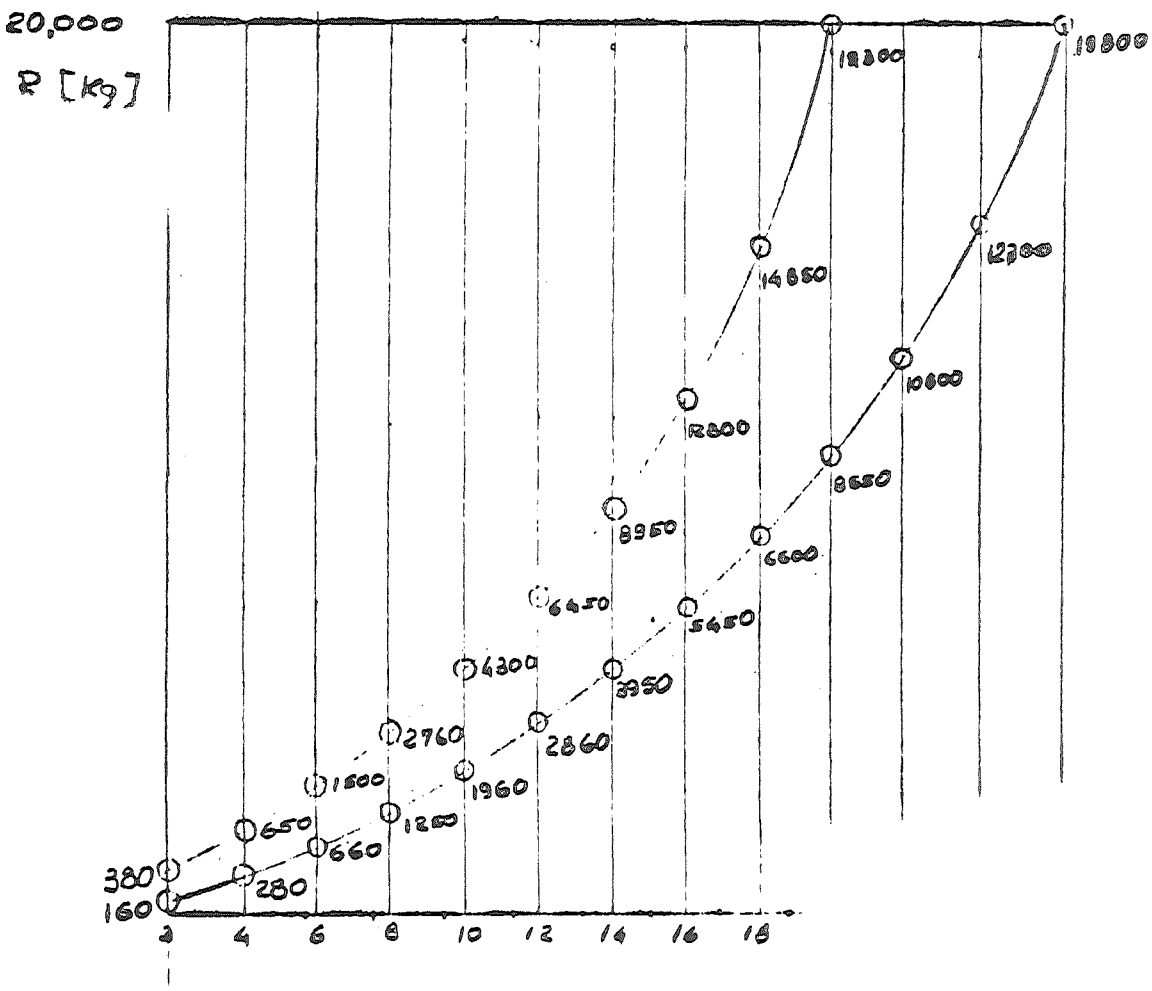
Por isso, dedica-se o nosso estudo à análise / de uma série de pequenas peças, de modo que se forme um substrato para os sucessivos capítulos onde serão examinados os conjuntos.

Elementos de fixação.

Parafusos

Esses elementos - os parafusos - são reperíveis no mercado em medidas e formas diferentes, mas, às vezes, encontram-se em fabricação parafusos especiais.
Acha-se que, pelo 90% dos casos, esse tipo de / parafusos existe somente na cabeça do projetista.
Além desses exemplos absurdos, encontram-se usos não adequados de parafusos.
Um dos exemplos mais comuns é a confusão do uso dos parafusos de cabeça hexagonal e de hexágono encaixado (tipo Allen).
É noto que os parafusos tipo Allen, são fabricados com material mais resitente (kr = 80 ÷ 90 / kgmm2), daquele dos parafusos a cabeça sextavada externa (kr = 80 ÷ 90 kg/mm2), mas é raro que o projetista considere o gráfico que (veja fig. 3) explica qual tem que ser o critério para substituir um parafuso normal com um parafuso de / alta resistência.
Conforme quanto acima, uma tampa como aquela da fig. 4, representa um absurdo econômico.
De fato essa tampa serve a regular a folga de / um eixo: é claro que se o único parafuso central resistir à carga, os quatros parafusos externos de fixação serão subpostos a 1/5 da carga mesma, e se apresentarão com cabeças completamente externas, nesse caso não é necessário o parafuso tipo "Allen".

FIG 3


20,000
P [kg]
380
160
280
650
660
1500
1200
2760
1960
4300
2860
6450
3950
8950
5450
8800
6600
14850
8650
10600
12300
18800
19800
2
4
6
8
10
12
14
16
18

Pode-se, tam m, reduzir,ao mínimo, o número dos parafusos que garantem a vedação, ou seja, pode-se passar de 5 a 3. De fato, executando a conta, se o parafuso central for de Ø 10 mm aguentará / uma carga de 1950 kg, que dividido por 3, dá 650 kg, corrispondendo a um parafuso de Ø 6, normal. Por isso, a fig. 4B representa uma poupança de mais do 50%.

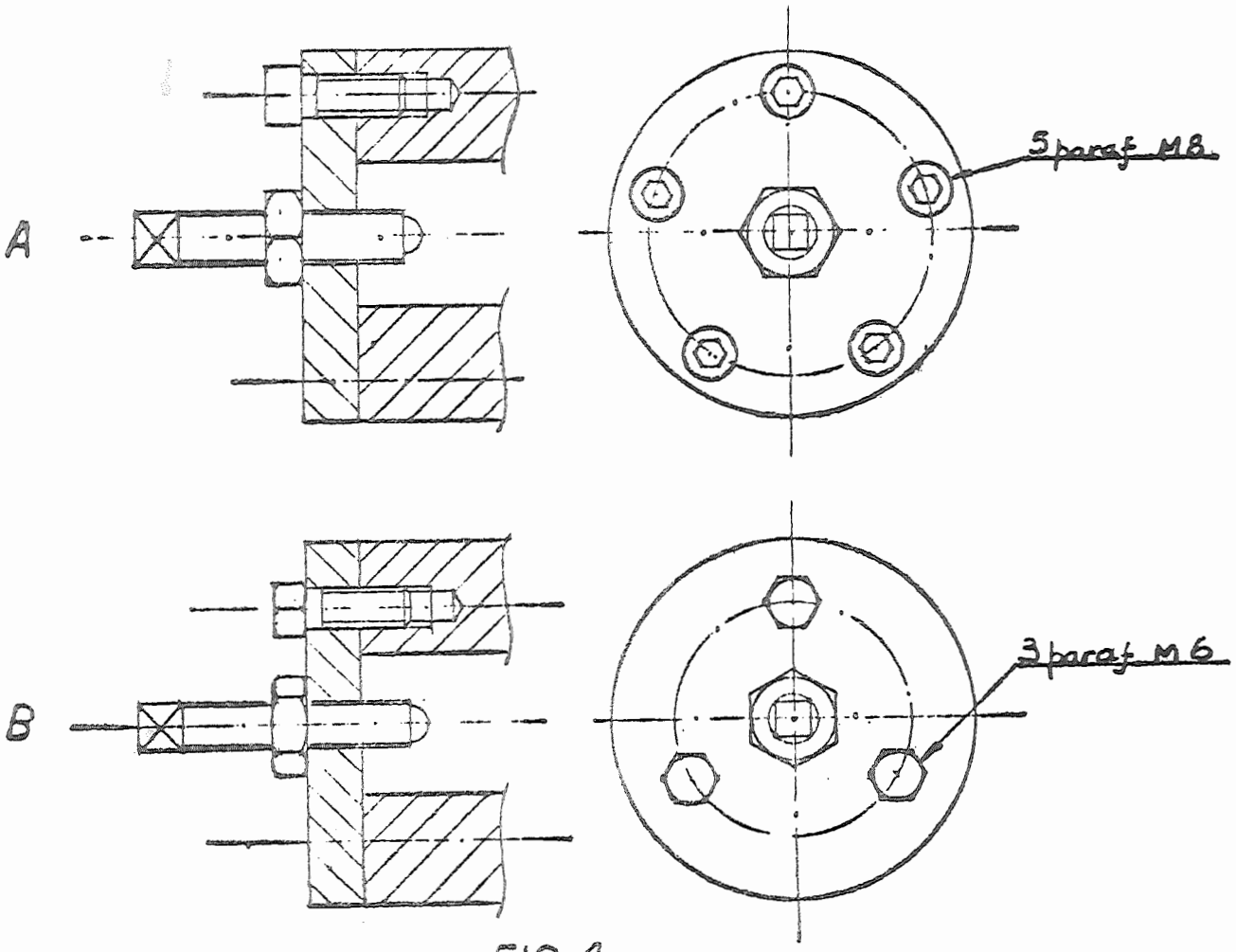
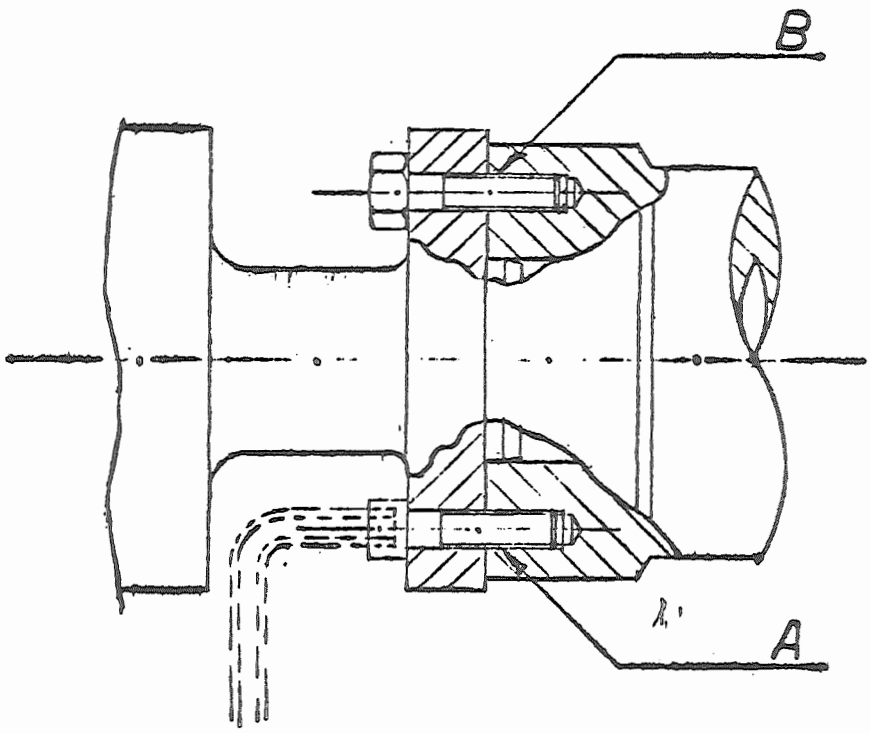


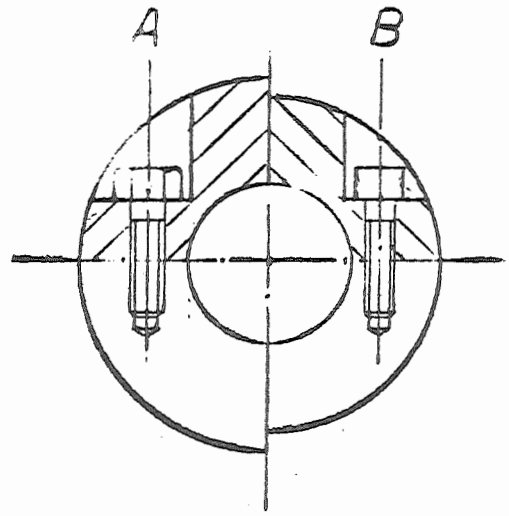
FIG 4

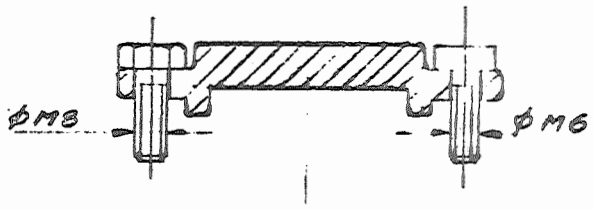
Um outro problema, que os parafusos "Allen" trazem, é aquele determinado pela chave.
Um exemplo do erro relativo, é aquele visível / na fig. 5, onde os parafusos "Allen", se facil a ser colocados durante a fase da primeira montagem de uma junta de eixo, representam uma encrenca quando, depois do uso, tem que ser desmontados, não obstante as partes oxidadas, a solução mais racional é a B, que, além de ser mais econômica, é também mais prática.

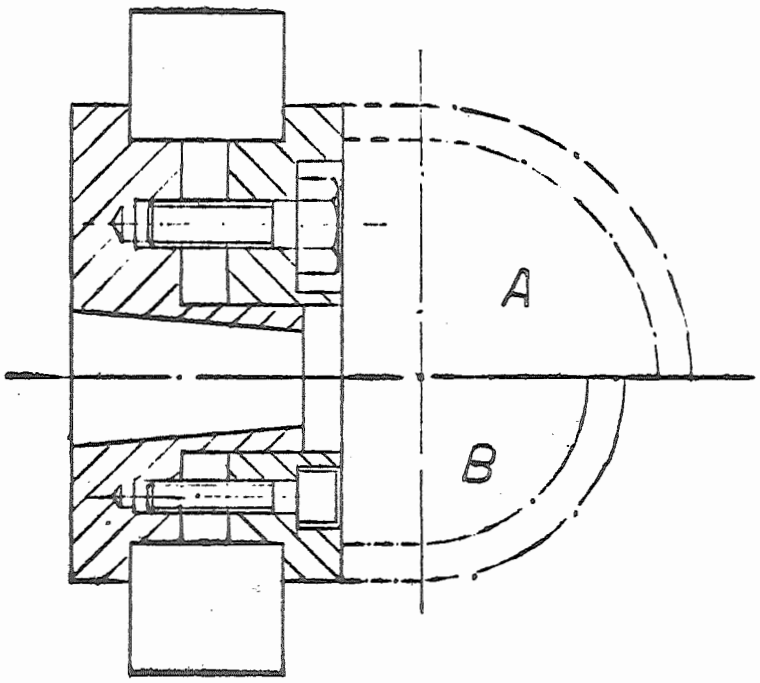
FIG. 5

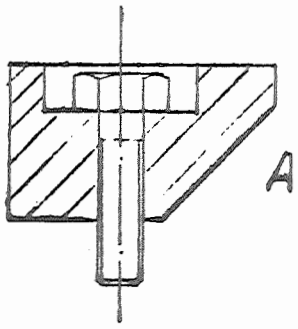


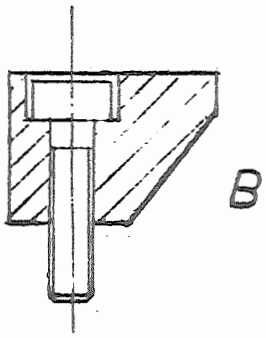
Não queremos, com os exemplos acima, fornecer uma idéia de prevençaõ contra os parafusos "Allen", queremos semplismente demonstrar que o uso deles deve ser bem ponderado.
Na fig. 6, demonstra-se, de fato, uma casistica, onde o uso apropriado do parafuso a cabeça sextavada dá notáveis benefícios pelo custo do produto.
Nos casos da fig.6 são indicados a rielaboração (B) dos originais (A) com intuível poupança de custos.
Às vezes, se esquece que, sendo o parafuso "Allen" de resistência bem superior ao parafuso / comun, é preciso ter um particular cuidado no desenho da profundidade da rosca, que deve resultar superior, especialmente para materiais fracos, como ferro fundido, latão, aluminium, ect.











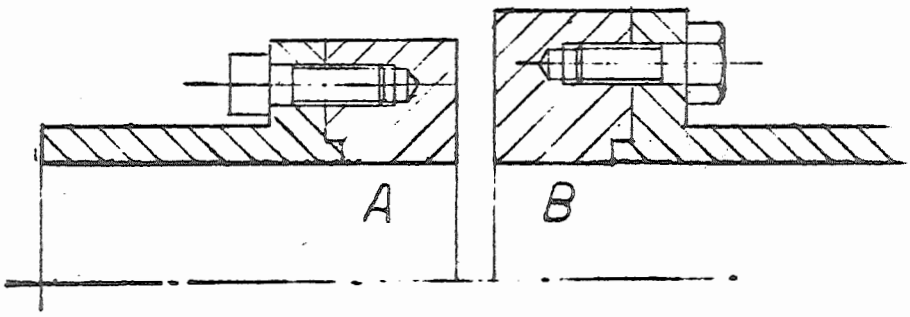


FIG 6

Um outro tipo de parafuso, raramente usado nas máquinas, é aquele de cabeça cilindrica para / chave de fenda. Contrariamente ao que se pensa, se pode perfeitamente usar, quando o aperto é obtido por uma porca sextavada, e nesses casos o custo é menor dos outros.

Parafusos especiais

Existe uma grande variedade de parafusos especiais no mercado:

Os parafusos auto-filetantes, que levam muita vantagem pela ausência da necessidade de rosquear as peças;

Os parafusos com corte longitudinal, que funcionam como um macho;

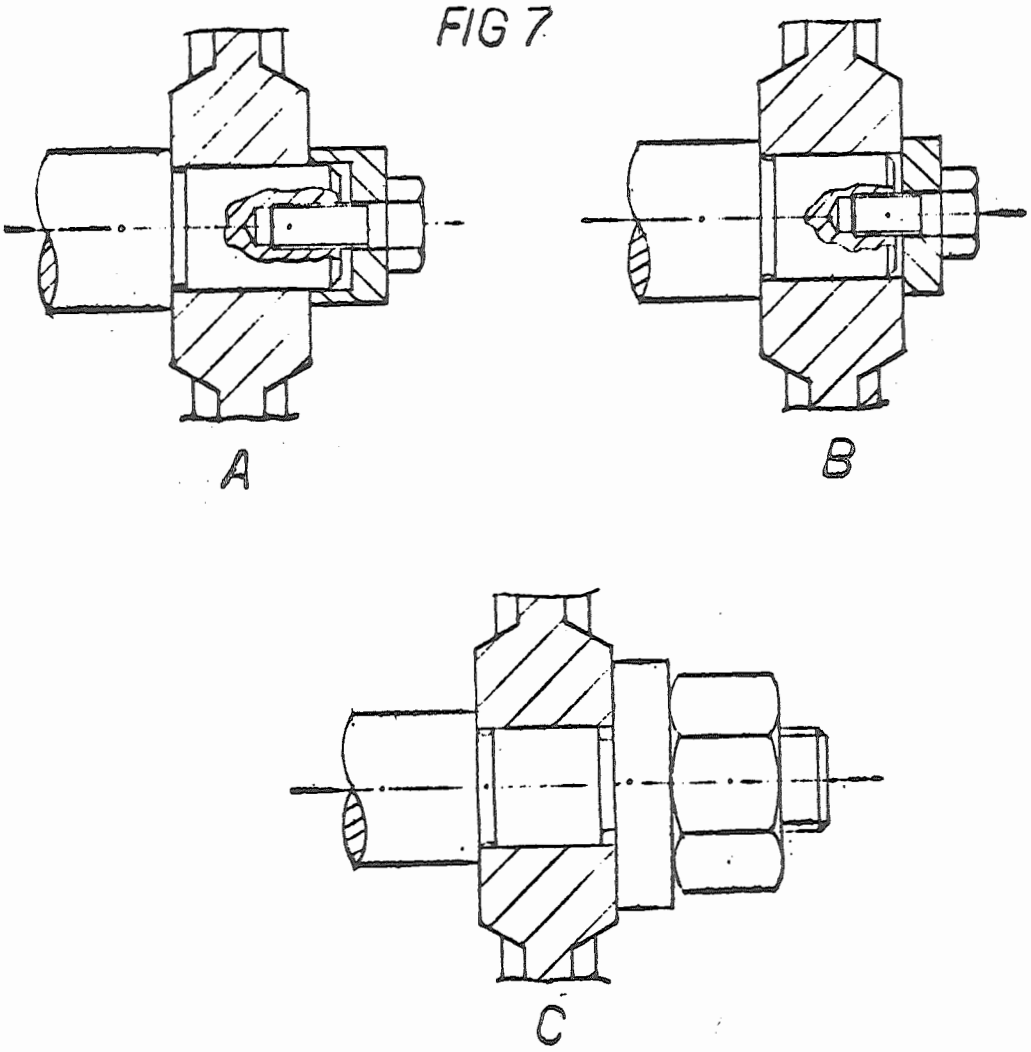
Os parafusos trilobulares, que agem deformando a face interna do furo, com grande vantagem pelo filete.

Os primeiros usam-se para aplicações leves, como fixações de chapa de alumínio, elementos de plástico, ect. Os segundos podem ser usados para fixações mais importantes, como de chapa pesada, de tampas, ect.

Sistemas de fixação nas extremidades de eixos

As vezes, encontram-se sistemas de fixação esquisitos, como aquele da fig. 7A, onde parece que o projetista brincou em fazer um furo, para enche-lo de material. Esse é um absurdo econômico, a solução B é aquela econômica e bem / mais simples. Uma melhoria a mais pode-se conseguir usando a solução C, a qual permite uma usinagem mais racional.

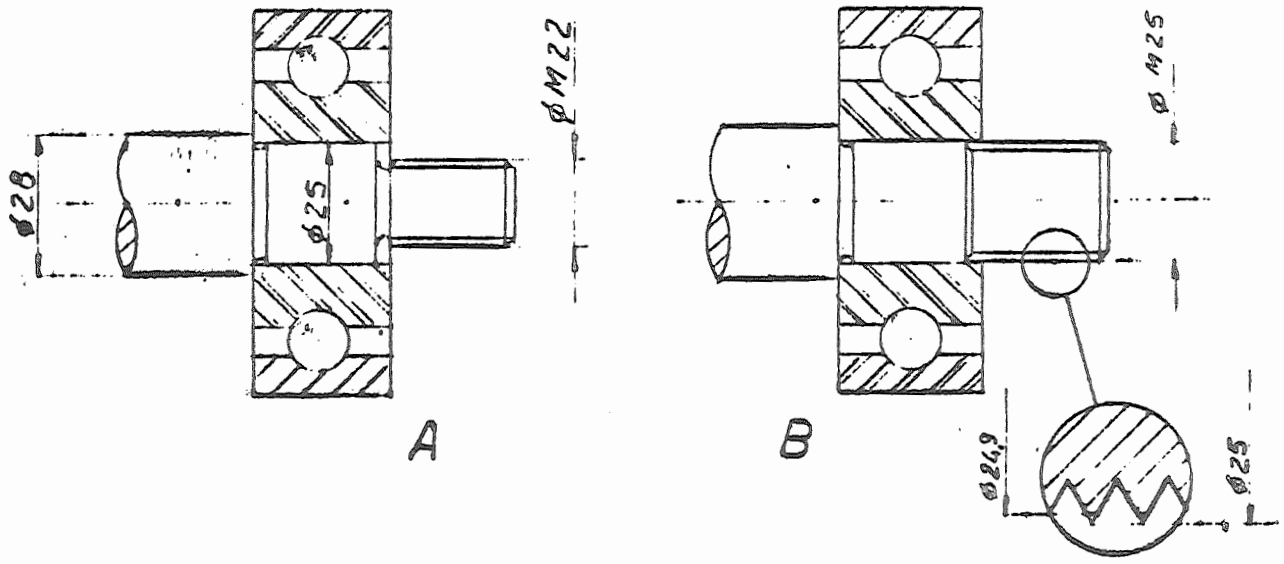
FIG 7



Sempre a espeito desse tipo de fixação, examina-se a solução da fig. 8A, que se encontra com bastante frequência, onde é visível que a parte do eixo rosuqeada, é de medida bem minor do perno do rolamento.

Quanto acima, mecanicamente correcto, ecomonicamente é errado, porque é mais oportuno rosquear com a mesma medida do perno, rebaixada do mínimo indispensável, para não forçar o rolamento / na montagem (veja fig. 8B).

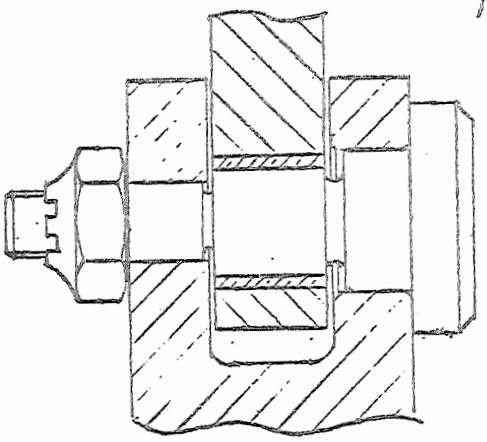
FIG 8



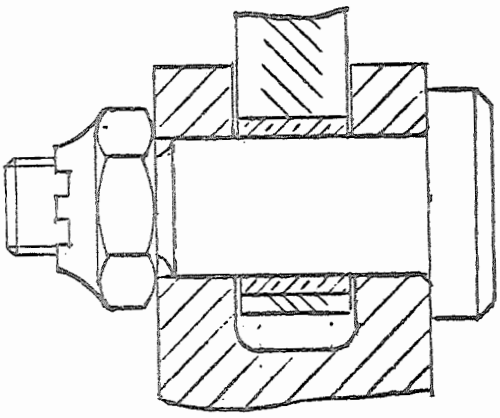
Pinos

Um outro problema que complica a vida da Produção, é representado pelos pinos de trava ou de transmissão.
Salienta-se que, característica função dos pinos, é aquela de ser os elementos de ligação entre duas partes interdependentes.
O fato de serem fixados assim de não poder escorregar, é função secundária, e, como tal, tem que ser intendida.
Na fig. 9, são apresentados vários tipos de pinos, usados para o mesmo fim.
Observa-se que o pino da fig. A, não obstante respeite perfeitamente as tolerâncias de acoplamento, provoca um custo exagerado, como o modelo da solução B que, também se simplificado, representa um / custo elevado.
Observa-se que o sistema de fixação por porca castelo, é inútil na maioria dos casos, e, por isso, a solução C, sendo a mais simples, é a ideal.

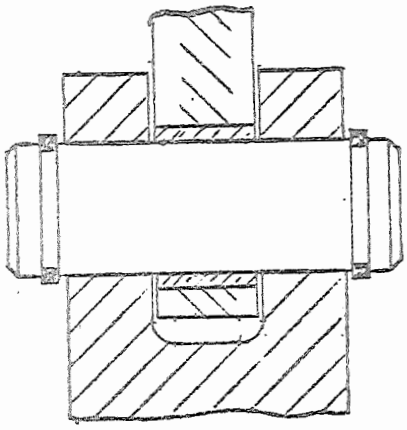
FIG. 9



A



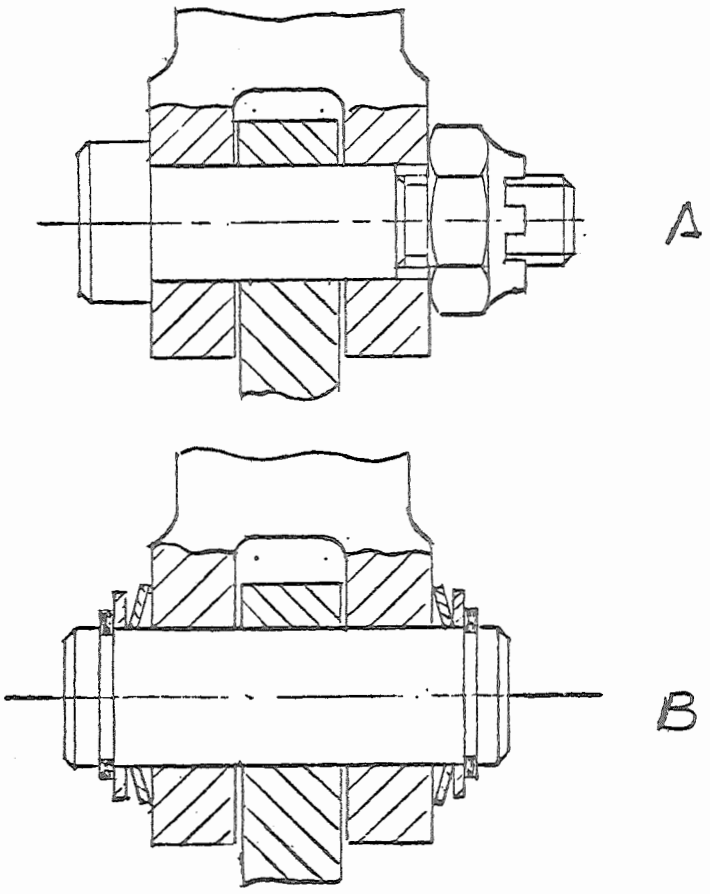
B



C

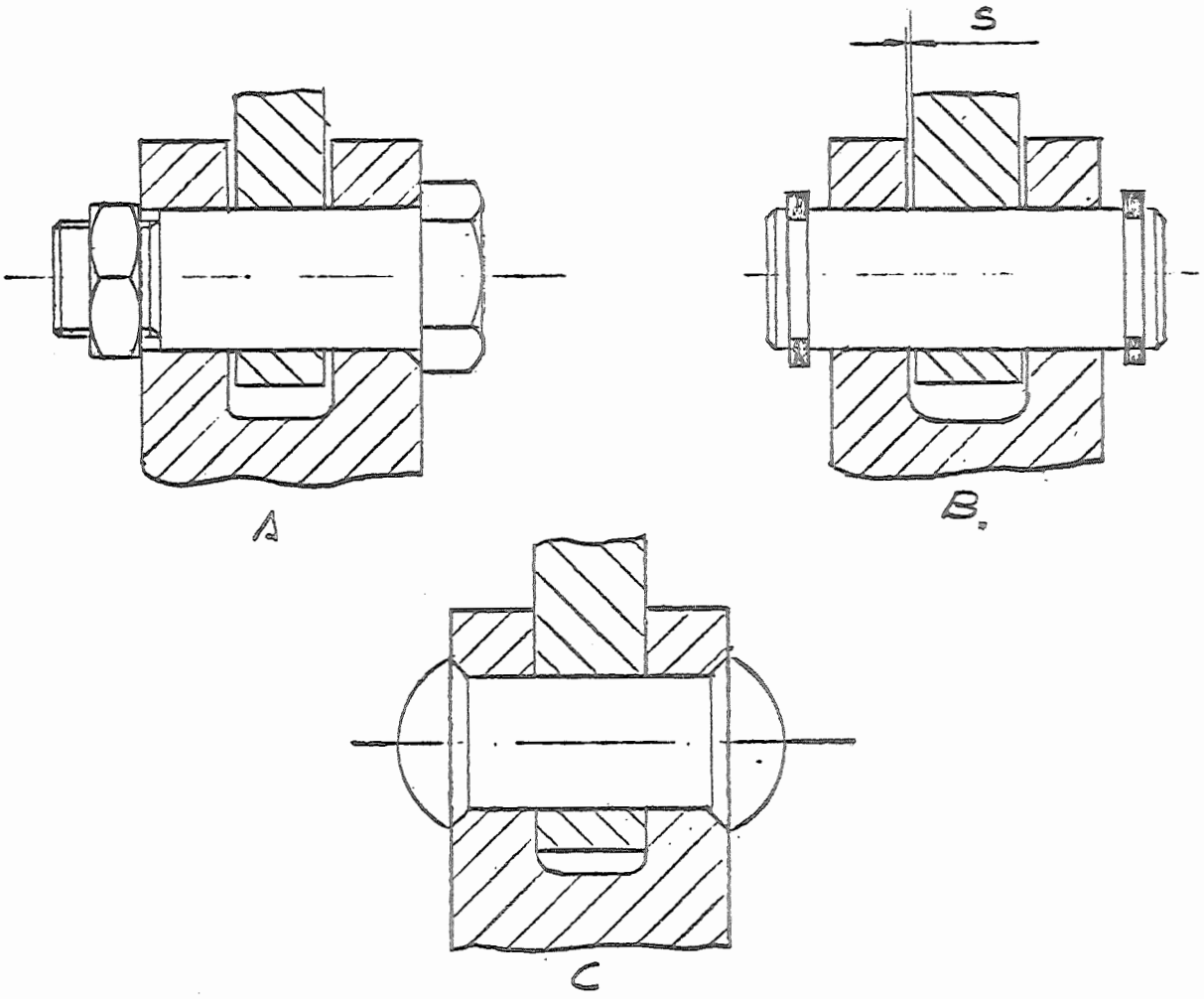
Uma vez, durante uma rifcação, feita para o projeto de um aparel de desmoldar, onde as / vibrações desmancha m os pinos da articulação, não obstante o "sov dimensionamento", foi observado que (Ver a g. 10) o pino quebrava pelos microimpactos, o idos à inercia do conjunto pino-porca, contra o garfo da sospensão.
A modificação, que prevê o encostamento do pino aos vinculos mediante interposição de molas prato, abaixou o custo dos pinos.
Portanto o erro de projeto foi causado pelo ter esquecido que a característica de evitar deslize axial é secundária, e que normalmente provoca pequenos espaços, sendo um pino feito não para manter tensões, mas para absorver esforços de corte.

FIG 10



Um outro caso, exactamente oposto ao precedente, é apresentado na fig. 11.
Na solução A primitiva, foi usada uma série de parafusos a fim de ligar os braços de uma panela para fundição de 10 t.
Na revisão desse projeto, foi observado que os parafusos acima trabalhavam com esforço composto por tração e corte, e que os inevitáveis / gradientes de temperatura, teriam aumentado / considerevolmente os esforços de tração, prejulgando gravemente a segurança da panela.
De fato o uso do parafuso era improprio, em / quanto a tensão provocada sobre as paredes era suficiente para evitar o escorregamento da peça 1 com a peça 2. O parafuso não é feito para trabalhar a corte.
Poderia-se usar um pino, como indicado na solução B, mas os espaços S, dificeis a ser eliminados, teriam provocado um esforço composto por corte e flexão.
A soluçaõ C, bem mais simples e indicada, prevê a colocação de três rebites a quente, a fim de encostar as abas da peça 1' à peça 2, possibilitando a execução das peças através da distribuição das pressões, provocadas pela contração do pino ao resfriar.

Fig. 11



As ligações eixo-peça.

Um meio característico de ligação entre os eixos e as relativas peças, é a chaveta, que originalmente era usada cônica; hoje em dia, o uso dela é muito relativo.
Já foi observado, em outra parte dessa análise, que, quando for possível, especialmente nos acoplamentos cônicos, é oportuno usar a chaveta tipo "americano", que oferece a grande vantagem de usar uma sede, obtida diretamente por uma / fresa a disco. (Ver fig. 12)
Não adianta apresentar outros exemplos com a / chaveta paralela ect., em quanto universalmente conhecidas, doutro lado, considera-se interessante analizar alguns exemplos típicos de / ligações, onde a chaveta não sendo absolutamente indispensável, pode ser eliminada.

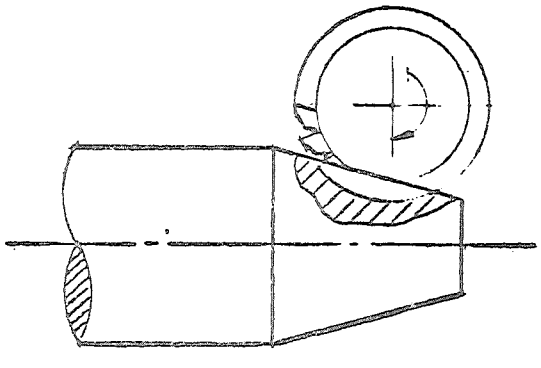


FIG 12

Na fig. 13 é visível o acoplamento de um induzido sobre o eixo primário de um motor.
Não sendo necessário o posicionamento angular, a chaveta foi eliminada, com grande vantagem / de custo.

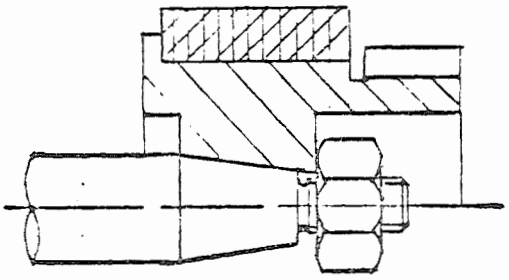


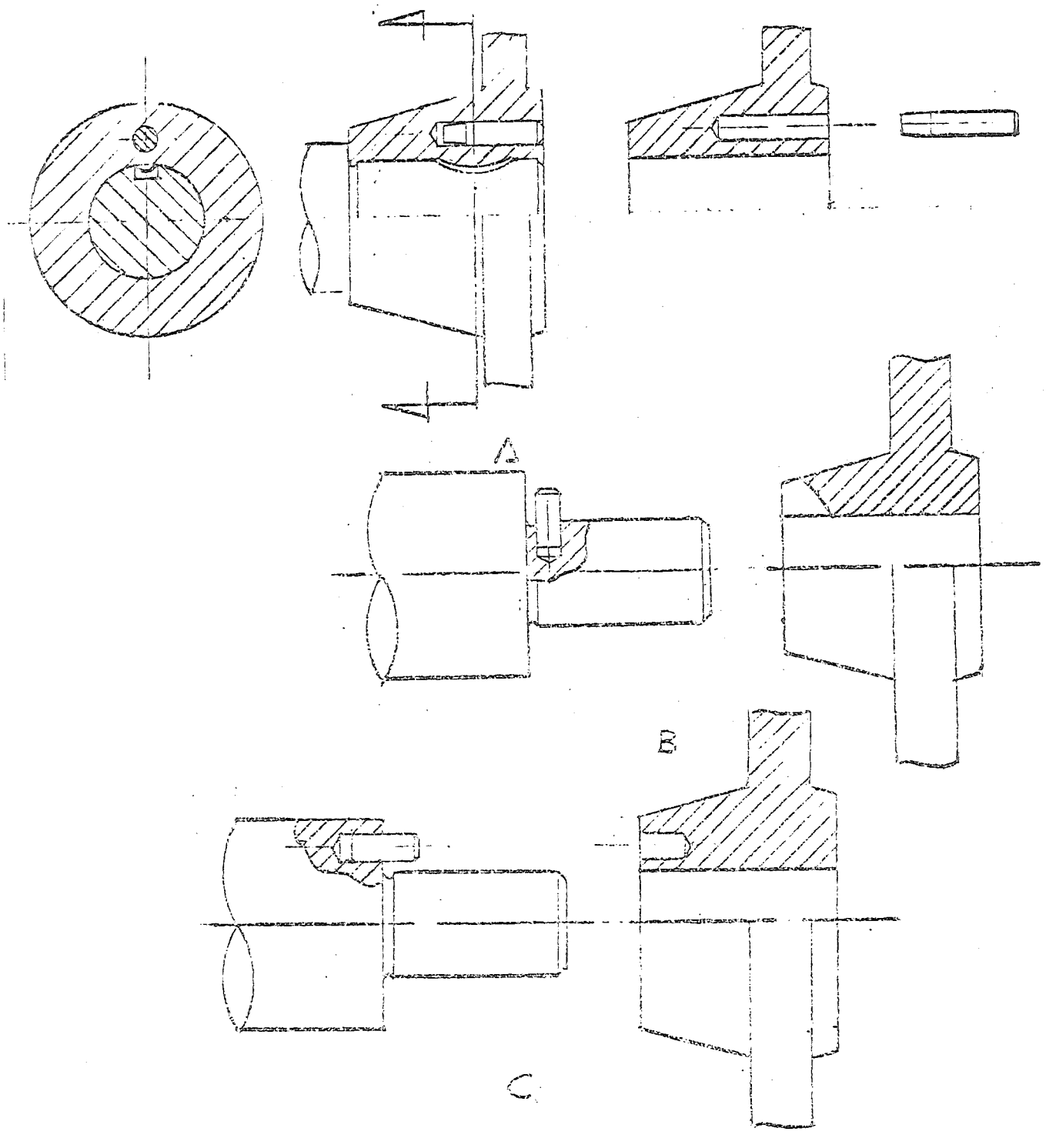
FIG. 13

Na fig. 14 são apresentados vários exemplos de como"ligar" as peças, não afetadas por grandes torques, mas que devem manter a posição axial.
Evidentemente não vale a pena de projetar esses acoplamentos através de chavetas, em quanto, / se for possível evitar a curva feita por plaina ou brocha, sempre se terá uma poupança de / tempo.
A solução A, muito simples, pode ser obtida pelo uso de furadeira e de fresa, praticamente / esplorando a capacidade de deformação do material.

A solução B, também, usa o mesmo sistema de produção.

A solução C, quando for possível, evidentemente é de uma simplicidade extrema.

FIG 14



Na fig. 15 é apresentado um sistema de montagem com um anel especial, muito usado na Europa, esse sistema pode transmitir torques bastante elevados, cuja aplicação é econômica, porque é obtida por simples operação de torno, para formar uma câmara de profundidade tabelada, assim que o anel comprimido gere um atrito suficiente a / transmitir o torque..

Os aneis acima, chamam-se também aneis compensadores, encontrando um uso específico na compensação de erros no posicionamento de rolamentos. Para melhor explicar, na fig. 16, é apresentado um sistema de montagem de rolamentos, que evita a necessidade de ter grande cuidado na execução do alojamento de rolamento; um exemplo típico é, de fato, a execução de três câmaras coaxiais.

FIG 15

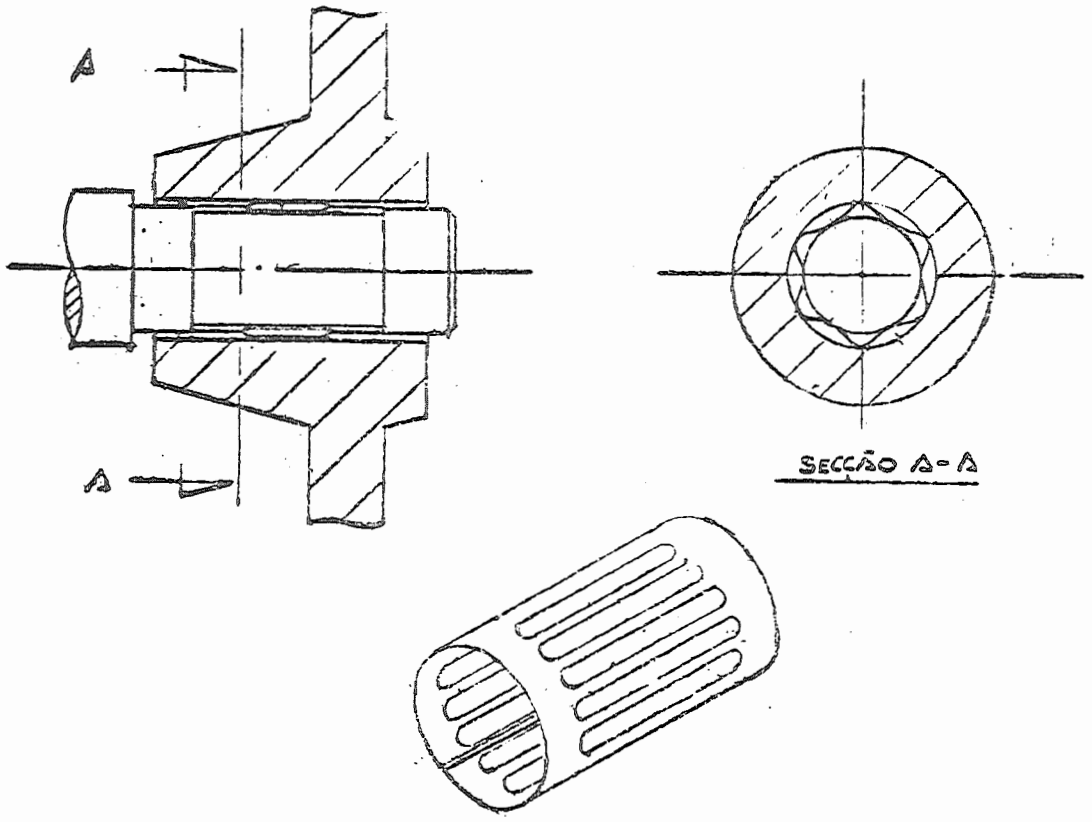


FIG. 16

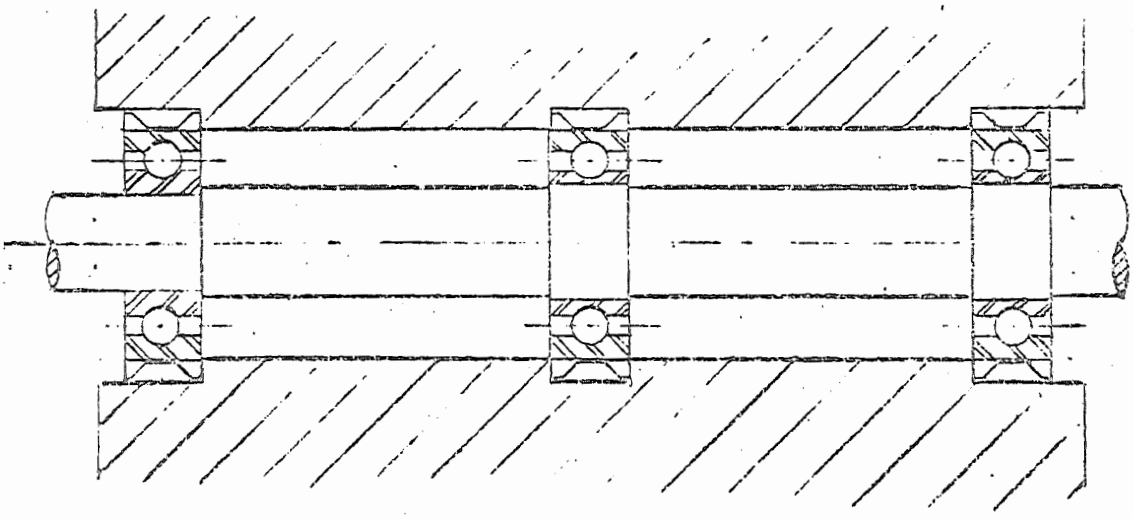
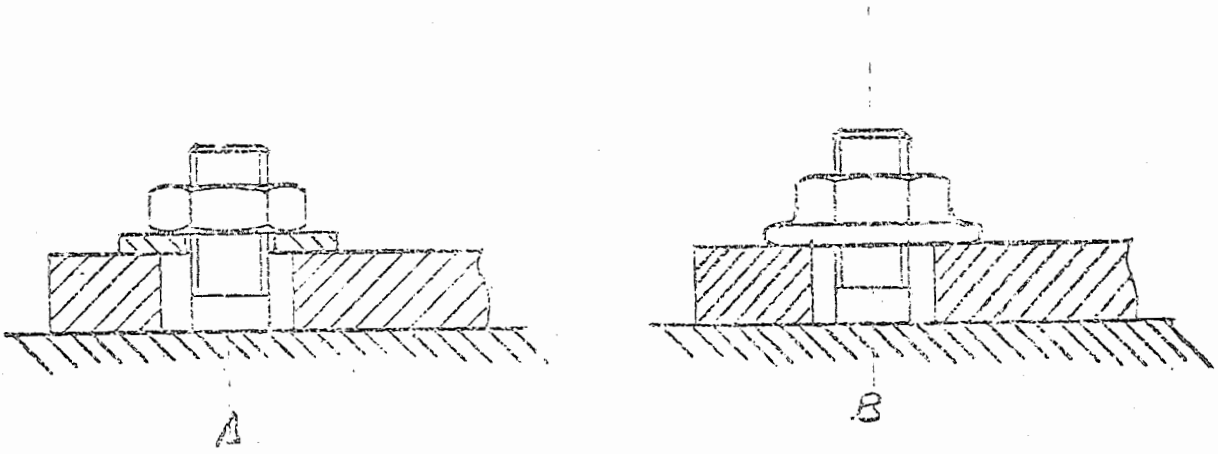


FIG 17

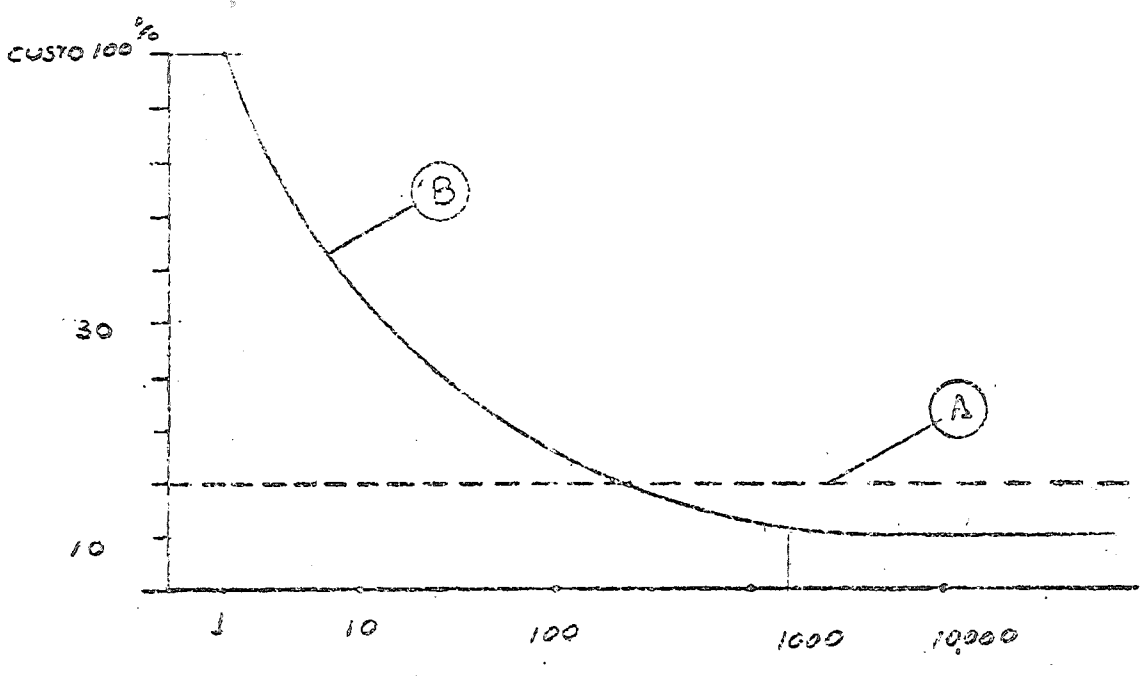


Peças normalizadas.

Nessa sede será analizada não a utilidade da / normalização, mas, simplismente, o uso dela. Contrariamente as "crenças" da maioria dos técnicos, o uso de elementos unificados não serve unicamente para os produtos de grande série, / pelo contrario, é bem mais útil quando trata-se de elementos soltos ou de pequena série.
Procuramos explicar o conceito.
No exemplo da fig. 17A, foram usadas, para o / encerramento de uma placa registrável, uma porca e uma arruela normalizadas, mas tratando-se de uma série muito grande de peças, uma sucessiva elaboração, levou os projetistas a usar / uma porca especial com aba estampada. (Solução B).
Numa série media ou pequena, o custo da porca especial teria sido inaceitável, e por isso, / era preferível recorrer a uma porca e arruela normalizadas.

Para esclarecer a redução do custo de fabricação em função do número de peças, é necessário introduzir um diagrama.
Na fig. 18, o diagrama, por si só explicativo, fornece a relação entre a redução de custo e o número de série da porca especial (curva B); e confronta o custo com o conjunto porca-arruela (Linha A).
É lógico que, acima da quantidade x, é mais barato fabricar a porca especial, o que não seria justificável abaixo da mesma quantidade x.

FIG 18



De quanto acima, é evidente que o projetista / deve fazer de série aquilo que não é, logicamente até for possível. Nessa base alcança-se um nível econômico muito bom, e, de por sí, se introduz o conceito de familia.

Chama-se familia de peças um conjunto de particulares de formas que variam somente respeito a umas dimensões, e mantem entre sí as características básicas comuns.

Exemplos: a familia de engrenagens, de alavancas, de cremalheiras, de tampas, ect.

Uma vez individuadas as familias, deve-se operar uma redução dos elementos não comuns aos / "menbros" da mesma familia. Assim procedendo, será possível conseguir economias muito grandes.

Um exemplo da grande utilidade da instituição e racionalização das familias, é apresentado / na fig. 19, onde a diferença entre a solução / original A e a sucessiva elaboração B, evita / qualquer comentário.

Nesse ponto da exposição, é necessário falar também da usinagem por "grupos", procurando, pelo / menos, fornecer uma definição.
Individua-se através da palavra "grupo", os conjuntos de peças que são afetadas por uma usinagem identica ou similar, em função do ferramental a ser usado.
Um exemplo esclarecerá as idéias.
Na fig. 20 são apresentadas duas peças, uma engrenagem e uma tampa, evidentemente não da mesma familia, mas que possuem uma usinagem aparecida, o melhor, igual pelo ferramental que é comun, ou pode ser preparado para uso comun.
Essas peças formam um grupo.
Evidentemente o conceito é fondamentalmente diferente daquilo de familia, mas os dois encaram a realidade com a mesma finalidade: render mais econômica a produção.

FIG. 19

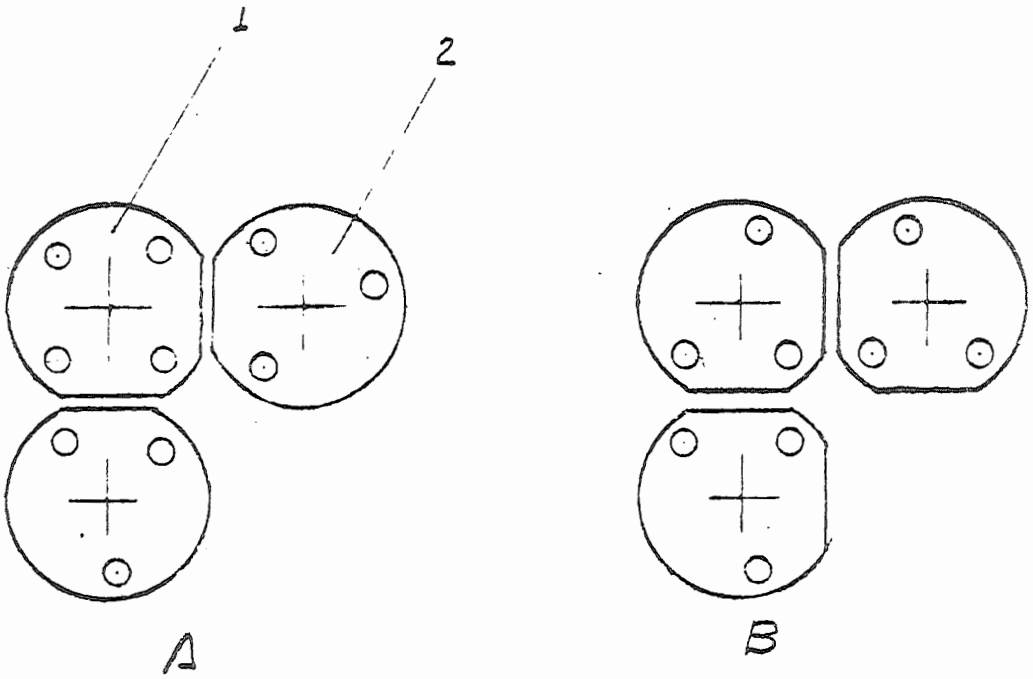
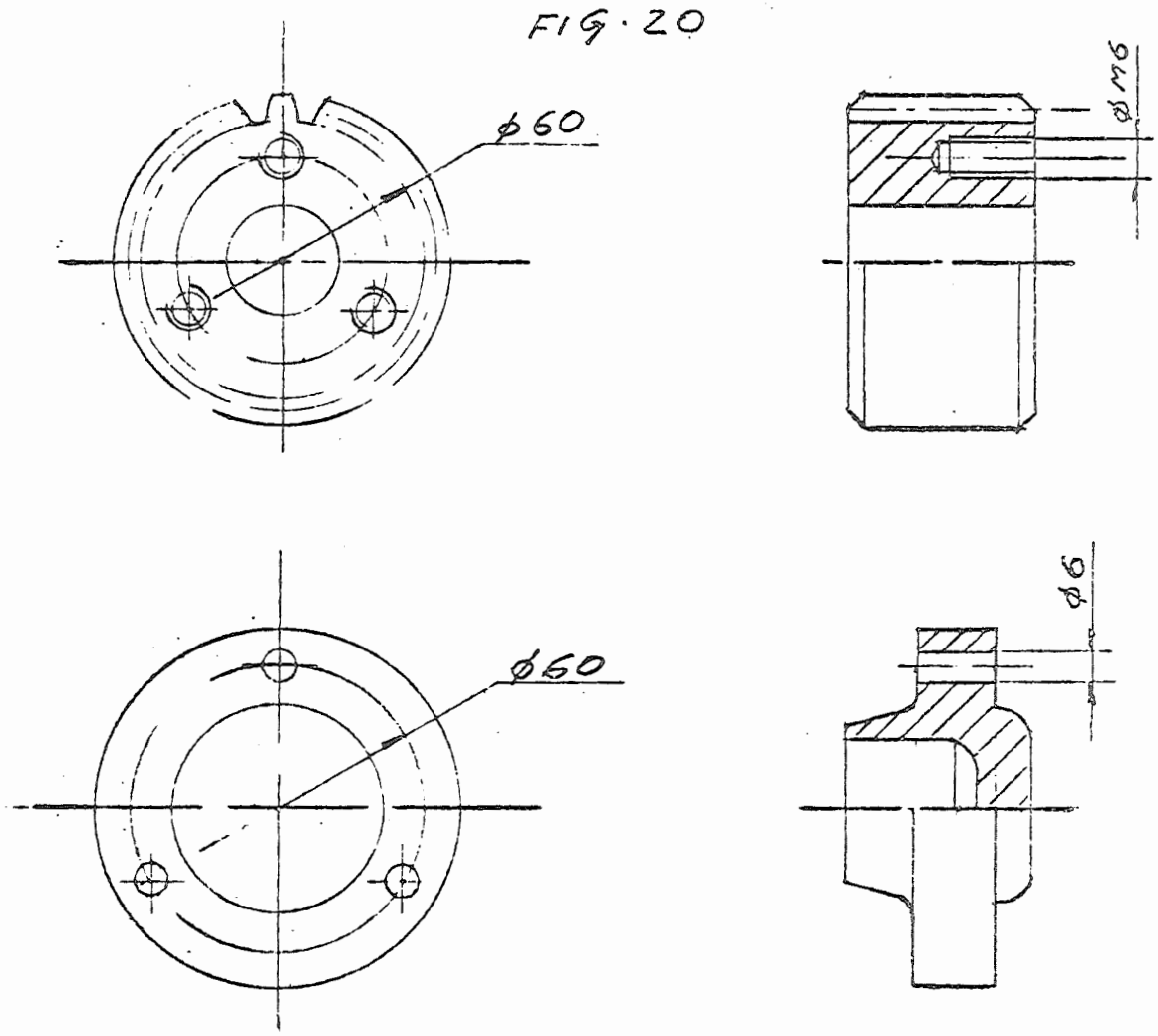


FIG. 20



TERCEIRA PARTE

C2

Rolamentos.

É conhecimento geral o uso dos comuns rolamentos de esferas e de rolos cônicos. Um pouco menos difundido é o conhecimento do uso de uns / tipos especiais, como aqueles apresentados na fig. 1.

Na fig. 2 são visíveis algumas aplicações dos tipos da fig. 1.

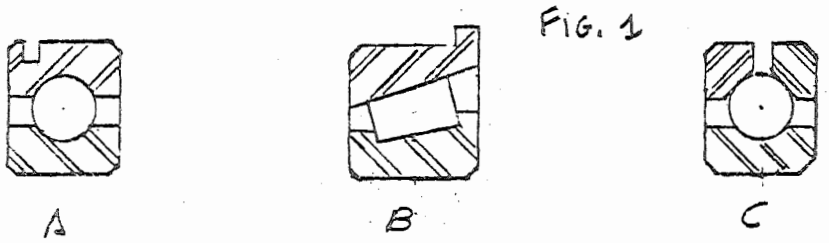


FIG. 1

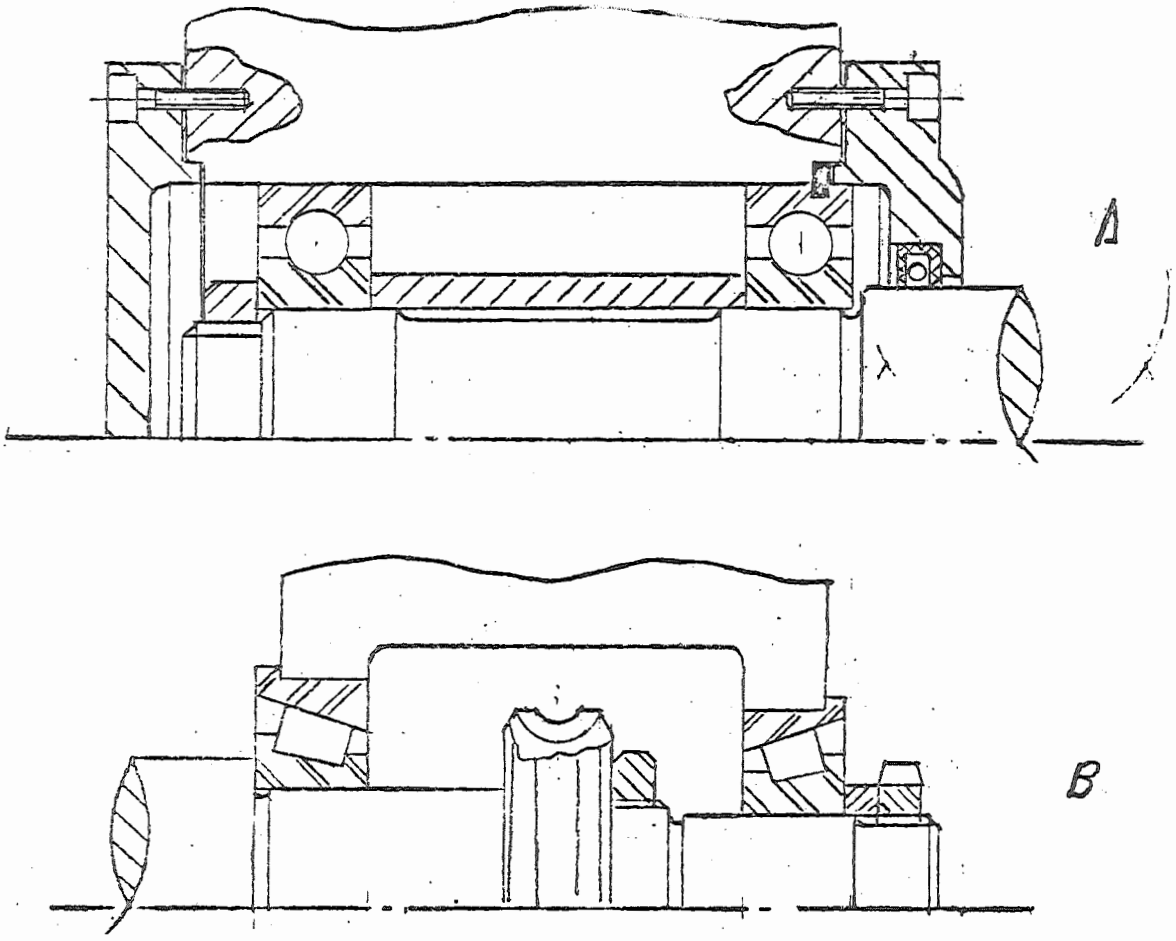


FIG 2

Em ambos os casos, o uso dos rolamentos especiais permite a usinagem dos alojamentos com uma / simples regulagem da ferramenta. Além de dar uma precisão superior de qualquer outro tipo de configuração, onde precise mudar a superfície / de usinagem, esses sistemas possibilitam a sua realização em qualquer condição, também se a fabrica não for provida de mandrilhadora, ou de / central de usinagem de C.N.

Usos frequentes de rolamentos, como aqueles acima mencionados, são feitos nos E.U.A. (veja Cincinati, Greenhe, ect.).

Um outro tipo de rolamento, não muito usado, / mas que pode ser interessante quando é importante o tamanho, é o rolamento de esferas com fios de suporte, visível na fig. 3.

Nesse caso, as esferas apoiam contra fios de aço temperado, e, como visível, são aptos a aplicações particulares.

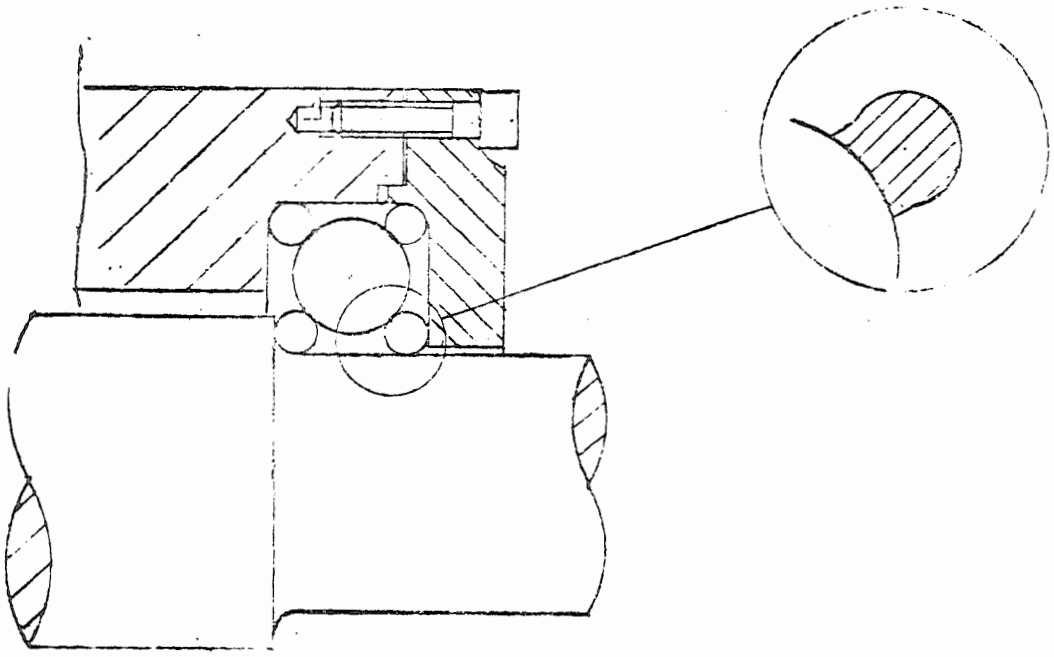


FIG 3

Simplificações e reduções de custos apreciáveis, obtêm-se pelo uso de rolamentos com vedação mono ou bilateral.
Lembra-se que, o uso de tais rolamentos evita a usinagem da sede do ánel, separado por vedação.
Nas máquinas operatrizes, a presença do ánel de vedação, após um certo periodo de uso sempre representa uma dificuldade por desmontá-lo, e, por isso, quanto menos usa-se o ánel de vedação, mais aproveitável resulta o projeto.