



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

CURSO DE CONSTRUÇÃO MECÂNICA

ARTIGO PROFISSIONAL

**TEMA: PREPARAÇÃO CONSTRUCTIVO TECNOLÓGICA DE
FABRICAÇÃO DO RASPADOR MECÂNICO DA POLPA DE
COCO**

Finalista: ERNESTO, Ramatane

Supervisor: Prof. Dr. Eng^o. Alexander P. Kourbatov

Maputo - 2006

DECLARAÇÃO SOB COMPROMISSO DE HONRA

Eu Ramatane Ernesto, filho de Ernesto Muhala e de Beatriz Leite, natural de Nampula e de nacionalidade Moçambicana, declaro por minha honra que este artigo resulta da pesquisa por mim feita e os dados que nela constam foram retiradas das referências bibliográficas indicadas e consultas ao supervisor com vista a obtenção do grau de licenciatura em Engenharia Mecânica na Universidade Eduardo Mondlane.

Assinatura

(Ramatane Ernesto)

DEDICATÓRIO

Dedico este trabalho aos meus Pais e irmãos pela compreensão e tolerância na minha formação e meus agradecimentos se estendem aos docentes da Faculdade de Engenharia em especial ao meu supervisor Prof. Dr. A. Kourbatov por ter dedicado muita atenção e ter dado orientações importantíssimas, para que este trabalho se torna-se e uma realidade.

INDICE

DECLARAÇÃO SOB COMPROMISSO DE HONRA.....	II
AGRADECIMENTOS.....	III
RESUMO.....	V
LISTA DE SIMBOLOS.....	VI
INTRODUÇÃO.....	1
1. PARTE CONSTRUCTIVA.....	3
1.1 DESCRISÃO DAS DESVANTAGENS DO PROTÓTIPO.....	3
1.2 DESCRISÃO DAS MODIFICAÇÕES DO RASPADOR.....	4
1.3 DESCRISÃO DA CONSTRUÇÃO E DO FUNCIONAMENTO DO RASPADOR.....	5
1.4 ANÁLISE DO DESTINO, DAS CONDIÇÕES DE FUNCIONAMENTO E ESCOLHA DOS MATERIAIS DAS PEÇAS.....	6
1.5 CÁLCULO DE RESISTÊNCIA E DIMENSIONAMENTO DE ALGUMAS PEÇAS.....	11
1.6 ANÁLISE CONSTRUCTIVA DO COPO.....	27
2. PREPARAÇÃO TECNOLÓGICA DE FABRICAÇÃO DO CORPO.....	30
2.1 ANÁLISE TECNOLÓGICA.....	30
2.2 ESCOLHA DO TIPO DE PRODUÇÃO E MÉTODO DE TRABALHO.....	34
2.3 ESCOLHA DA PEÇA BRUTA DO CORPO.....	35
2.4 ESCOLHA DAS BASES TECNOLÓGICAS DO CORPO.....	37
2.5 ESCOLHA DOS MÉTODOS DE TRATAMENTO DAS SUPERFÍCIES DO CORPO.....	40
2.6 ELABORAÇÃO DA ROTA DE TRATAMENTO DO CORPO.....	41
2.7 CÁLCULO DE SOBRESPESSURAS E COTAS INTERMEDIÁRIAS.....	42
2.8 ELABORAÇÃO DAS FASES.....	44
2.9 PROJEÇÃO DE EQUIPAMENTOS PARA MOLDAÇÃO.....	52
2.10 CÁLCULO DO SISTEMA DE GITAGEM.....	55
CONCLUSÕES	
RECOMENDAÇÕES	
ANEXOS	

Resumo

O uso da polpa refinada ou leite de coco para o consumo, bem como para produção de vários produtos como óleo vegetal, bolos, doces, de higiene e tratamento de pele (sabão, loções e outros), vem sendo difundido a séculos passados. Nos últimos tempos com intensificação da inovação da tecnologia de produção daqueles e do fomento do coqueiro no mundo e no país em particular, o consumo e a produção daqueles produtos ao nível das comunidades rurais, bem como das semi e urbanas tem crescido ao ritmo aceitável estimulando assim as pessoas intervenientes a aumentar esforços de criação de máquinas de processamento da polpa de coco.

O presente artigo tem por objectivo projectar um raspador mecânico da polpa de coco e elaborar o processo tecnológico de fabricação de uma peça (corpo) e é composto de duas partes, uma textual e outra gráfica.

Na primeira parte textual faz-se primeiro a descrição e análise das desvantagens do protótipo construído na disciplina curricular de Oficinas de Construção Mecânica no 9º semestre seguida da apresentação das modificações e melhorias construtivas, descrição da construção modificada e melhorada e o do seu funcionamento, bem como do cálculo de resistência de algumas peças.

Na segunda parte textual faz-se análise tecnológica e a respectiva elaboração do processo tecnológico de fabricação do corpo, incluindo a projecção do modelo, sistema de gitagem, caixa de moldação e molde montado para vazamento do corpo e complementada com conclusões e recomendações.

A parte gráfica em anexo é composta de desenhos do protótipo, desenho de conjunto do raspador e das suas peças, esquemas de tratamento do corpo, desenhos do modelo, molde montado e placa de modelo, documentação tecnológica (cartões de rota e fases), bem como extractos de tabelas e nomogramas que serviram de consulta de alguns dados de referência na elaboração do artigo.

Lista de símbolos

Símbolo	Designação	Unidades
A	área	mm ²
A_{nu}	área do núcleo da rosca	mm ²
A_{p.a.}	área da peça acabada	mm ²
A_c	área da chapa	mm ²
A_{esm}	área de esmagamento	mm ²
b	largura	mm
c	comprimento	mm
C_{um}	coeficiente de uso da máquina	
C_{um}	coeficiente de uso da ferramenta	
d	diâmetro	mm
D	dimensão	mm
D_m	dimensão do modelo	mm
D_{p.b.}	dimensão da peça bruta	mm
D_{calu}	dimensão calculada do último tratamento	mm
D_{mincal}	dimensão calculada mínima	mm
D_{mincal}	dimensão calculada máxima	mm
D^{arr}_{mincal}	dimensão mínima arredondada	mm
D^{arr}_{maxcal}	dimensão máxima arredondada,	mm
e	espessura	mm
E –	módulo de elasticidade	MPa
F_p	força aplicada manualmente	N
F_{alim}	área da secção do alimentador	mm ²
F_{ce}	área da secção transversal do colector de escoria	mm ²
F_c	Área da secção menor da coluna de vazamento	mm ²
F_c	força de corte	N
g	aceleração de gravidade	m/s ²
G	massa total das peças incluindo o sistema de gitagem	kg
H_{pf}	altura da peça fundida	mm

h	altura do semi molde	mm
H_{sg}	altura do ponto de vazamento ao canal de ataque	mm
h_{ce}	altura do colector de escoria	mm
l	braço do momento	mm
I_p	momento polar de inércia	mm ⁴
I_{yv}	momento de inércia dum pétala do veio em relação ao eixo y	mm ⁴
I_{yv}	momento de inércia dum pétala do veio em relação ao eixo y	mm ⁴
I_{yv}	é momento de inércia dum pétala do veio em relação ao eixo y	mm ⁴
I_{yv}	momento de inércia dum pétala do veio em relação ao eixo y,	mm ⁴
I_{yf}	momento de inércia do furo em relação ao eixo y	mm ⁴
I_{yr}	momento de inércia da ranhura em relação ao eixo y.	mm ⁴
IT	tolerância da dimensão	mm
K_n	coeficiente de normalização	
K_u	coeficiente de unificação	
K_p	coeficiente de precisão	
K_r	coeficiente de rugosidade	
K_{um}	coeficiente de uso do material	
K_{tf} e K_{tm}	coeficientes de correcção do tempo de duração da ferramenta	
K_{mfs}	o coeficiente de correcção de avanço	
K_{mv}	o coeficiente de correcção de velocidade de corte em função das propriedade físico mecânicas do material	
k_{esv}	coeficiente de correcção da velocidade de corte em função do estado da camada superficial da peça	
k_{lv}	coeficiente de correcção de velocidade de corte em função do comprimento do furo	
K_v	coeficiente geral de correcção de velocidade de corte	

K_{mp}	coeficiente de correcção das forças de corte e dos momentos de corte em função do material	
K_{df}	coeficiente de correcção das forças e dos momentos de corte em função do desgaste da ferramenta	
LD	linha de desmonte	
l_m	braço da manivela	mm
l_{bs}	comprimento da base superior da secção trapezoidal	mm
l_{bi}	Comprimento da base inferior da secção trapezoidal	
M_f	momento de flexão	N.mm
M_t	momento de torsor	N.mm
m_{p.a.}	massa da peça acabada	kg
m_{p.b.}	massa da peça bruta	kg
m_{pf}	massa da peça fundida	kg
n	coeficiente de segurança	
n_c	frequência de rotação da árvore principal calculada	rpm
n_m	frequência de rotação árvore principal pela máquina	rpm
N_c	potência de corte calculada	kW
N_m	potência de corte da máquina	kW
P	perímetro da forma geométrica da peça	mm
Q_n	número de superfícies normalizadas	
Q_Σ	número total de superfícies	
Q_u	numero de superfícies unificadas	
Q_{pm}	precisão média	
Q_{pi}	precisão de i - ésima superfície	
r	raio	mm
r_b	raio de bico	mm
R_{zm}	altura de irregularidade média das superfícies das peças	μm
R_{zi}	altura de irregularidade de i – ésima superfície	μm
S_v	avanço	mm/v
S_{vm}	avanço da máquina	mm/v

S_{vc}	Avanço calculado	mm/v
T	torque	N.mm
t	profundidade de corte	mm
T_e	tempo de duração da ferramenta	s
t_b	tempo básico de tratamento das superfícies	s
T_f	temperatura de fusão da liga	⁰ C
T_{sob}	temperatura de sobreaquecimento	⁰ C
T_v	temperatura de vazamento	⁰ C
t_v	tempo de vazamento	s
t_{arr}	tempo de arrefecimento	s
V_{p.b.}	volume da peça bruta	mm ³
V	volume	mm ³
V_{p.a.}	volume da peça acabada	mm ³
V_c	velocidade de corte calculada	m/min
V_r	velocidade de corte real	m/min
W_x	momento de resistência axial	mm ³
W_p	momento de resistência polar	mm ³
Z	sobresspessura	mm
Z_{mini}	sobresspessura mínima para i -ésimo tratamento,	mm
C_m, q_m, x_m, e y_m	coeficientes e expoentes para cálculo do momento de corte	
C_v, q_v, x_v, y_v, m	coeficiente e expoentes para cálculo de velocidade de corte	
C_p, k_{ap}, q_p, x_p e y_p	coeficientes e expoentes para cálculo da força de corte	
σ_r	limite de ruptura	MPa
σ_f	tensão de flexão	MPa
[σ]	tensão admissível de flexão	MPa
σ_e	limite de escoamento do material	MPa
σ_{eq}	tensão equivalente	MPa

$[\sigma_{esm}]$	tensão esmagamento admissível	MPa
σ_{esm}	Tensão de esmagamento	MPa
τ	tensão de torção	MPa
τ_c	tensão de cisalhamento	MPa
η	rendimento	
ρ_m	peso específico do material	kg/dm ³
ε_i	defeito de instalação	μm
ε_p	defeito de posicionamento	μm
ε_a	defeito de aperto	μm
ε_d	defeito de dispositivo	μm
ρ	defeito no espaço	μm
ρ_c	defeito de curvatura	μm
ρ_d	defeito de deslocamento numa superfície relativamente a outra	μm
ρ_e	defeito de excentricidade da superfície relativamente a base de medição	μm
Δ	coeficiente de rigidez	
φ e φ_1	ângulos de posição principal e auxiliar da ferramenta de corte	°
α	ângulo de incidência da ferramenta de corte	°
γ	ângulo de ataque da ferramenta	°
λ	ângulo de inclinação da aresta cortante da ferramenta	°
β	ângulo de afiação do ferro cortante	°
ω	ângulo de inclinação da ranhura helicoidal	°
β	ângulo de afiação do ferro cortante	°
μ	coeficiente de consumo de metal	
δ	espessura média da peça fundida	mm
π	coeficiente adimensional $\pi \approx 3.14$	
D_{min}^{arr}	dimensão mínima arredonda	mm

D_{max}^{arr}	dimensão máxima arredondada	mm
Z_{min}	sobresspessura mínima	μm
R_{Zi-1}	rugosidade da i-ésima passagem	μm
ρ_{i-1}	defeito do espaço da i-ésima passagem	μm
ϵ_{ii}	defeito de instalação da i-ésima passagem	
IT	tolerância	μm
D_{cal}	dimensão calculada	mm
D_{mincal}	dimensão calculada mínima	mm
D_{mincal}	dimensão calculada máxima	mm

INTRODUÇÃO

Deste os séculos passados que a polpa de coco e o leite coco e seus derivados vem sendo consumidos e usados para produção de vários produtos de higiene e de tratamento de pele (sabão, loções e outros), óleo vegetal, bolos, doces, etc. Nos últimos tempos com o desenvolvimento da ciência e técnicas de produção dos derivados de leite de coco leva a intensificação do fomento do coqueiro no mundo sem excluir o nosso país, onde consumo e a produção daqueles produtos ao nível das comunidades rurais, bem como das semi e urbanas tem crescido ao ritmo aceitável estimulando assim as pessoas intervenientes a aumentar esforços na exploração dessa e preocupação de criação de máquinas eficientes e de alto rendimento para processamento da polpa do coco, com a finalidade de criação de pequenas empresas de processamento da polpa de coco ao nível comunidades produtoras de coco, e estimular o desenvolvimento sócio económico necessário para a erradicação da pobreza absoluta e a redução do desemprego nas comunidades e conseqüentemente no país.

É comum nas nossas comunidades o uso do vulgo ralador que se mostra ser pouco eficiente e de baixo rendimento. E com o actual estagio do fomento do coqueiro no país e de crescimento das nossas comunidades e devido a intervenção do governo na sua política de erradicação da pobreza absoluta e redução do desemprego nas comunidades bem como a estimulação de iniciativas de auto emprego justifica-se a produção do raspador de coco de maior eficiência e rendimento para abastecer o mercado nacional a custo razoável .

O presente artigo, tem por objectivo projectar um raspador de coco eficiente e acessivo para uso individual a partir de um protótipo construído pelo autor nas oficinas de construção mecânica do DEMA na disciplina do 9º semestre, Oficinas de Construção Mecânica com intuito de melhorar a construção, para aumentar a eficácia e rendimento, bem como a comodidade de uso, uma vez que no nosso país existem muito poucas fábricas que se dedicam ao processamento da polpa de coco e essas usam máquinas sofisticadas de elevado custo e maioria delas fazendo o processamento da copra.

Além disso, o artigo visa fazer análise construtiva e tecnológica do corpo e apresentar os desenhos de montagem e das peças do raspador, elaborar o processo tecnológico de fabricação do corpo, apresentar a sua documentação tecnológica e projectar o equipamento especial para fabricação do corpo.

O artigo é constituído de duas partes uma parte textual e outra gráfica. Na primeira parte textual faz-se primeiro a descrição e análise das desvantagens do protótipo construído na disciplina curricular de Oficinas de Construção Mecânica no 9º semestre seguida da apresentação das modificações e melhorias construtivas, descrição da construção modificada e melhorada e o do seu funcionamento. Segue-se com análise construtiva, condições de funcionamento e escolha do material de todas peças, cálculo de resistência e dimensionamento de algumas peças. Na segunda parte textual faz-se análise tecnológica e elaboração do processo tecnológico de fabricação do corpo, onde se faz a projecção do modelo, macho, cálculo dos elementos do sistema de gitos e molde para o vazamento do corpo e no fim conclusões e recomendações para o uso do raspador.

Na parte gráfica em anexo apresentam-se desenhos de conjunto do raspador e das suas peças, do protótipo, esquemas de tratamento do corpo e seus respectivos documentos tecnológicos (cartões de rota e de fase), e desenhos de modelo e molde montado para vazamento do corpo, placa de modelo, caixa de moldação e fascículos de tabelas, nomogramas que serviram de consulta na elaboração do artigo.

1. PARTE CONSTRUCTIVA

1.1 DESCRIÇÃO DAS DESVANTAGENS DO PROTÓTIPO

O protótipo de raspador da polpa de coco apresentado no desenho em do protótipo anexo 2 apresenta as seguintes desvantagens:

1. As dimensões e a forma geométrica da faca mostram-se relativamente maiores o que dificulta a raspagem de coco em caso deste ser pequeno, além disso o tipo de afiação da faca faz com que a polpa do coco se esmalgue não cortando com eficácia e rendimento que se pretende.
2. O ajustamento escolhido para fixar o casquilho na bucha oferece uma folga de 30 µm o que pode provocar falha no funcionamento do raspador se a carga aplicada for suficientemente maior o que poderá criar desgaste precoce e consequentemente um deslizamento e falha da máquina.
3. Como maioria das peças não são de grande responsabilidade, a precisão de dimensões livres escolhida (12^a precisão) na maior parte de peças encarecerão os processos de produção das peças.
4. A espessura ou seja a área de secção transversal das pernas e dos componentes do dispositivo de fixação é muito maior mostrando altíssima rigidez, desperdício do material e consequentemente aumento do custo do produto.
5. Verifica-se um excessivo uso de ligações roscadas na base do protótipo que aumentam o tempo de montagem por um lado e peso do conjunto por outro.
6. A ligação roscada usada para unir cabo com manivela e este com o veio executivo, devido ao modo de funcionamento, mostra-se desvantajosa pelo facto de poder ocorrer o desaparafusamento além disso a construção da manivela apresentada é susceptível a destruição por flexão.

1.2 DESCRIÇÃO DAS MODIFICAÇÕES DO RASPADOR

Depois da análise das desvantagens apresentadas no ponto 1.1 e para que o raspador desempenhe a sua função com maior eficácia, rendimento apareceu a ideia e necessidade de modificar a construção que consistirá em:

1. Eliminar os elementos de ligação entre o dispositivo de fixação com a base, as pernas com a base, bem como a ligação soldada entre as pernas e a bucha. Em substituição projectar –se –a um único corpo fundido que incorpore o dispositivo de fixação, perna e bucha, o que vai culminar com a substituição dos vários e diferentes processos de fabricação por um (veja o desenho do corpo e desenho do protótipo em anexo).
2. Para evitar o desaperto do cabo far-se-á o cabo de duas peças: o cabo e perno, onde o cabo desliza relativamente ao perno.
3. A geometria da parte cortante e a afiação da faca será de acordo como mostra o desenho da faca, e a fixação por parafusos desta no veio será substituída por pinos com recalçamento para criar ressaltos que evitem deslocamento dos pinos.
4. Para eliminar o maior risco de destruição da manivela por flexão modifica-se a sua construção substituindo com uma única peça fundida com objectivo de aumentar a sua rigidez e diminuir os processos de fabricação.
5. Com objectivo de diminuir o custo do processo de fabricação e peso do cabo, este será feito de plástico poliamídico.
6. Para diminuir ruído durante o funcionamento e diminuir o coeficiente de atrito, bem como o peso, o casquilho será feito de kapron. E será modificada a construção do casquilho para diminuir os processos da sua fabricação e montagem, passando de montagem por pressão para colagem.

1.3 DESCRIÇÃO DA CONSTRUÇÃO E DO FUNCIONAMENTO DO RASPADOR

O raspador de coco é uma máquina de uso doméstico que tem por fim raspar a polpa de coco. Pretende-se com esta máquina diminuir o esforço empreendido no raspador comum, bem como aumentar a comodidade, eficácia e rendimento durante a raspagem da polpa de coco.

Pode ser utilizado também em restaurantes ou bares que necessitem de confeccionar refeições a base de leite de coco ou ainda em pequenas empresas que pretendam processar a polpa de coco para posterior refinação ou outros fins como produção de sabão, óleos, bolos, doces, etc.

O raspador segundo o desenho de conjunto apresentado no anexo 3 com código DEMA AP10050600 é composto de corpo 7 onde se fixa por colagem o casquilho 6 por onde desliza o veio 4 movido com a manivela 3 que recebe o torque gerado pela força manual aplicada no cabo 2 que assenta no perno 1, ligado por meio da rosca com a manivela. A faca 8 é fixada no veio por aperto através dos pinos 12. O raspador será fixado na mesa de trabalho através do grampo que está incorporado no corpo, cujo aperto é feito pelo parafuso 11 e assentando-se na mesa de trabalho pela face do disco 9 e para diminuir desgaste da rosca no furo 9 do corpo 7 funde-se uma bucha com furo roscado 10 de material resistente a desgaste.

O raspador instala-se no bordo da mesa que entra na boca do corpo e aperta-se por meio do parafuso 11. Por baixo do raspador, na mesa coloca-se um prato para recolher o coco ralado. Com a mão esquerda pega-se na metade do coco e a parte interna aproxima-se a faca 8. Começa-se a girar a faca através do cabo 2, manivela 3 e veio 4 e aplica-se força no coco alterando suas inclinações nos sentidos diversos para raspar a polpa de coco. Após o uso é necessário lavar e limpar o raspador.

1.4 ANÁLISE DO DESTINO, DAS CONDIÇÕES DE FUNCIONAMENTO E ESCOLHA DOS MATERIAIS DAS PEÇAS.

CORPO 7

O corpo destina-se a acomodar as peças do raspador e permitir a instalação na mesa de trabalho. É submetido a pequenas cargas transmitidas através do casquilho como forças radiais devidas a pressões do veio sobre o casquilho. É de salientar que também absorve tensões de flexão de baixo nível, devido a força de aperto no parafuso de fixação susceptíveis de criar micro fissuras e levar a destruição do corpo por fadiga a longo prazo sem excluir a pequena intensidade de desgaste na rosca, mas para diminuir este desgaste fundiremos conjuntamente o corpo com uma bucha com furo roscado de aço C_T5 que têm resistência ao desgaste suficiente.

O corpo pega-se a mão que pode estar molhada com água e pode ter contacto com sumo de coco, sujeitando assim à humidade em 100% e durante a raspagem pode-se gerar temperaturas entre 40° a 50°C e geralmente é armazenado na cozinha onde existem agentes agressores ao material da peça não muito violentos como a água doce, fumos de alimentos confeccionados de varia natureza, mas que não proporcionam oxidação intensiva nos materiais.

Para aguentar as condições de funcionamento descritas acima, o corpo pode ser feito de ferro fundido ou de liga de alumínio (silualumínio) que têm boa tenacidade, plasticidade, segurança no trabalho, durabilidade e bem como a resistência a corrosão.

Tomando em conta a espessura das paredes da peça e uma vez que a peça é de baixa responsabilidade escolhemos preliminarmente dois materiais, ferro fundido C415 e silualumínio A12.

Os dois materiais são pouco susceptíveis a grande concentração de tensões internas capazes de desenvolver fissuras que levem a destruição por fadiga por causa das cargas cíclicas ou tensões de compressão e além disso são baratos e têm boa fluidez sendo a liga de alumínio mais cara mas menos pesada e com coeficiente de fluidez maior que o ferro fundido e além disso tem temperatura de fusão menor. Portanto dos dois escolhemos silualumínio (12%) com limite de resistência à tracção 220 MPa, limite de escoamento à tracção 90 MPa, alongamento específico 7.0% e com temperatura de fusão menor que o ferro fundido [6].

FACA 8

A faca destina-se a raspar a polpa de coco pelas faces dos dentes. Recebe momento torsor durante raspagem da polpa de coco, através do veio com velocidades iguais a do veio. E neste processo são envolvidas forças de reacção do homem que podem atingir os 15 kg e gera-se calor com temperaturas na ordem de 40 a 50^oC.

Devido ainda a rotação e forças aplicadas a faca é também submetido a tensões de flexão e torção de nível médio que podem levar a destruição por corte na zona de concordância. Mas a grande destruição pode ocorrer nas faces de corte dos dentes por desgaste devido ao contacto com o coco ou ainda por oxidação, uma vez que o coco é um produto com componentes químicos e oleaginosos e susceptíveis de atacar o material da faca e levar a destruição por oxidação. O ambiente onde funcionará a faca é totalmente húmido e de grande concentração de agentes agressores ao material.

A faca vai processar produto alimentar por isso o material a escolher deve ser resistente a corrosão de maneiras para que partículas oxidadas não sejam consumidas pelo homem e ponha em risco a sua saúde. Por isso para aguentar condição de funcionamento bem como as tensões de torção e flexão [6] recomenda aço inoxidável e escolhemos especificamente aço 40X13 (0.4%C, 13% Cr, Mn menor que 0.8%, e Si menos que 0.8%, $\sigma_r = 1600$ MPa e $\sigma_e = 1300$ MPa) por recomendações de [6] será submetido ao tratamento térmico de tempera entre 950 a 1050^oC para aumentar a dureza dos dentes e posterior revenimento baixo entre 600 a 620^oC para aliviar as tensões, aumentar a tenacidade e atingir dureza HRC50-55

VEIO 4

O veio destina-se a transmitir momento torsor ao raspador do coco. Recebe momento torsor da manivela e transmite para a faca com velocidade que pode atingir 50 a 150 rpm e gera-se calor com temperaturas na ordem 40^o a 50^o que não provoca alterações estruturais do material. O veio entra em contacto mutuo com o casquilho sendo submetido ao desgaste com pressões de baixo nível. Para minimizar este desgaste esta superfície deve ser lubrificada ou então o par deve ser de material de baixo coeficiente de atrito. O momento transmitido pode provocar tensões cíclicas originando batimentos e choques de pequeníssima intensidade bem como tensões de

flexão e torção que podem levar a destruição do veio no fundo da ranhura. Maior parte do veio não fica submetida a humidade em 100%, só a zona próxima da faca fica sujeita a ataque químico do sumo de coco.

Para aguentar as condições de funcionamento acima descritas recomendam-se os aços de construção C_T6 ou Aço45 que são susceptíveis ao tratamento térmico. O aço C_T6 tem resistência mecânica aproximadamente igual à de aço 45 e pode ser submetido a tempera e revenimento alto para melhorar a resistência mecânica. Escolhemos o aço C_T6 (0.43% C) que no estado laminado tem limite de resistência à tracção 700 MPa, limite de escoamento à tracção 310 MPa, alongamento relativo 11-16% e dureza 190-240HB, modulo de elasticidade 21000 kgf/m²) que é barato com propriedades mecânicas médias. Depois de têmpera e revenimento alto o aço C_T6 tem $\sigma_r = 835$ MPa e $\sigma_e = 540$ MPa

CASQUILHO 6

O casquilho é submetido a pressões na sua superfície interna que provocam tensões de compressão de nível baixo que podem sujeitar um desgaste na superfície de contacto com o veio devido ao atrito entre elas e choques de pequena intensidade. Durante a transmissão de movimento podem –se gerar temperaturas na ordem de 40° a 50°C. O casquilho é montado no furo do corpo onde esta sujeito ao contacto a pequena quantidade de agua, óleo ou sumo de coco por isso funcionará no ambiente com baixo índice de humidade.

Como o casquilho é submetido ao atrito e pequena velocidade, recomenda-se usar materiais com pequeno coeficiente de atrito para permitir melhor deslizamento. De [7] recomendam-se casquilhos de bronze Б_pАЖ9-4, latão ЛКC80-3-3 ou plásticos poliamidicos (especificamente kapron AK7). Excluimos os dois primeiros por serem mais caros relativamente ao kapron AK7 que é barato e com um coeficiente de atrito baixo e trabalha bem com baixas pressões e velocidades e usado para máquinas com pequena responsabilidade.

MANIVELA 3

A manivela serve como braço da força aplicada no cabo, que transmite momento torçor para o veio com velocidades na ordem 50 a 150 rpm. Ela é submetida a tensões de flexão e torção bem cíclicas devido a variação do sentido da força aplicada de nível médio que podem destruir a manivela por fadiga. As superfícies roscadas entram em contacto com o veio e perno respectivamente e sofrem esmagamento cíclico de pequena intensidade e que depois de muito tempo de funcionamento pode proporcionar a sua destruição e desaparafusamento. Durante a transmissão do momento torsor gera-se calor com temperaturas na ordem de 40 a 50°C faz-se contacto com as mãos que podem estar molhadas atingindo a humidade em 100%.

Para aguentar as condições de funcionamento descritas acima recomenda-se de [7] ferro fundido que tem boa capacidade de absorver tensões cíclicas, especificamente C410 ou C415 para peças de baixa responsabilidade mas que têm resistência a corrosão.

Dos dois escolhemos C415 com composição química (3.5% C, 2% Si, 1.2% Mn) que tem limite de resistência à tracção 150 MPa, limite de flexão 320 MPa, boa fluidez, alongamento específico menor que 1.0%, resiliência 2.0 N.m/cm² e dureza 130-240HB, modulo de elasticidade 21000 kgf/m². Este ferro fundido depois de fundido é submetido a recosimento.

PERNO 1

O perno serve para alojar o cabo e fixar este na manivela e durante a aplicação de força manual no cabo este é submetido a tensões de flexão de nível médio que podem levar a destruição por corte e além disso a rosca sofre esmagamento de pequena intensidade. Este vai funcionar nas condições de humidade do meio ambiente, mas uma parte da peça fica dentro do cabo e sofre atrito e gera-se calor com temperatura na ordem de 40 a 50° C.

Para aguentar as condições de funcionamento acima descritos sobretudo a resistência a flexão e tomando em conta que o diâmetro é pequeno, escolhemos aço C_T5 (0.3%C, 0.2%Si, 0.5%Mn) que no estado laminado tem $\sigma_r = 620$ MPa, $\sigma_e = 280$ MPa).

O aço C_T 5 é susceptível a têmpera, é barato e usina-se bem nas máquinas ferramentas. Depois de têmpera e revenimento alto ele têm $\sigma_r = 760$ MPa, $\sigma_e = 490$ MPa.

CABO 2

O cabo serve para segurar e aplicar força manual que vai gerar momento para o veio (na ordem de 15 kg incluindo cargas bruscas aplicadas verticalmente para baixo). Neste processo ele sofre tensões de compressão e desgaste no furo por deslizamento relativamente ao perno.

Durante a transmissão de momento com velocidades que pode atingir 50 a 150 rpm gera-se calor com temperaturas que não provocam alterações estruturais do material.

As temperaturas na zona de atrito do cabo com perno podem atingir 25° a 40° C devido ao calor gerado por fogões e outros domésticos. Existem também agentes agressores ao material da peça não violentos como a água doce, fumos de alimentos confeccionados de varia natureza, mas que não proporcionam oxidação intensiva nos materiais e sem excluir a humidade que pode atingir 100% na cozinha ou nas mãos de quem maneja.

Para aguentar as condições de funcionamento acima descritos sobretudo a resistência ao desgaste escolhemos materiais com pequeno coeficiente de atrito madeira ou plástico poliamídico. Como o cabo é submetido a pressões de nível médio recomenda-se de [6] usar materiais com pequeno coeficiente de atrito para diminuir desgaste. E como a madeira necessita o de tratamento mecânico para receber forma geométrica pretendida escolhemos plástico poliamídico que não necessita de usinagem e pode ser usado no estado fundido.

PARAFUSO 11

Destina-se ao aperto do raspador na mesa de trabalho. Ele é submetido a momento torsor transmitido através dos dedos da mão que na zona roscada entra em atrito com o par roscado, estando sujeito a pressões que podem levar ao desgaste da rosca e sofre também tensões de flexão. Nestas condições pode-se gerar calor com temperaturas na ordem de 25 a 40° C e humidade que pode atingir 100% por causa do contacto com as mãos. Para aguentar as condições de funcionamento acima descritas escolhemos aço de construção C-3 que suporta cargas baixas e é barato com $\sigma_r = 400$ MPa e $\sigma_e = 240$ MPa e pode ser facilmente deformável para criar cabeça.

1.5 CÁLCULO DE RESISTÊNCIA E DIMENSIONAMENTO DE ALGUMAS PEÇAS

Neste sub capítulo far-se-á o dimensionamento do perno, veio, casquilho e pinos. Para manivela e faca far-se-á a verificação de resistência das secções escolhidas, visto que são estas que recebem mais esforços durante a raspagem da polpa de coco.

O esquema de carregamento do raspador esta apresentado na figura a seguir.

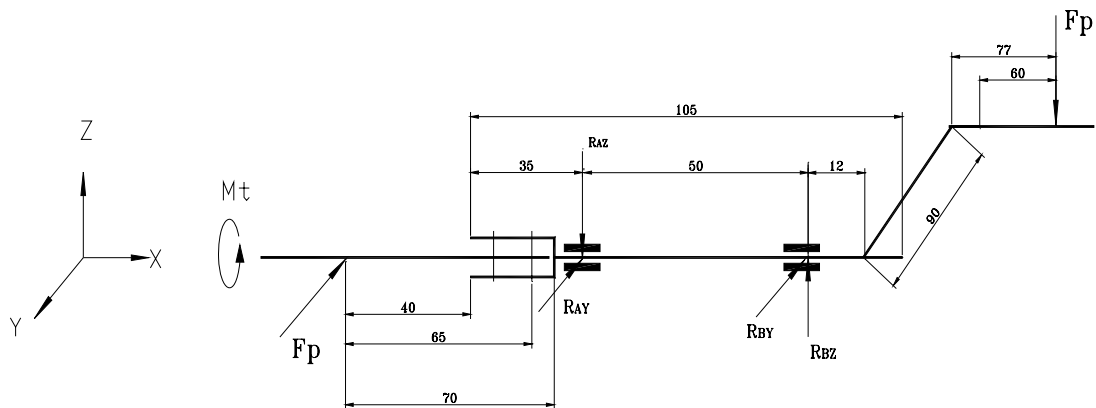


Figura 1. Esquema de carregamento do veio

Cálculo dos momentos torsores

O momento torsor na entrada (trecho direito do veio), determina –se pela fórmula a seguir:

$$T = F_p \cdot l_m \quad (1)$$

onde: T é torque transmitido ao veio pela manivela com a força manual (F_p) que estimamos em 15 kg (150 N) com braço da manivela l_m , que é igual a $l_m = 90$ mm (ver desenho do conjunto),

Logo: $T = 150 \cdot 90 = 13500$ N.mm

O momento torsor transmitido diminui no veio, devido ao atrito no casquilho, por isso o momento torsor será determinado pela relação a seguir:

$$M_t = F_p \cdot l_m \cdot \eta \quad (2)$$

onde: η é rendimento que devido ao atrito que tomamos $\eta = 0,97$ logo de (2):

$M_t = 150 \cdot 90 \cdot 0,97 = 13095$ N.mm

Dimensionamento do perno 1

O carregamento do perno é do tipo consola encastrada na manivela, onde o momento máximo ocorre no encastramento (no troço roscado que se fixa na manivela).

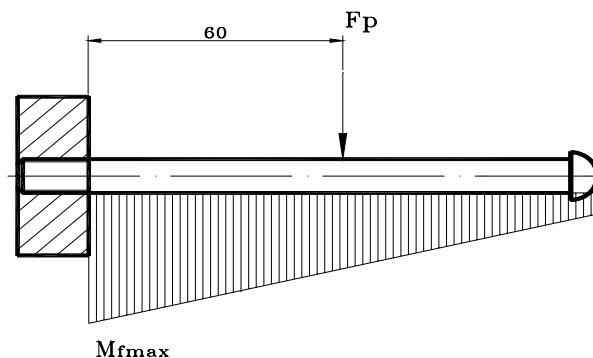


Figura2. Esquema de carregamento do perno.

O momento flector máximo determina-se pela relação:

$$M_{fmax} = F_p \cdot l \quad (3)$$

Onde: l o braço do momento de flexão $l = 60$ mm,

Então: $M_{fmax} = 150 \cdot 60 = 9000$ N.mm

O diâmetro da raiz da rosca do perno é determinado a partir da condição de resistência a flexão pela relação:

$$\sigma_f = M_{f\max}/W_x \leq [\sigma_f] \quad (4)$$

Onde: σ_f – é tensão de flexão; W_x - momento de resistência axial; $[\sigma_f]$ – é tensão admissível de flexão.

A tensão de flexão admissível é determinada pela relação

$$[\sigma_f] = 0,4 \cdot \sigma_e \quad (5)$$

Onde: σ_e é limite de escoamento do material que é igual a 490 MPa para o aço C-5 escolhido no sub capítulo 1.4

Logo: $[\sigma_f] = 0,4 \cdot 490 = 196$ MPa

O momento de resistência axial para secção circular determina-se pela relação

$$W_x = 0,1 \cdot d^3 \quad (6)$$

Logo substituindo 6 em 4 o diâmetro determinar-se-á pela relação:

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{f\max}}{0,1 \cdot [\sigma_f]}} \quad (7)$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{9000}{0,1 \cdot 196}}$$

$$d = 7,7 \text{ mm}$$

Para maior segurança escolheremos rosca de diâmetro nominal M10 com diâmetro da raiz da rosca próximo maior ao calculado $d = 8,052$ mm [8] e de recomendações projectivas de [1] o comprimento da rosca tomamos $l_1 = 14$ mm, comprimento do perno $l = 105$ mm e raio da cabeça do perno $d_1 = 16$ mm e as dimensões da rosca estão representadas no desenho do perno.

Dimensionamento do veio 4

O veio é de baixa velocidade e de aço C_T6 e é de salientar que o material escolhido é susceptível a têmpera e revenimento alto para aumentar a resistência mecânica e superficial.

Determinação do diâmetro prévio do veio

A determinação do diâmetro prévio (diâmetro da raiz da rosca) faz-se de acordo com o critério de resistência à torção pela fórmula a seguir:

$$\tau \approx \frac{T}{W_p} \leq [\tau] \quad (8)$$

Onde: τ é tensão a torção, $[\tau]$ é tensão admissível a torção reduzida e para o material escolhido é $[\tau] = 30$ MPa [3], e W_p é momento de resistência polar e para secção circular determina-se pela fórmula a seguir:

$$W_p = 0,2 \cdot d^3 \quad (9)$$

Substituindo (9) em (8) e isolando d , o diâmetro prévio será determinado pela fórmula:

$$d_{v1} = \sqrt[3]{\frac{T}{0,2 \cdot [\tau]}} \quad (10)$$

$$d_{v1} = \sqrt[3]{\frac{13500}{0,2 \cdot 30}} = 13,1 \text{ mm}$$

Tomamos de [8] diâmetro da raiz da rosca próximo maior do calculado $d = 13,402$ mm que corresponde a rosca M16 e de recomendações projectivas de [1] tomamos comprimento do primeiro trecho $l_1 = 20$ mm e as restantes dimensões da rosca estão representadas no desenho do veio.

Os diâmetros dos outros escalões determinam-se pela fórmula:

$$d_i = d_{i-1} + 2t ; \text{ para } d = 10 \dots 20 \text{ [7] e o acréscimo } t = 1 \dots 2,5 \quad (11)$$

Escolhendo t máximo temos para os restantes escalões:

- para casquilho $d_2 = 20$ mm ; $l_2 > 2d = 50$ mm.
- para instalação da faca $d_3 = 25$ mm; $l_3 = 35$ mm.

O diâmetro do ultimo escalão e os comprimentos dos escalões são tomados com intuito de aumentar a rigidez e robustez da máquina e o esquema do veio esta apresentado na figura 3 a seguir.

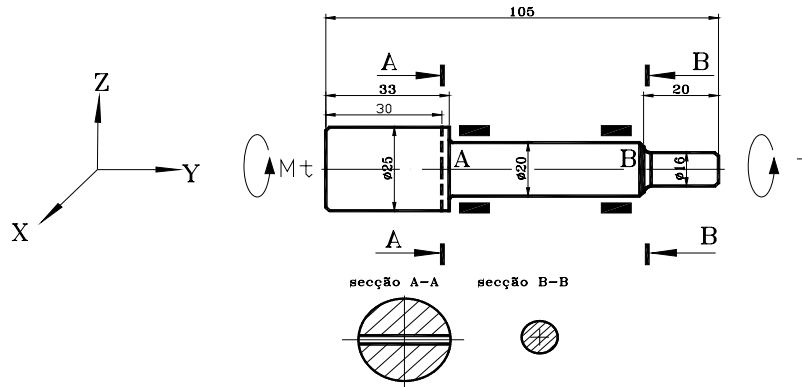


Figura 3. Estrutura do veio

O veio aloja-se no casquilho, o comprimento do casquilho tomamos próximo ao comprimento do segundo trecho do veio $l = 50$ mm, o diâmetro interno igual ao diâmetro do segundo escalão e diâmetro externo toma-se $(1,5...1,8) \times d_{\text{interno}} \approx 30$ mm [7].

Verificação da resistência mecânica do veio

Como o veio gira com pequena velocidade faremos a verificação de resistência a carga estática. Para o cálculo a carga estática usam-se tensões equivalentes que incluem tanto a flexão, como a torção pela relação a seguir:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_f^2 + 3\tau^2} \leq [\sigma] \quad (12)$$

onde: σ_{eq} é tensão equivalente, σ_f é tensão de flexão, τ é tensão de torção e $[\sigma]$ tensão admissível que é determinada pela relação (5).

Logo de (5) e pagina 22: $[\sigma] = 0,4 \cdot 540 = 216$ MPa

Do esquema de carregamento do veio (figura 1) e da figura 3, verifica-se que o trecho direito l_1 sofre flexão e torção, e o torque T foi determinado na página 18.

O momento de flexão pode ser determinado pela fórmula:

$$M_d = F_p \cdot l_1 \quad (13)$$

sendo l_1 braço do momento flector e da figura 1, $l_1 = 89 \text{ mm}$

$$M_d = 150 \cdot 89 = 13350 \text{ mm}$$

A tensão de flexão determinamos a partir da fórmula (4), onde: W_x - momento de resistência a flexão para secção circular B-B figura 3, determina-se pela relação (6) e o diâmetro d tomado = 13,4 mm.

$$\sigma_f \approx \frac{13350}{0,1 \cdot 13,4^3} = 55 \text{ MPa}$$

A tensão de torção determina-se pela fórmula 8, logo :

$$\tau \approx \frac{13500}{0,2 \cdot 13,4^3} \approx 28 \text{ MPa}$$

A tensão equivalente será:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{55^2 + 3 \cdot 28^2} = 73 \text{ MPa} \leq [\sigma] = 216 \text{ MPa}$$

O coeficiente de segurança, determina-se pela relação:

$$n = \sigma_e / \sigma_{eq} \quad (14)$$

Logo: $n = 216/73 = 2,9$

Do calculo prévio realizado verifica-se que o diâmetro do trecho direito do veio vai resistir as tensões a que será sujeito com coeficiente de segurança n de cerca de 2,5.

O trecho esquerdo l_3 sofre também flexão e torção. E as secções mais perigosas são a do furo próxima ao fundo da ranhura e o fundo da ranhura, secção A-A da figura 3 e o caso pior é a flexão ao longo do eixo x quando resiste uma só pétala.

O momento flector determina-se pela fórmula (3), onde l é a distância do ponto de acção da força até a secção do fundo da ranhura apresentada na figura 4 a seguir.

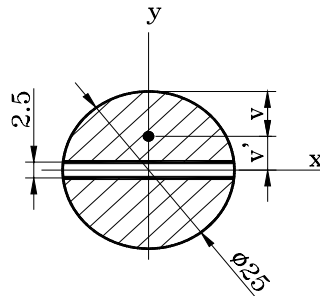


Figura 4. Secção transversal do trecho 3 do veio no fundo da ranhura.

Logo da figura 1 $l_f = 70$ mm e o momento será:

$$M_f = 150 \cdot 70 = 10500 \text{ mm}$$

A tensão de flexão será determinada pela fórmula a seguir:

$$\sigma_{fX} = \frac{M_{fe}}{I_x} \cdot Y_{\max} \quad (15)$$

onde: I_x é momento de inércia dum pétala em relação ao eixo X e Y_{\max} é distância do centro de gravidade ao ponto mais distante na secção da figura 4.

O momento de inércia I_x para a semi secção (figura 4) será a diferença de momento de inércia do semicírculo com a metade da secção da ranhura determinado pela relação a seguir [18]:

$$I_x = 0,1098 \cdot r^4 - \frac{h \cdot (b/2)^3}{12} \quad (16)$$

$$I_x = 0,1098 \cdot 12,5^4 - \frac{25 \cdot (2,5/2)^3}{12} = 2677 \text{ mm}^4$$

A distância do centro de gravidade ao ponto mais distante na secção da figura 4, Y_{\max} , determina-se pela relação a seguir:

$$Y_{\max} = r_v - \frac{A_1 \cdot Y_1 - A_2 \cdot Y_2}{A_r} \quad (17)$$

Onde: r_v é raio da secção do veio, A_1 é área do semicírculo, Y_1 é coordenada do centro de gravidade do semicírculo, A_2 é área da ranhura e Y_2 é coordenada do centro de gravidade da ranhura.

De [17] a coordenada do centro de gravidade do semicírculo é igual a:

$$Y_1 = v' = 0,4244 \cdot r \quad (18)$$

A coordenada do centro de gravidade da semi ranhura é $Y_2 = h/4$

A área do semicírculo determina-se pela fórmula seguinte:

$$A_1 = \pi \cdot d^2 / 2 \quad (19)$$

A área da semi ranhura determina-se pela fórmula a seguinte:

$$A_2 = b \cdot h / 2 \quad (20)$$

Substituindo 18, 19, 20 e o centro de gravidade da semi ranhura em 17 temos:

$$Y_{\max} = r_V - \frac{\pi \cdot d^2 \cdot v'' - h^2 \cdot b / 2}{\pi \cdot d^2 - h \cdot b} \quad (21)$$

$$Y_{\max} = 12,5 - \frac{\pi \cdot 25^2 \cdot 5,3 - 2,5^2 \cdot 25 / 2}{\pi \cdot 25^2 - 2,5 \cdot 25}$$

$$Y_{\max} = 7,1 \text{ mm}$$

$$\text{Logo de (15)} \quad \sigma_{fx} = \frac{10500}{2677} \cdot 7,1 = 27 \text{ MPa}$$

O momento tursor de saída foi determinado na página 12 pela fórmula 2.

A tensão de torção determina-se pela fórmula 8, onde W_p , para a secção em causa será determinado pela fórmula a seguir:

$$W_p = 0,2 \cdot d^3 - (b \cdot h^3 + h \cdot b^3) / 12 \quad (22)$$

$$W_p = 0,2 \cdot 25^3 - (25 \cdot 2,5^3 + 2,5 \cdot 25^3) / 12 = 2982 \text{ mm}^3$$

$$\text{Logo de (8) temos: } \tau \approx \frac{13095}{2982} \approx 4,0 \text{ MPa}$$

$$\text{Portanto de (12)} \quad \sigma_{eq} = \sqrt{27^2 + 3 \cdot 4^2} = 29 \text{ MPa} \leq [\sigma] = 216 \text{ MPa}$$

Verifica-se que o trecho vai resistir as tensões a que será sujeito com larga margem de segurança, por isso manteremos este valor de diâmetro do trecho 3 para aumentar rigidez e robustez da máquina.

A secção na área dos furos próxima ao fundo da ranhura, apresentada na figura 5 a seguir sofre também flexão e torção.

O momento flector determina-se pela fórmula 3, onde da figura 1 o braço $l = 65$ mm.

$$\text{Logo: } M_f = 150 \cdot 65 = 9750 \text{ N.mm}$$

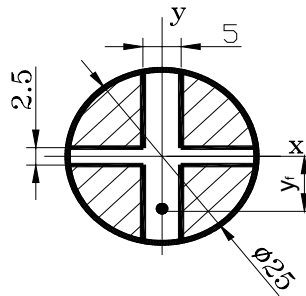


Figura 5. Secção transversal do veio na área dos furos próximos ao fundo da ranhura.

A tensão de flexão no eixo x determina-se pela fórmula 15, onde o momento de inércia em relação ao eixo x I_x , determina-se pela relação:

$$I_x = I'_x - (I_{xf} + A_f \cdot Y_f^2) \quad (23)$$

Onde: I'_x é momento de inércia dum pétala do veio com ranhura (da figura 4) em relação ao eixo x, I_{xf} momento de inércia da metade do furo em relação ao eixo x, A_f área da secção do furo e Y_f é a distância do centro de gravidade do furo até o centro da secção do veio.

O momento de inércia em relação ao eixo x do furo I_{xf} determina-se de pela fórmula a seguir:

$$I_{xf} = \frac{b_f \cdot h_f^3}{12} \quad (24)$$

Onde: b_f é largura do furo que é igual ao raio do furo e h_f é altura do furo; note que a secção do furo foi aproximada a forma geométrica rectangular e h_f é diferença entre o raio da secção do veio com metade da altura da ranhura (ver figura 5) $h_f = 12,5 - 2,5/2 = 11,25$ mm.

$$\text{Logo de (24)} \quad I_{xf} = \frac{5 \cdot 11,25^3}{12} = 593 \text{ mm}^4$$

A área A_f da parte do furo determina-se pela fórmula a seguir:

$$A_f = b_f \cdot h_f \quad (25)$$

$$A_f = 5 \cdot 11,25 = 56,25 \text{ mm}^2$$

A distância do centro da secção do veio ao centro de gravidade do furo determina-se pela seguinte:

$$Y_f = b_r/2 + h_f/2 \quad (26)$$

$$Y_f = 2,5/2 + 11,25/2 = 6,875 \text{ mm}$$

$$\text{De (23) } I_x = 2677 - (593 + 56,25 \times 6,875) = 1697 \text{ mm}^4$$

$$\text{De (15) } \sigma_{fx} = \frac{9750}{1697} \cdot 12,5 = 72 \text{ MPa}$$

A tensão de torção actua nas duas pétalas e determina-se pela fórmula (8), o momento torsor foi determinado na página 12 e o momento de resistência polar W_p para a secção em causa determina-se pela relação:

$$W_p = I_p / \rho_{\max} \quad (27)$$

Onde: ρ_{\max} é o raio de giração e I_p é momento de inércia polar.

O momento de inércia polar determina-se pela fórmula a seguir:

$$I_p = 2 \cdot (I_x + I_y) \quad (28)$$

Onde I_y é momento de inércia em relação ao eixo y que se determina-se pela relação:

$$I_x = I_{yv} - I_{yr} - I_{yf} \quad (29)$$

Onde: I_{yv} é momento de inércia duma pétala do veio em relação ao eixo y , I_{yf} é momento de inércia do furo em relação ao eixo y e I_{yr} é momento de inércia da ranhura em relação ao eixo y .

O momento de inércia duma pétala do veio I_{yv} em relação ao eixo y determina-se pela fórmula a seguir:

$$I_{yv} = \pi \cdot d^4 / 128 \quad (30)$$

$$I_{yv} = \pi \cdot 25^4 / 128 = 9587 \text{ mm}^4$$

O momento de inércia do furo I_{yf} em relação ao eixo y , determina-se pela fórmula a seguir:

$$I_{yf} = \frac{h_f \cdot b_f^3}{12} \quad (31)$$

$$I_{yf} = \frac{11,25 \cdot 5^3}{12} = 117 \text{ mm}^4$$

O momento de inércia da ranhura I_{yr} em relação ao eixo y e determina-se de pela fórmula a seguir:

$$I_{yr} = \frac{h \cdot b^3}{12} \quad (32)$$

$$I_{yr} = \frac{2,5 \cdot 25^3}{12} = 3255 \text{ mm}^4$$

$$\text{De (29) } I_y = 9587 - 3255 - 177 = 6155 \text{ mm}^4$$

$$\text{De (28) } I_p = 2 \cdot (1697 + 6155) = 15870 \text{ mm}^4$$

O raio de giração ρ_{\max} determina-se pela fórmula seguinte;

$$\rho_{\max} = 0,5 \cdot \sqrt{y_f^2 + r^2} \quad (33)$$

$$\rho_{\max} = 0,5 \cdot \sqrt{7^2 + 12,5^2} = 7,2 \text{ mm}$$

Substituindo (27) em (8) temos:

$$\tau = \frac{T}{I_p} \cdot \rho_{\max} \quad (34)$$

$$\text{De (34) } \tau = \frac{13095}{15870} \cdot 7,2 = 6 \text{ MPa}$$

$$\text{Portanto de (12) } \sigma_{eq} = \sqrt{72^2 + 3 \cdot 6^2} = 73 \text{ MPa} \leq [\sigma] = 216 \text{ MPa}$$

Verifica-se que a secção vai resistir as tensões a que será sujeita.

Dimensionamento de pinos 7

Os pinos são submetidos a cisalhamento e esmagamento, são feitos de aço C-3 com tensão admissível $[\tau] = 140 \text{ MPa}$ [6].

Na figura a seguir esta apresentado o esquema de forças que actuam nos pinos e que podem provocar o cisalhamento ou esmagamento dos pinos. Inicialmente dimensionaremos os pinos ao cisalhamento e verificaremos a resistência ao esmagamento.

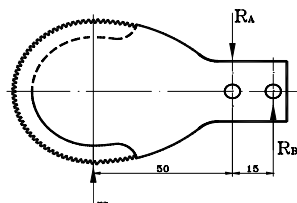


Figura 6. Esquema de carregamento dos pinos

Cálculo de reacções de apoio

$$\sum F_Z = 0 : F_P - R_A + R_B = 0 \quad (35)$$

$$\sum M_A = 0 : -F_P \cdot 50 + R_B \cdot 15 = 0 \quad (36)$$

$$\text{De (32) } R_B = \frac{150 \cdot 50}{15} = 500 \text{ N}$$

$$\text{De (31) } 150 - R_A + 500 = 0$$

$$R_A = 650 \text{ N}$$

O cálculo ao cisalhamento dos pinos faz-se de acordo com a fórmula seguinte [2] e [13]:

$$\tau_{cis.} \approx \frac{F}{A_{cis.}} \leq [\tau]_{cis.} \quad (37)$$

onde F é a força que provoca o cisalhamento, neste caso é $R_A = 650 \text{ N}$, $[\tau]_{cis.}$ é tensão admissível de cisalhamento e $A_{cis.}$ é área de cisalhamento e determina-se pela fórmula a seguir:

$$A_{cis.} \approx \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (38)$$

Substituindo (38) em (37) e considerando 2 pinos o diâmetro determinar-se-a pela fórmula:

$$d_{vl} = \sqrt{\frac{4 \cdot R_A}{\pi \cdot [\tau]}} \quad (39)$$

$$d_{vl} = \sqrt{\frac{4 \cdot 650}{\pi \cdot 140}} = 2,4 \text{ mm}$$

Adoptaremos $d = 5 \text{ mm}$ e tomaremos o comprimento dos pinos algo maior que o diâmetro do terceiro trecho para permitir o recalque durante a fixação dos mesmos no veio e evitar o deslocamento do mesmos, $l_p = 28 \text{ mm}$.

Verificação de resistência dos pinos ao esmagamento

A tensão de esmagamento determina-se pela fórmula a seguir:

$$\sigma_{em} = \frac{F}{A_{esm}} \leq [\sigma]_{esm} \quad (40)$$

Onde F é força máxima aplicada nos pinos e A_{esm} é área de esmagamento dos pinos e $[\sigma]_{esm}$ é tensão de esmagamento admissível.

A área de esmagamento dos pinos determina-se pela fórmula seguinte:

$$A_{esm} = d.e \quad (41)$$

Onde e é espessura de esmagamento

Substituindo fórmula 41 em 40 temos:

$$\sigma_{em} = \frac{R_A}{d.e} \leq [\sigma]_{esm} \quad (42)$$

$$\sigma_{em} = \frac{650}{5,2,5} = 52 \text{ MPa} \leq [\sigma] = 240 \text{ MPa} [6]$$

Verifica-se que os pinos vão resistir aos esforços.

Cálculo de resistência da faca 8

Como a faca é submetida a tensão de flexão e torção, a tensão equivalente determina-se pela relação (12).

A faca é carregada na forma de consola encastrada no veio segundo figura 6 abaixo, onde o momento máximo ocorre no encastramento e secção perigosa é X-X de forma geométrica rectangular.

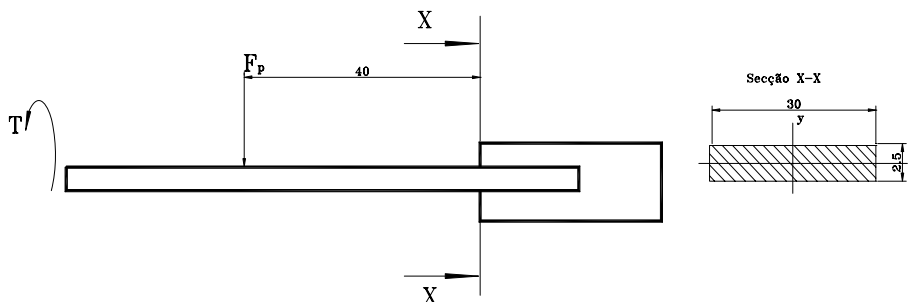


Figura7. Esquema de cálculo para verificação de resistência da faca.

Da página 12 momento torsor é igual $M_t = 13095 \text{ N.mm}$. O momento flector M_f determina-se com a fórmula (3) onde F é igual a 150 N e braço da figura 1 l = 40 mm.

Logo de (13) $M_f = 150.40 = 6000 \text{ N.mm}$.

A tensão de flexão determina-se pela relação (4), onde W_x para secção rectangular determina-se pela seguinte fórmula:

$$W_x = (b \cdot h^2) / 6 \quad (43)$$

onde: b é largura e h espessura da chapa, cujos valores são: b = 20mm e h = 2,5 mm

$$\text{Logo: } W_x = (30 \cdot 2,5^2) / 6 = 31 \text{ mm}^3$$

$$\text{De (4) temos: } \sigma_f = 6000 / 31 = 194 \text{ MPa}$$

A tensão de torsão determina-se pela relação seguinte:

$$\tau = \frac{T}{I_p} \cdot X_{\max} \quad (44)$$

Onde: I_p é momento polar de inércia da secção rectangular que é determinado a seguir e X_{\max} é distância do centro de gravidade ao ponto mais distante.

O momento polar de inércia I_p da secção rectangular determina-se pela relação seguinte [18]:

$$I_p = \frac{b \cdot h^3 + h \cdot b^3}{12} \quad (45)$$

$$I_p = \frac{30 \cdot 2,5^3 + 2,5 \cdot 30^3}{12} = 5664 \text{ mm}^4$$

A distância do centro de gravidade ao ponto mais distante X_{\max} determina-se pela fórmula seguinte:

$$X_{\max} = 0,5 \cdot \sqrt{c^2 + h^2} \quad (46)$$

$$X_{\max} = 0,5 \cdot \sqrt{30^2 + 2,5^2} = 15 \text{ mm}$$

De (44) tensão de torsão fica igual a:

$$\tau = \frac{13095}{5664} \cdot 15 = 35 \text{ MPa}$$

A tensão admissível é determinada pela relação (5) onde σ_e para o material escolhido para faca é igual a 1300 MPa.

$$[\sigma_f] = 0,4 \cdot 1300 = 520 \text{ MPa}$$

$$\text{De (12) } \sigma_{eq} = \sqrt{194^2 + 3 \cdot 35^2} = 203 \text{ MPa} \leq [\sigma] = 520 \text{ MPa}$$

Verifica-se que a tensão calculada é menor que a tensão equivalente admissível por isso a faca vai aguentar as sollicitação que será sujeita.

Cálculo de resistência da Manivela

A manivela é carregada na forma de consola encastrada no trecho 1 do veio por meio de rosca e é submetida a flexão e torção e o momento máximo ocorre no encastramento e secção perigosa é X-X de forma geométrica rectangular como mostra a figura 8 a seguir.

O momento torsor foi determinado na página 12 $T = 13500 \text{ N}\cdot\text{mm}$ e o momento flector determina-se pela fórmula (3), onde $l = 78 \text{ mm}$ da veja figura 8.

$$M_f = 150.78 = 11700 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

A tensão de flexão determina-se pela relação (4), onde W_x para secção rectangular X-X determina-se pela relação (24), sendo $b = 22 \text{ mm}$ e $h = 12 \text{ mm}$ seguinte fórmula:

$$W_y = 12 \cdot 22^2 / 6 = 968 \text{ mm}^3$$

$$\text{e de (4) temos: } \sigma_f = 11700 / 968 = 12 \text{ MPa}$$

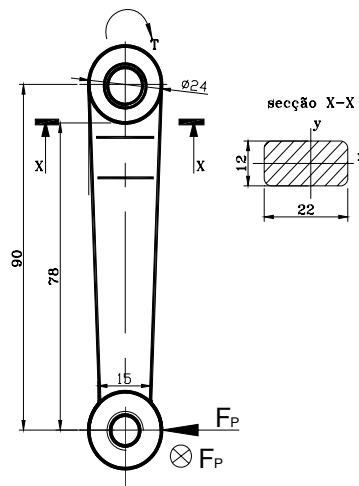


Figura 8. Esquema de cálculo para verificação de resistência da manivela.

A tensão de torção determina-se pela fórmula 34, e I_p pela fórmula 45 e X_{\max} é distância do centro de gravidade ao ponto mais distante da secção rectangular.

$$\text{De (45) } I_p = \frac{22 \cdot 12^3 + 12 \cdot 22^3}{12} = 13816 \text{ mm}^4$$

Para a forma de carregamento da manivela, segundo figura 8 acima, o ponto mais distante do centro de gravidade X_{\max} determina-se pela fórmula seguinte:

$$X_{\max} = 0,5 \cdot \sqrt{c^2 + h^2} \quad (47)$$

$$X_{\max} = 0,5 \cdot \sqrt{22^2 + 12^2} = 12,5 \text{ mm}$$

De (34) tensão de torção fica igual a:

$$\tau = \frac{11700}{13816} \cdot 12,5 = 11 \text{ MPa}$$

A tensão admissível é determinada pela relação (5) onde σ_e para o material escolhido para faca é igual a 320 MPa.

$$[\sigma_f] = 0,4 \cdot 320 = 120 \text{ MPa}$$

$$\text{De (12) } \sigma_{eq} = \sqrt{12^2 + 3 \cdot 11^2} = 23 \text{ MPa} \leq [\sigma] = 120 \text{ MPa}$$

A manivela vai resistir as tensões a que será sujeita.

1.6 ANÁLISE CONSTRUCTIVA DO CORPO

A análise construtiva do corpo destina-se a escolha de outras dimensões além das dimensionadas no sub capítulo anterior, os desvios fundamentais, o grau de precisão, a rugosidade das superfícies bem como a série de normalização das dimensões a que pertencem, através de tabelas, manuais e recomendações bibliográficas [1], [2], [3] [4] e [5] cujos resultados são apresentados em forma de tabela.

É de salientar que as dimensões, grau de precisão, rugosidade escolhidos estão de acordo com as necessidades e recomendações para a conjugação e montagem do produto. As superfícies tecnológicas como chanfros, superfícies de boleamento, raios de fundição e raios de concordância para além de evitar arestas agudas por um lado foram feitas para evitar concentração de tensões e permitirem tratamento seguro e segurança na montagem por outro.

As superfícies do corpo estão apresentadas na figura a seguir:

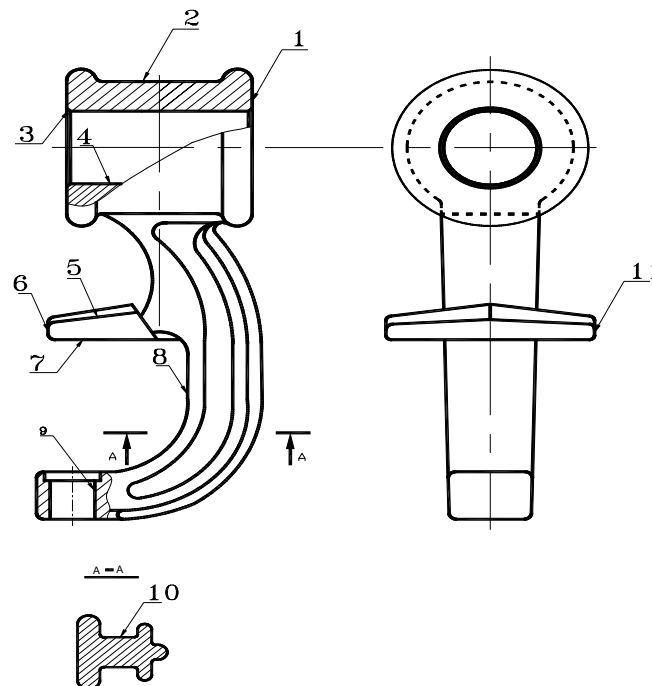


Figura.9 Esquema de indicação de superfícies do corpo.

As superfícies mais importantes do corpo são, furo 4 e faces 7 e 8. O **furo 4** serve para alojar o casquilho por colagem, por isso o seu diâmetro $d = \varnothing 30$ mm da série de normalização Ra40, pode ser feito de 12º grau de tolerância pois que a montagem não é de grande precisão e responsabilidade e por ser do tipo furo terá

desvio fundamental H pois deve garantir pequena folga para camada de cola e a superfície com rugosidade Rz40 para melhor aderência da cola e porque $R_z < IT/4$.

Para permitir melhor funcionamento a forma é de uma certa importância por isso o seu desvio de forma vai ser menor que a metade da tolerância do furo $f_o = 0.1$. A dimensão de disposição do furo $l_1 = 67$ mm pode ser feita com desvios $\pm IT14/2$ pois não tem nenhuma influência no funcionamento.

As faces 7 e 8 são superfícies de orientação no espaço (bases construtivas), os seus comprimentos $l_1 = 67$ mm e $l_2 = 30$ mm da série de dimensões normalizadas Ra40 podem ser feitos com desvios $\pm IT14/2$ pois não influenciam o funcionamento da máquina e com rugosidade Rz40 para melhor contacto e fixação com a superfície da mesa de trabalho e porque $R_z < IT/4$. Para a face 8 o raio transitório $r = 0.5$ mm da série de dimensões normalizadas Ra5 pode ser feito com desvios $\pm IT14/2$.

As restantes dimensões internas e externas podem ser feitas de 14° grau de tolerância e desvios fundamentais H e h respectivamente e os raios de concordância e de fundição e outras não indicadas com desvios $\pm IT14/2$ e estão apresentadas de forma resumida na tabela 1 a seguir.

Tab.1. Resultados da análise construtiva do corpo

N° da sup.	Nome da Superfície	Destino	Dimensão, precisão e Ajustamento	Rug.	Quant.	Série de Norm.
1	Faces	Superfícies livres	$l = 50 h14_{(-0.62)}$	Rz100	2	Ra10
2	Ranhura perfilada	Superfície livre	$d = \varnothing 53 h14_{(-0.74)}$ $d = \varnothing 45 h14_{(-0.62)}$ $r = 2 \pm 0.125$ $R = 4 \pm 0.15$	Rz100	1	Ra40 Ra10 Ra10 Ra5
3	Chanfros internos	Permitir entrada do casquilho	$c = 1 \pm 0.125$ $\alpha = 45^\circ \pm 1^\circ$	Rz40	2	Ra5
4	Furo	Alojamento do casquilho	$d = \varnothing 30 H12_{(+0.21)}$ $l_1 = 67 \pm IT14/2_{(\pm 0.37)}$ $l_0 = 0.1$	Rz40	1	Ra40 Ra40
5	Faces	Criar base de apoio	$b = 5 h14_{(-0.25)}$ $r = 2 \pm 0.125$ $\alpha = 5^\circ \pm 0.5^\circ$ $\alpha_1 = 3^\circ \pm 0.5^\circ$	Rz100	2	Ra10 Ra10
6	Face	Limitar base de apoio	$l = 40 h14_{(-0.62)}$	Rz100	1	Ra40
7	Face	Apoio na mesa de trabalho (base construtiva)	$h = 67 \pm 0.37$	Rz40	1	Ra40
8	Face	Base construtiva	$l = 30 h14_{(-0.52)}$ $l = 40 h14_{(-0.52)}$ $r = 0.5 \pm 0.125$	Rz40	1	Ra10 Ra10 Ra5
9	Furo escalonado	Alojamento da bucha condutora	$d = \varnothing 12^*$ $d = \varnothing 15^*$ $l = 3^*$ $l_1 = 30^*$	Rz100	1	Ra10 Ra40 Ra40 Ra40
10	Face perfilada	Superfície livre	$R_1 = 44 \pm 0.31$ $R_2 = 23 \pm 0.26$ $R_3 = 5 \pm 0.15$ $R_4 = 3 \pm 0.125$ $b_1 = 25 h14_{(-0.52)}$ $b_2 = 20 h14_{(-0.52)}$ $b_3 = 10 h14_{(-0.36)}$ $b_3 = 22 h14_{(-0.52)}$ $r = 2 \pm 0.125$ $r = 11 \pm 0.215$ $l = 4 \pm 0.15$	Rz100	2	Ra10 Ra40 Ra5 Ra10 Ra5 Ra10
11	Faces	Superfícies livres	$b = 56_{-0.74}$	Rz100	2	Ra40

* Dimensões de informação, se recebem através da bucha que servirá como macho durante o vazamento do corpo

2. PREPARAÇÃO TECNOLÓGICA DE FABRICAÇÃO DO CORPO

2.1 ANÁLISE TECNOLÓGICA

O corpo tem dezasseis superfícies (duas faces 1, ranhura 2, dois chanfros 3, um furo 4, oito faces 5, 6, 7, 8 e 11, furo escalonado 9 e duas faces perfiladas 10). Das quais uma é de 12° grau de tolerância e restantes de 14° grau de tolerância e só furo 4, chanfros 3 e faces 7 e 8 receberão tratamento mecânico. Para a sua fabricação será necessário projectar modelo, dimensionar os machos e caixa de moldação e molde. Ela é simétrica em relação ao eixo vertical o que vai facilitar a escolha de plano de desmonte.

Para orientação do corpo no espaço serão usadas as faces 7 e 8 que são bases construtivas.

Todas as superfícies a serem tratadas mecanicamente são normalizadas, tem forma geométrica simples o que implica trajectória simples e rectilínea das ferramentas. As superfícies perfiladas serão feitas para conferir rigidez e robustez ao corpo, isto é pela sua construção o corpo é rígido e tem espessura considerável em média de cerca de 10 mm, pois é consideravelmente grossa e vai resistir a tensões de flexão.

As superfícies a serem usinadas são normais e para o seu tratamento as ferramentas terão trajectória simples mas por outro lado o seu tratamento será pouco difícil por causa da dificuldade de instalação, não obstante a coincidência das bases construtivas com as tecnológicas, sendo necessário usar bases auxiliares, faces 1 e furos 4 e 9, e chanfro da rosca da bucha e será necessário projectar e fabricar um dispositivo especial com ponto móvel e na ranhura perfilada um prisma móvel.

As faces 7 e 8 podem ser tratadas simultaneamente podendo reduzir o tempo de tratamento e conseqüentemente o custo de fabricação.

São previstos raios de fundição, inclinações tecnológica e de concordância nas faces e chanfros para diminuir a concentração de tensões e eliminar arestas agudas respectivamente e facilitar a retirada do modelo.

Coefficiente de normalização K_n , determina-se pela fórmula:

$$K_n = \frac{Q_n}{Q_\Sigma} \quad (48)$$

onde: Q_n é o número de superfícies normalizadas e Q_Σ é o número total de superfícies.

O corpo tem 13 superfícies normalizadas (2 chanfros 3, 2 furos e 9 faces)

$$\text{De (48) } K_n = \frac{13}{16} = 0,81$$

Sendo todas superfícies para tratamento mecânico normalizadas, vai permitir o uso de medidores e ferramentas normalizadas o que é económico e para superfícies perfiladas será necessário usar escantilhões e calibres especiais.

Coefficiente de unificação, determina-se pela fórmula a seguir:

$$K_u = \frac{Q_u}{Q_\Sigma} \quad (49)$$

onde : Q_u – é o numero de superfícies unificadas

O corpo tem 10 superfícies unificadas sendo 2 chanfros 3 e duas faces 7 e 8 a serem tratadas com mesmas ferramentas e as restantes 8 de mesma forma e menos dimensões, por isso são unificados.

$$\text{De (49) } K_u = \frac{10}{16} = 0,625$$

Pois o numero das superfícies unificadas é considerável será necessário usar poucas ferramentas além disso poucas as superfícies serão tratadas mecanicamente o que vai reduzir o custo de compra de ferramentas.

Coefficiente de precisão, determina-se pela fórmula:

$$K_p = 1 - \frac{1}{Q_{pm}} \quad (50)$$

Por sua vez Q_{pm} , determina-se pela fórmula seguinte:

$$Q_{pm} = \frac{\sum Q_{pi} \cdot n}{\sum Q_\Sigma} \quad (51)$$

onde: n - número de superfícies que tem o mesmo grau de tolerância, Q_{pm} – grau de tolerância média e Q_{pi} é grau de tolerância de i - ésima superfície.

Das 16 superfícies que o corpo possui uma é de 12^a precisão (furos 4), e as restantes são 14^a precisão.

$$\text{De (51) } Q_{pm} = \frac{1 \cdot 12 + 15 \cdot 14}{16} = 13,86$$

$$\text{Logo de (50) } K_p = 1 - \frac{1}{13,86} = 0,93$$

Conclui-se que muitas superfícies são de precisão normal, e podem ser trabalhadas no equipamento de precisão normal.

Coefficiente de rugosidade K_r , determina-se pela fórmula:

$$K_r = 1 - \frac{1}{R_{zm}} \quad (52)$$

e por sua vez R_{zm} , determina-se pela fórmula:

$$R_{zm} = \frac{\sum R_{z_i} \cdot n_i}{Q\Sigma} \quad (53)$$

onde: R_{zm} – altura de irregularidades de superfície média, R_{z_i} - altura de irregularidades de i – ésima superfície.

Das 16 superfícies que o corpo possui cinco (2 chanfros, duas faces e um furo) tem rugosidade Rz40 e as restantes têm rugosidade Rz100 .

$$\text{de (53)} \quad R_{zm} = \frac{5 \cdot 40 + 11 \cdot 100}{16} = 81.3$$

$$\text{de (52)} \quad K_r = 1 - \frac{1}{81.3} = 0,99$$

Muitas superfícies tem baixo grau de rugosidade por isso diminui o custo de tratamento das superfícies.

Coefficiente de superfícies que precisam de usinagem K_{spt} , determina-se pela fórmula a seguir:

$$K_{spt} = \frac{\sum Q_{spt}}{Q\Sigma} \quad (54)$$

Onde: Q_{spt} numero de superfícies que precisam de tratamento mecânico.

Duas faces, dois chanfros e um furo é que serão tratados mecanicamente.

$$\text{De (54)} \quad K_{spt} = \frac{5}{15} = 0.3$$

Só 30% das superfícies precisam de tratamento o que reduz o tempo de tratamento e as restantes superfícies serão obtidas por fundição.

Coefficiente de uso do material, Kum, determina-se pela relação a seguir e determinar-se-á após a escolha da peça bruta.

$$K_{um} = \frac{V_{p.a.}}{V_{p.b.}} = \frac{m_{p.a.}}{m_{p.b.}} \quad (55)$$

onde: $V_{p.a.}$ - volume da peça acabada, $V_{p.b.}$ - volume da peça bruta, $m_{p.a.}$ - massa da peça acabada e $m_{p.b.}$ - massa da peça bruta.

Este será determinado depois da escolha da peça bruta, nesta fase determinaremos o volume da peça acabada, excluindo a bucha.

O volume aproximado da peça bruta foi obtido a partir do desenho do corpo em 3D, figura a seguir no programa AutoCAD, pelo comando Region/Mass properties na barra de ferramentas inquiry.

Figura 17. Desenho do corpo em 3D.

$$V_{p.a} \approx 130506^3 \text{ mm}$$

A massa será determina-se pela fórmula a seguir:

$$m_{p.a.} = \rho \cdot V \quad (56)$$

sendo: ρ – peso específico e para o material escolhido $\rho = 2,7 \text{ kg/dm}^3$ e V é volume

Logo de (48): $m_{p.a} = 2,7 \cdot 130506 = 0,35 \text{ kg}$

2.2 ESCOLHA DO TIPO DE PRODUÇÃO E MÉTODO DE TRABALHO

O tipo de produção escolhe-se de duas formas. Por método convencional de tabela que considera programa mensal, complexidade, peso e dimensões da peça e por método de determinação do coeficiente de ocupação de máquinas que considera o fundo mensal de tempo e tempo médio das fases. É de notar que o produto terá mais aceitação nas zonas semi urbanas e urbanas e segundo dados estatísticos do INE (Instituto Nacional de Estatística) estima-se que no total cerca de 35% da população moçambicana vive nestas zonas e a maioria desta vive nas zonas potenciais produtores de coco (Zambézia, Nampula, Inhambane e Maputo). A escolha do tipo de produção tem por fim a tomar uma decisão preliminar sobre o tipo de máquinas e dispositivos a utilizar e o nível de mecanização, automatização e especialização que aumentam a rentabilidade de produção.

Numa primeira fase escolher-se-á o tipo de produção com o método convencional de tabela que poderá ser corrigido se necessário, quanto forem conhecidos os parâmetros reais de fabrico da peça.

Sendo as dimensões de gabarito do corpo, comprimento $h \approx 160\text{mm}$ e diâmetro $\varnothing 53\text{mm}$ consideramos pequena e simples e feita de liga de alumínio (silualumínio), e tendo em conta o crescimento do mercado e pensando que o produto é novo e deve ser lançado no mercado onde existem produtos com o mesmo fim uns caros e outros de pequeno rendimento escolhemos uma produção anual de aproximadamente 3500 peças/ano, e considerando que o ano tem doze meses. poder –se - a produzir cerca de 300 unidades/mês, da tabela 2 a seguir escolhemos uma produção em série média.

Tab.2. Tabela auxiliar de escolha do tipo de produção

Numero de peças (N) mensais			
Tipo de produção	Grande	Médias	Pequenas
Unitária	1	1...5	1...10
Pequena Série	2...5	5...25	10...50
Média série	5...25	25...150	50...300
Grande série	25...150	150...300	300...1000
Massa	>100	>300	>1000

Tendo em conta a pequena responsabilidade da peça e o médio tipo de produção e com intuito de alcançar os parâmetros da peça e a rentabilidade de produção usaremos maior parte de equipamento universal outro especializado.

Com vista a aumentar a rentabilidade de produção e tendo em vista o tipo de organização de máquinas nas oficinas do DEMA e de empresas visitadas (KANES, INAGRICO e ERMOTO), escolhemos o método de trabalho sem cadeia, isto é disposição das máquinas segundo seus tipos, sendo as peças fabricadas em partidas e colocadas em caixas e passando de secção em secção para serem tratadas.

2.3 ESCOLHA DA PEÇA BRUTA DO CORPO

A peça é do tipo do corpo consideramos pequena com e só 3 superfícies perfiladas e será feita de silualumínio A12. Na produção em série média e a peça bruta poderá ser obtida por fundição, pelos seguintes métodos: fundição em areia com moldação à máquina e modelo metálico, fundição em coquilha ou sob pressão, devido ao material escolhido.

O último método é usado para peças de pequenas dimensões e mais caro que os primeiros por exigir instalações adicionais. Como o corpo possui superfícies perfiladas a fundição em coquilha pode-se tornar cara, primeiro por causa de se tornar difícil de usinar forma geométrica do molde metálico e segundo como incluir o sistema de arrefecimento das coquilhas, não obstante a qualidade das peças ser melhor em relação ao primeiro. Por isso escolhemos o primeiro método, por ser fácil de executar e ser possível para a liga escolhida e ser fácil de introduzir medidas de aumentar a produção das mesmas.

No presente projecto onde se estima a produção de 3500 peças por ano, a aproximação da forma da peça bruta a da acabada reduzira em grande medida o

volume de trabalho durante os tratamentos mecânicos posteriores e poupança do material.

Para o silualumínio o coeficiente de contracção linear varia (1-1,2%) com sobrepessuras de usinagem aproximadas a 1... 2 mm e inclinações do molde α entre 30' a 1°30' [2].

A forma da peça bruta é igual a peça acabada, o seu volume é próximo ao da peça acabada, determinaremos multiplicando simplesmente por coeficiente de debilitação devido ao material retirado durante o tratamento mecânico de chanfros 3, faces 7 e 8 e furo 4. É de salientar que as superfícies são tratadas com levantamento de pequena camada, cujo o volume de perda estimamos cerca de 2.5 % do volume da peça acabada e posteriormente calcularemos a massa da peça bruta e o coeficiente de uso do material para verificarmos se a forma oferece maior coeficiente (isso é processo de tratamento mecânico menos trabalhoso), com sobrespessuras de tratamento mecânico recomendada de cerca de 1 mm.

Figura 18. Desenho da peça bruta em 3D.

Cálculo de volume da peça bruta determinamos pela relação:

$$V_{p.b.} = 1,025 \cdot V_{p.a.} \quad (57)$$

$$\text{De (57) temos: } V_{p.b.} = 1,025 \cdot 130506 = 133767 \text{ mm}^3$$

logo de (56) a massa da peça bruta será: $m_{p.b.} = 0,36 \text{ kg}$

Determinação do coeficiente de uso de material

O coeficiente de uso de material determina-se pela fórmula (55), logo:

$$k_{um} = \frac{0,35}{0,36} = 0,97$$

Verifica-se que o coeficiente é alto recomendável para a produção em massa, o que implica grande poupança de material, mas como serão tratadas poucas superfícies o coeficiente é viável para a produção do corpo.

2.4 ESCOLHA DAS BASES TECNOLÓGICAS DO CORPO

Para orientar a peça no espaço usam-se faces 7 e 8 (bases construtivas). O defeito de instalação das dimensões, se determina pela fórmula seguinte:

$$\varepsilon_i = \sqrt{\varepsilon_p^2 + \varepsilon_c^2 + \varepsilon_d^2} \quad (58)$$

onde: ε_i - defeito de instalação, ε_p - defeito de posicionamento, ε_a - defeito de aperto e ε_d - defeito de dispositivo

Inicialmente tratam-se faces 7 e 8 para servirem de bases tecnológicas, para tal serão necessários eliminar cinco graus de liberdade e para orientar pode-se instalar pelo furo 4 que elimina quatro graus de liberdade (rotação e deslocamento em x e y) e face 1 que elimina um grau de liberdade (deslocamento em z) e para eliminar a rotação em z usaremos o chanfro da rosca da bucha.

Para o comprimento $l = 67 \text{ mm}$ o defeito de posicionamento será nulo pois a base de medição coincide com base tecnológica furo 4.

A cota é paralela ao sentido das forças que são equilibradas, uma vez que actuam numa superfície cilíndrica por isso o defeito de aperto é nulo. O defeito de dispositivo tomaremos $1/5$ da tolerância $\varepsilon_{d=67 \text{ mm}} = 148 \text{ }\mu\text{m}$ logo de (58)

$\varepsilon_{67} = \sqrt{0^2 + 0^2 + 148^2} = 148 \text{ }\mu\text{m}$. Como o defeito é menor que a metade da tolerância da dimensão a sua obtenção pode ser pelo método automático.

Para a dimensão $l = 30$ mm da face 8 a sua base medição coincide com a base tecnológica (eixo) por isso o defeito de posicionamento é nulo. O defeito de aperto é nulo pois que a cota é perpendicular ao sentido da força de aperto e o defeito de dispositivo tomamos $1/5IT$, $\epsilon_{l=30\text{ mm}} = 80\ \mu\text{m}$, logo de (58) o defeito de instalação fica: $\epsilon_{30} = \sqrt{0^2 + 0^2 + 80^2} = 80\ \mu\text{m}$ portanto a dimensão será obtida automaticamente porque o defeito é menor que a metade da tolerância da dimensão. Para a dimensão $l = 40$ mm o defeito de posicionamento é igual a da tolerância de $l = 30$ mm porque base de medição (face 6) não coincide com a base tecnológica (eixo da bucha), $\epsilon_{p\ 40} = 520\ \mu\text{m}$. Verifica-se que o defeito de aperto é nulo porque a cota é perpendicular ao sentido da força de aperto e o defeito de dispositivo tomamos $1/5IT$, $\epsilon_{l=40\text{ mm}} = 80\ \mu\text{m}$, logo de (58) o defeito de instalação fica: $\epsilon_{30} = \sqrt{520^2 + 0^2 + 80^2} = 526\ \mu\text{m}$, por isso a dimensão será obtida individualmente.

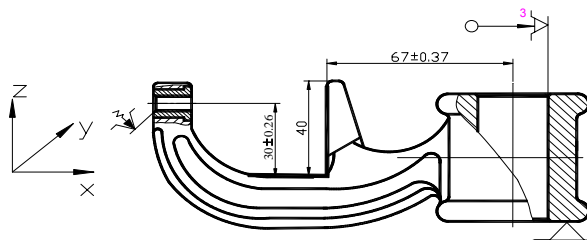


Figura 18. Esquema de instalação para tratamento das faces 7 e 8.

Alargamento do furo 4

Para tratar o furo 4 é necessário eliminar cinco graus de liberdade. Para orientar o corpo na máquina usamos as faces 7 e 8 (bases construtivas) já tratadas como apoios. Verifica-se que eliminam-se cinco graus de liberdade, ficando o deslocamento em y . E para eliminar este grau de liberdade é necessário apoiar o corpo pela ranhura 2 através de prisma móvel. O defeito de posicionamento e de aperto do diâmetro do furo 4 são nulos, o primeiro pelo facto de a cota ser garantida directamente pela ferramenta e o outro pelo facto de a cota ser perpendicular a direcção da força de aperto. O defeito de dispositivo tomamos $1/4$ de IT do diâmetro para minimizar o custo do dispositivo, $\epsilon_{d\ 30} = 1/4 \cdot \delta_{\ 30} = 1/4 \cdot 210 = 53\ \mu\text{m}$ e é igual ao defeito de instalação. Para a dimensão de disposição $l = 67$ mm os seus defeito de posicionamento e de aperto são nulos, o primeiro pelo facto de a base tecnológica face 7 coincidir com a base de medição e o outro pelo facto de a cota ser perpendicular a direcção da força de aperto. O defeito de

dispositivo tomamos $1/4$ de IT para minimizar o custo do dispositivo, $\varepsilon_{d67} = 1/4 \cdot \bar{\delta}_{67} = 1/4 \cdot 740 = 185 \mu\text{m}$ e é igual ao defeito de instalação.

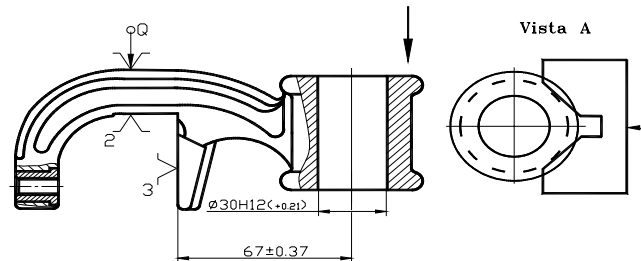


Figura 19. Esquema de instalação para tratamento de furo 4 do corpo.

Para tratamento dos chanfros são necessários eliminar cinco graus de liberdade, quatro pelo furo 4 e um deslocamento em z através da face 1, ficando apenas a rotação em z que não influi nas dimensões dos chanfros.

Verifica-se que para o comprimento do chanfro 3 $l = 1 \text{ mm}$ a base tecnológica (face inferior 1) não coincide com a base de medição (face superior 1), por isso o defeito de posicionamento é igual a tolerância $\varepsilon_{p50} = 620 \mu\text{m}$. O defeito de aperto é nulo porque é perpendicular ao sentido da força de aperto $\varepsilon_{a1} = 0$ e o defeito de dispositivo tomamos $1/4$ da tolerância do comprimento do chanfro, $\varepsilon_{d1} = 1/4 \cdot \bar{\delta}_1 = 1/4 \cdot 250 = 63 \mu\text{m}$ e de (58) $\varepsilon_{30} = \sqrt{620^2 + 0^2 + 63^2} = 623 \mu\text{m}$, por isso a cota será obtida individualmente uma vez que o defeito é maior que a sua tolerância. Para dimensão do ângulo $\alpha = 45^\circ$, o defeito de instalação é nulo, $\varepsilon_{i\alpha 45^\circ} = 0$ pois a dimensão não depende da instalação da peça, depende da ferramenta.

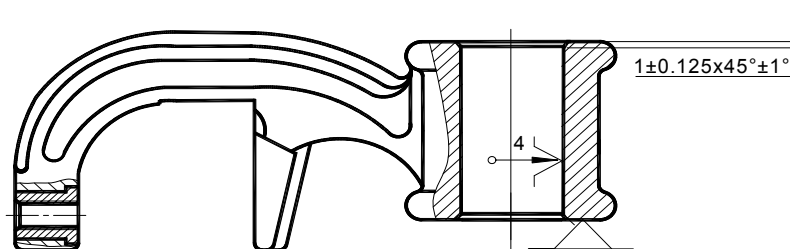


Figura 20. Esquema de instalação para tratamento dos chanfros 3.

2.5 ESCOLHA DOS MÉTODOS DE TRATAMENTO DAS SUPERFÍCIES DO CORPO

Grupo 1. Tratamento do furo 4 $\varnothing 30H12(^{+0.21})$ com Rz40.

Para tratamento desta superfície temos como primeiro método fundição e último método pode ser por alisamento ou alargamento. Como pretendemos uma precisão normal com rugosidade de superfície Rz40 escolhemos alargamento nas furadoras pois permite numa só passagem atingir os parâmetros pretendidos da superfície e é fácil executar que alisamento nas furadoras ou fresadoras, neste último tipo sendo a montagem do ferro cortante morosa.

Tab.10 Sequência de tratamento do furo 4

Nº	Método de tratamento	precisão	Rugosidade (μm)	Camada defeituosa (μm)
1	Fundição	14 ^a	Rz100	150
2	Alargamento de desbastamento	12 ^a	Rz40	60

Grupo 2. Tratamento dos chanfros 3 $c = 1 \pm 0.125$ com Rz40.

Para obter os chanfros será suficiente um único método, que pode ser por escareamento ou chanfragem interna com ferro cortante. Descartamos o último método pelo facto de ser pouco cómodo a instalação das ferro cortante para chanfragem na furadora e fresadora além disso permite um tratamento seguro e uso das bases construtivas, como tecnológicas o que não seria possível na fresadora, sendo necessário o uso de bases auxiliares .

Tab.11 Sequência de tratamento dos chanfros 3 e 10

Nº	Método de tratamento	precisão	Rugosidade (μm)	Camada defeituosa (μm)
1	Escareamento	14 ^a	Rz40	60

Grupo 3. Tratamento das faces 7 e 8

O primeiro método é fundição e o último método pode ser limagem, aplainamento ou fresagem. O primeiro é moroso e pouco rentável uma vez que é manual e o necessitaria de muitas passagens para atingir as dimensões pretendidas. O segundo trabalha com choques e seria necessário duas passagens para o tratamento das superfícies, por isso escolhemos fresagem pelo facto de ter maior produtividade

para a produção em série média e permitir tratar duas superfícies simultaneamente com uma única ferramenta.

Tab.12. Sequência de tratamento das faces 8 e 9

Nº	Método de tratamento	precisão	Rugosidade (μm)	Camada defeituosa (μm)
1	Fundição	14 ^a	Rz100	150
2	Fresagem	14 ^a	Rz40	60

2.6 ELABORAÇÃO DA ROTA DE TRATAMENTO DO CORPO

O processo tecnológico de produção começa da fundição da peça bruta, depois disso para aliviar tensões submete-se o corpo ao recozimento entre 400^o a 450^oC no forno eléctrico e arrefecimento lento dentro do forno. Posto isto começa o processo de fresagem das faces 7 e 8 na fresadora universal para servirem de bases tecnológicas, instalando o corpo pelo furo 4, face 1 e chanfro da rosca da bucha. A seguir o corpo instala-se pelas faces 7 e 8 na furadora vertical e submete-se ao alargamento do furo 4 com alargador. No fim faz-se o escareamento dos chanfros 3 instalando-se pelas faces 1, furo 4 na furadora vertical e passa para o controle das dimensões e pintura das superfícies externas do corpo com a cor de alumínio segundo GOST9.032-74. A rota é apresentada de forma resumida na tabela a seguir e outros dados constam nos cartões de rota nos anexos.

Tab.13. Rota de tratamento da corpo

Fases	Conteúdo de fase	Máquina Ferramenta	Bases tecnológicas
10	Fundição em areia	Forno eléctrico	-
20	Recozimento	Forno eléctrico	-
30	Fresagem das faces 6 e 7	Fresadora universal	Face 1 furo 4 e chanfro da rosca da bucha
40	Alargamento do furo	Furadora vertical	Faces 1, 7 e 8 e ranhura 2
50	Escareamento de chanfros 3	Furadora vertical	Faces e 8 furo 4
60	Controle final	Bancada de controle	-
70	Pintura a cor de alumínio	-	-

2.7 CÁLCULO DE SOBRESPESURAS E COTAS INTERMEDIÁRIAS

As sobreseepessuras e cotas intermediárias calculam-se para furo 4, $\varnothing 30H12(+0,21)$, Rz40. Os resultados de cálculo estão apresentados na tabela 3, onde as primeiras 5 colunas tomam-se da tabela 10.

O esquema para a determinação do defeito de espaço esta apresentado na figura a seguir:

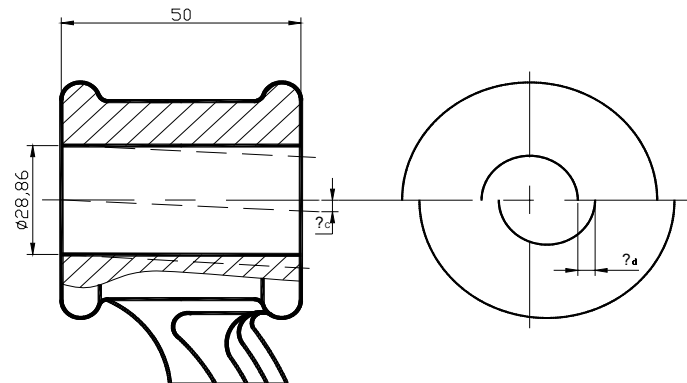


Figura 23. Esquema para determinação dos defeitos de espaço

Para o primeiro tratamento o defeito no espaço é determinado pela relação seguinte:

$$\rho = \sqrt{\rho_c^2 + \rho_e^2 + \rho_d^2} \quad (59)$$

onde : ρ_c é defeito de curvatura que caracteriza o desvio duma superfície observada da posição ideal, ρ_d – defeito de deslocamento duma parte da superfície observada relativamente a outra parte da mesma superfície e ρ_e – defeito de excentricidade caracteriza o deslocamento duma superfície observada relativamente a base tecnológica.

Para os tratamentos posteriores o defeito no espaço determina-se pela relação:

$$\rho_i = K_i \cdot \rho_{i-1} \quad (60)$$

onde K_i é o coeficiente de correcção que se toma para desbastamento 0.05.. 0.06 e para acabamento e acabamento fino 0,02...0,03 [6] e depende da rigidez do sistema. O furo é obtido através do macho por fundição e tem curvatura, por isso o defeito de curvatura calcula-se pela relação: $\rho_c = \Delta \cdot l$ (61)

Pois que a peça é de rigidez média, tomamos o coeficiente de rigidez $\Delta = 2$ $\mu\text{m}/\text{mm}$ logo de

$$(61) \rho_{50} = 2 \cdot 50 = 100 \mu\text{m}.$$

O defeito de excentricidade aparece devido ao deslocamento do macho durante o vazamento, toma-se igual a metade da tolerância do diâmetro, $\rho_d = 260 \mu\text{m}$. O defeito de deslocamento aparece, visto que uma parte do macho esta deslocada relativamente a outra, toma-se igual a metade da tolerância $\rho_d = 260 \mu\text{m}$, portanto de (59)

$$\rho = \sqrt{100^2 + 260^2 + 260^2} = 381 \mu\text{m}.$$

Para alargamento de (61) $\rho_2 = 0,05 \cdot 381 = 19 \mu\text{m}$

O cálculo das sobresspessuras e dimensões intermediárias é feito com base nas fórmulas seguintes:

$$2Z_{\min i} = 2 \cdot (R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \quad (62)$$

$$D_{calu} = D_{\max}^{adm}$$

$$D_{cali} = D_{calu} - Z$$

$$D_{\min cali} = D_{cali}^{\max} - IT_i$$

$$D_{\max arri} = D_{\min arri} + IT$$

$$D_{\min arri} \cong D_{\min cal}$$

Onde: $Z_{\min i}$ – sobresspessura mínima para i -ésimo tratamento, $R_{z_{i-1}}$ é rugosidade da $i - 1$ passagem, ρ_{i-1} – defeito do espaço da $i-1$ passagem, ε_{ij} – defeito de instalação da i -ésima passagem, IT_i tolerância da dimensão da i passagem, D_{calu} – dimensão calculada do último tratamento, $D_{\min cal}$ – dimensão calculada mínima, $D_{\max cal}$ – dimensão calculada máxima. A sobresspessuras para alargamento determinam-se pelas fórmulas:

$$2Z_{\min \min}^{arri} = D_{\max i}^{arr} - D_{\max i-1}^{arr} \quad (63)$$

$$2Z_{\max i} = D_{\min i}^{arr} - D_{\min i-1}^{arr}$$

Onde: $D_{\min cal}^{arr}$ – dimensão mínima arredondada, $D_{\max cal}^{arr}$ – dimensão máxima arredondada,

A verificação das sobresspessuras faz-se pela relação:

$$Z_{\min}^{arr} \geq Z_{\min cal} \quad (64)$$

Note que para dimensões internas arredonda-se a dimensão mínima com defeito até ao nível de tolerância.

Tab14. Sobresepepuras e cotas intermediárias diâmetro do furo cilindro 3.

Nº	Método de tratamento	Prec. (μm)	Rug. (μm)	T (μm)	ρ (μm)	ϵ (μm)	$2Z_{\text{min}}$ (μm)	D_{imcal} (mm)	IT (μm)
1	Fundição	14	100	150	381	-	-	28,863	520
2	Alargamento	12	40	60	19	185	1347	30,21	210

Dcal (mm)		Darr. (mm)		Z(μm)	
max	min	max	min	max	min
28,863	28,343	28,82	28,3	-	-
30,21	30,0	30,21	30,0	1700	1390

2.8 ELABORAÇÃO DAS FASES

A elaboração das fases de tratamento das superfícies tem por objectivo escolher a sequência de fabricação do corpo, os equipamentos e regimes necessários para a fabricação do corpo. O processo tecnológico começa com a fundição do corpo de silualúminio, será fundido no molde de areia e moldação a máquina para aumentar a produtividade da moldação. Uma vez que a produção é em série média modelo será metálico bipartido de ferro fundido cinzento C410.

Fase10. Fundição

Escolha da mistura de moldação e para macho

A mistura de moldação para a liga de alumínio de acordo [16], pode ser composta de areia K01A 4,5 %, π 01A ou π 063A 10,5%, mistura usada 85% com as seguintes propriedades: resistência a compressão no estado húmido 39,2 – 78,4 kPa, humidade 4 a 5% e permeabilidade de gases 80 a 95%.

A mistura para macho para a liga escolhida, de [16], pode ser composta de areia K016, aglutina cola pectina 4Py1-2,5 com as seguintes propriedades: humidade 2,5 %, permeabilidade 80 e resistência a compressão 14,7%.

Escolha dos equipamentos para moldação e fusão

Para aumentar o rendimento e melhor compactação bem como maior resistência do molde a moldação pode ser feita na máquina de moldação por compressão e desmoldação mecânica com accionamento hidráulico, fig. 190 de [15] Para o vazamento do material escolhido usam – se fornos de cadinho ou eléctricos. Escolhemos fornos de crisol de resistência eléctrica que se destina especificamente

para ligas de alumínio de fundição e pelo facto de ser possível controlar melhor a qualidade do matéria durante o processo de fundição e ter tamanhos menores que o forno de cadinho e com capacidade de carga considerável.

Capacidade eléctrica: corrente percorrida pela resistência por segundo $I = 1A$, resistência metálica de cromo níquel $R = 1\Omega$ e produz 864 kcal por 1 kWh.

Para vazamento escolhemos colheres basculantes com capacidade de carga de 30 a 40 kg, uma vez a produção é em série média para permitir a diminuição do esforço humano e tempo de manejo da colher.

Como as dimensões a serem obtidas nesta fase são 14° grau de tolerância para sua medição pode ser usado paquímetro de precisão 0.05 mm, o modelo, as caixas de moldação e placa modelo são escolhidos no sub capítulo 2.9. durante a projecção dos equipamentos para a moldação.

Escolha dos regimes para vazamento

A temperatura de vazamento T_v , da liga determina-se pela relação a seguir:

$$T_v = T_f + T_{sob} \quad (65)$$

Onde T_f – temperatura de fusão da liga e T_{sob} . Temperatura de sobreaquecimento.

De [15] $T_f = 660^\circ C$ e $T_{sob} = 50 - 150^\circ C$, escolhemos valor médio $T_{sob} = 100^\circ C$

Logo de (65) $T_v = 660 + 100 = 760^\circ C$

A duração de vazamento t_v determina-se pela fórmula seguinte:

$$t_v = s \cdot \sqrt{G} \quad (66)$$

Onde s é coeficiente que tem em conta a espessura mínima das paredes da peça para $e = 10$ mm tomamos 2.2 [16] e G é massa das peças a serem fundidas determinada no sub capítulo 2.10 pag. 55.

De (66) $t_v = 2,2 \cdot \sqrt{1,872} = 3,0$ s

O tempo de arrefecimento [15] recomenda para ligas não ferrosas tomar alguns minutos ou dezenas de minutos para peças pequenas, dependendo da espessura e horas para peças grandes, sendo para ferro fundido 15 a 30 horas, por isso para a liga escolhida e considerando que serão vazadas quatro peças simultaneamente e que o material é um bom condutor de calor escolhemos 25 min o tempo de arrefecimento.

O volume de metal a vazar determina-se pela relação a seguir:

$$V = (G + C + S) / \rho \quad (67)$$

Onde: V volume do metal a vazar e C capacidade de carga do dispositivo de vazamento que escolhemos o valor médio dos recomendados e S coeficiente de segurança da carga que [15], recomenda usar de 5 a 10 % de G e ρ , densidade do material a vazar.

De (67) $V = (1,872+35+0,1.1,872)/2700 = 0,01373 \text{ m}^3 \approx 14$ litros

Fase 20. Recosimento

Na fase 20 a peça bruta é submetida ao recosimento para aliviar as tensões internas a temperaturas na ordem de 400 a 450 °C. Das recomendações de [3], escolhemos forno THE88I com dimensões de gabarito 200x150x400 e temperatura de aquecimento aproximadamente 1200°C. Permite controlar as temperaturas . O aquecimento pode ser feito até $T_{aq} = 430$ °C e as peças serão colocadas e retiradas com auxílio de garfos e o arrefecimento é lento dentro do forno.

Fase 30. Fresagem

Na fase 30 o corpo é submetido a fresagem das faces 7 e 8 simultaneamente com fresa de disco que oferece maior rendimento por causa de maior numero de dentes que possui e será de aço rápido P6M5 com $\varnothing 100$ mm, largura $L = 22$ mm, numero de dentes $Z = 16$, ângulo de inclinação $\alpha = 20^\circ$ e porque trabalha-se com pequenos choques e a camada a levantar será pequena. Como as dimensões a obter são do 14º grau de tolerância, para a sua medição pode se usar paquímetro de precisão 0.05 mm. Para instalação da peça a trabalhar na fresadora usaremos dispositivo especial, com ponto móvel e pino no furo 4, que permite aperto pelo furo e a fresagem será feita na fresadora Milko-35r.

Fase 40. Alargamento do furo

Nesta fase faz-se alargamento do furo 4 até $\varnothing 30H12(^{+0,21})$, Rz40. Como o diâmetro a obter é de 12º grau de tolerância e a produção é em série média pode ser usado calibre macho de $\varnothing 30H12$ (passa não passa) para a aumentar a rentabilidade de controle da dimensão e a seguir são escolhidos os equipamentos e regimes para o alargamento do furo 4 seguindo recomendações da referência bibliografia [4].

A figura a seguir mostra o esquema de alargamento do furo 4

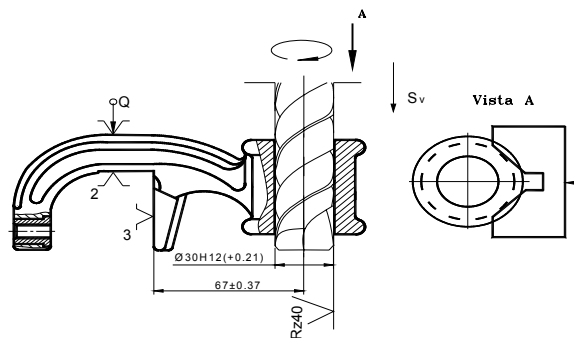


Figura 24. Esquema de alargamento do furo 4.

Para tratamento do furo escolhemos alargador helicoidal de cabo cónico, pois a superfície é furo e pretende-se uma boa forma da superfície numa única passagem.

O material a trabalhar é silualumínio A12 com $\sigma_r = 220$ MPa, HB55. Do capítulo 3 de [4] recomenda-se material da parte cortante do alargador de aço rápido pois o material é macio, especificamente escolhemos aço rápido P6M5.

As dimensões principais do alargador escolhem-se de acordo com as recomendações da página 20, sendo alargador de cabo cónico de norma GOST, normal $dxLxl = \varnothing 30 \times 150 \times 75$ mm

Os parâmetros geométricos do alargador escolhem-se da tabela 48 capítulo 5.2. sendo material a trabalhar liga de alumínio temos: $\varphi = 60^\circ$, $\alpha = 10^\circ$, $\omega = 20^\circ$, $\gamma = 30^\circ$, $\lambda = 5^\circ$ (tomado das notas 3).

A profundidade de corte determina-se pela fórmula:

$$t = (2 \cdot Z_{\max} / 2) \quad (68)$$

$$t = 1,7 / 2 = 0,85 \text{ mm}$$

O avanço calculado determina-se pela fórmula seguinte:

$$S_{vc} = S_v \cdot K_{mfs} \quad (69)$$

Onde S_v é avanço tomado das tabelas e K_{mfs} é coeficiente de correcção de avanço. O avanço S_v escolhe-se da tabela 26 capítulo 6.3 em função do método de tratamento, material a trabalhar e diâmetro a trabalhar. O material escolhido não consta, na tab. 26 mas vê-se que o intervalo de avanços para ferro fundido e ligas de cobre que também são macios são 1,1-1,3 mm/v por isso adoptaremos valor médio de avanço para ferro fundido com $HB < 200$ e diâmetro $d = \varnothing 30$ mm $S_v = 1,2$ mm/v e das notas $K_{mfs} = 1$ pois recebe-se H12.

A única furadora que tem avanços próximo a escolhida é a furadora vertical 2H135T que apresenta uma larga faixa de avanços, da tab.22 escolhemos $S_{vm} = 1,12$ mm/v.

Coefficientes e expoentes para cálculo de velocidade de corte escolhem-se da tabela 29 cap. 6.3 para alargamento, mas como não temos dado para ligas de alumínio, usamos dados para ferro fundido maleável e temos;

$$C_v = 27,9 \quad q_v = 0,2 \quad x_v = 0,1 \quad y_v = 0,4 \quad m = 0,125$$

Para determinar o coeficiente de correção de velocidade usamos tab.28 onde para $S > 0,3$ e ferro fundido maleável, $C_v = 25,3$ e para a liga de alumínio $C_v = 40,7$, daí $C_{ccv} = 40,7/25,3 = 1,6$.

O tempo de duração da ferramenta é 40 min escolhido da tabela 30 cap. 6.3 em função do diâmetro do alargador e material da parte cortante. A correção da duração é feita a partir da fórmula:

$$T_e = T \cdot K_{TF} \cdot K_{TM} \quad (70)$$

Onde: K_{TF} é coeficientes de correção da duração da ferramenta em função do numero de ferramentas que trabalham simultaneamente e K_{tm} coeficiente em função do numero de máquinas que serve um operário e são iguais a um (tabelas 7 e 8 cap. 6.1 respectivamente). Pois que trabalha uma ferramenta de cada vez e cada operário opera uma máquina, logo de (70) $T_e = 40$ min.

O coeficiente de correção de velocidade de corte em função das propriedades físico mecânicas do material a trabalhar K_{mv} escolhe-se da tabela 4 cap. 6.1 para liga de silualumínio $K_{mv} = 0,8$.

O coeficiente de correção da velocidade de corte em função do estado da camada superficial da superfície escolhe-se da tabela 5 cap. 6.1 $k_{esv} = 0,9$.
(material liga de alumínio)

O coeficiente de correção de velocidade de corte em função do material da ferramenta escolhe-se da tab.6 cap 6.1 $k_{mfv} = 1,0$ pois material da ferramenta é P6M5 e material a trabalhar é liga de alumínio com dureza $HB < 55$.

O coeficiente de correção de velocidade em função do comprimento do furo $k_{lv} = 1,0$ para alargamento (tabela 31 cap.6.3)

O coeficiente de correção de velocidade em função da afiação da ferramenta, para alargamento tomamos $k_{av} = 1,0$.

O coeficiente geral de correção de velocidade, determina-se pela fórmula

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{esq} \cdot K_{mfv} \cdot K_{lv} \cdot K_{av} \quad (71)$$

$$K_v = 0,8 \cdot 0,9 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,72$$

A Velocidade de corte V_c , calcula-se pela fórmula a seguinte:

$$V_c = \frac{C_v \cdot D^{qv}}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot S_{vm}^{y_v}} \cdot K_v \cdot C_{ccv} \quad (72)$$

Onde D é diâmetro final do furo.

$$V_c = \frac{27,9 \cdot 30^{0,2}}{40^{0,125} \cdot 0,85^{0,1} \cdot 1,12^{0,4}} \cdot 0,72 \cdot 1,6 = 38,9 \text{ m/min}$$

Frequência de rotação calculada n_c , determina-se pela fórmula:

$$n_c = \frac{1000 \cdot V_c}{\pi \cdot d} \quad (73)$$

$$n_c = \frac{1000 \cdot 38,9}{\pi \cdot 30} = 412 \text{ rpm}$$

Frequência de rotação pela máquina n_m escolhe-se de dados da máquina (cap.2.3) pela relação:

$$n_m < 1,1 \cdot n_c \quad (74)$$

Onde: n_c é frequência de rotação calculada

De tabela 2.2, tomamos $n_m = 355 \text{ rpm}$

O Cálculo de velocidade real de corte, faz –se pela fórmula:

$$V_r = \frac{\pi \cdot D \cdot n_m}{1000} \quad (75)$$

$$V_r = \frac{\pi \cdot 30 \cdot 355}{1000} = 33,4 \text{ m/min}$$

Verificação da viabilidade dos parâmetros escolhidos do regime do corte, faz-se através da comparação da potência de corte com a potência da máquina pela relação:

$$N_c \leq N_m \cdot \eta \quad (76)$$

onde: N_c é potência de corte e N_m é potência da máquina.

Os coeficientes e expoentes para cálculo de momento de corte e potência escolhem-se da tabela 32 cap.6.3, valores tirados para alargamento do aço ao carbono.

$$c_m = 0,9 \quad q_m = 1,0 \quad x_m = 0,9 \quad y_m = 0,8 \quad c_p = 670 \quad q_p = 0 \quad x_p = 1,2 \quad y_p = 0,65 \quad \text{das notas } k_{ap} = 1$$

O coeficiente de correção das forças de corte $K_{mp} = 1$ escolhido de tabela 10 cap 6.1 material a trabalhar é silualumínio não serve porque os coeficientes e

expoentes para cálculo de momento foram escolhidos para aço, por isso o coeficiente de correcção do momento determina-se através da comparação de C_m para brocagem de aço e liga de alumínio, logo $K_{mp} = 0,05 \cdot 0,9 / 0,345 = 0,13$.

O coeficiente de correcção das forças de corte e dos momentos de corte em função do desgaste da ferramenta $K_{df} = 1,3$ toma-se de notas da pagina 31, pois o material é frágil.

O coeficiente geral de correcção de força de corte K_P determina-se pela fórmula

$$K_P = K_{mp} \cdot K_{ap} \cdot K_{dfx} \quad (77)$$

$$K_P = 0,13 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 0,169$$

O momento de corte determina-se com a fórmula a seguir

$$M_t = C_m \cdot D_f^{qm} \cdot t^{xm} \cdot S_{vm}^{ym} \cdot K_p \quad (78)$$

$$M_t = 0,9 \cdot 30^{1,0} \cdot 0,85^{0,9} \cdot 1,12^{0,8} \cdot 0,169 = 4,4 \text{ Nxm}$$

Potência de corte, determina-se pela fórmula a seguir:

$$N_c = M_t \cdot n_m / 9550 \quad (79)$$

$$N_c = 4,4 \cdot 355 / 9550 = 0,16 \text{ kW}$$

A verificação da viabilidade faz-se pela comparação da potência calculada com a potência da máquina pela relação a seguir.

De (74) $0,16 < 3 \times 0,75 = 2,25$, por isso trataremos o furo com estes regimes.

Uma vez que o diâmetro do alargamento é bastante grande e potência de corte é pequena, não há necessidade de verificação a resistência do alargador.

O coeficiente de uso da máquina C_{um} , calcula-se pela fórmula:

$$C_{um} = \frac{N_c}{N_m \cdot \eta} \quad (80)$$

$$C_{um} = \frac{0,16}{0,75 \cdot 3} = 0,07$$

Note que a máquina é explorada só em 7% portanto há poupança de energia.

O coeficiente de uso da ferramenta C_{uf} determina-se pela fórmula:

$$C_{uf} = \frac{V_r}{V_c} \quad (81)$$

$$C_{uf} = \frac{33,4}{39} = 0,856$$

Note que se explora a ferramenta em 85.6%

O tempo de tratamento do furo t_b , acha-se pela fórmula:

$$t_b = \frac{c_f + t \cdot ctg \varphi + l_s}{s_{vm} \cdot n_m} \quad (82)$$

$$t_b = \frac{50 + 0,85 \cdot ctg 60 + 3}{1,12 \cdot 355} = 0,13 \text{ min}$$

Tab.18 Resultados do regimes de tratamento do furo 5.

Ferramenta	norma	material	DxLxI	φ	α	γ	ω	λ
Alargador	GOST	P6M5	30x150x75	60°	10°	30°	20°	5°

Máquina	t (mm)	S_{vm} (mm/v)	V_r (m/min)	n_m (rpm)	N_C (kW)	N_m (kW)	C_{um}	C_{uf}	T_p (mim)
Furadora 2H135T	0,85	1,12	33,4	355	0,16	3	0,07	0,856	0,13

Fase 50. Escareamento dos chanfros

Faz-se escareamento dos chanfros 3 na furadora 2H135T com escareador de Aço rápido P6M5. Para instalação será usado o dispositivo especial, prisma móvel. Uma vez que a produção é em série média e as dimensões são do 14° grau de tolerância para o seu controle pode ser usado escantilhão de 45° com risca de 1 mm.

Fase 60 controle final

Faz-se o controle de dimensões de um lote de peças. Para o furo 4 pode ser controlado o diâmetro com calibre macho de $\varnothing 30H12$ 20% das peças e outras dimensões de 5% de peças controladas com paquímetro de precisão 0.05 mm e escantilhão. O controle será feito numa bancada.

Fase 70. Pintura

Faz-se a limpeza com escovas metálicas finas e desengorduramento com papel envernizado e posterior pintura com a tinta de alumínio de acordo com norma ISO, usando spray e posterior secagem ao ar livre sem grande intensidade dos raios solares e a temperatura de 25°C.

Os cartões de fase e os outros esquemas de tratamento estão apresentados nos anexos

2.9 PROJECCÃO DE EQUIPAMENTOS PARA MOLDAÇÃO

Projecção do modelo

O modelo tem como função reproduzir fielmente na mistura de moldação, a cavidade da forma geométrica e parâmetros desejados. Para facilitar a saída do modelo sem danificar a moldação [2] recomenda que para a peça simétrica o plano de desmonte coincide com eixo de simetria, por isso a peça será vazada na posição horizontal para permitir que o eixo coincide com o plano de desmonte horizontal, como mostra a figura a seguir e sejam previstas inclinações tecnológicas das faces do modelo correspondentes aos planos perpendiculares ao plano de desmonte sendo $\beta = 45^\circ$ e $\beta_1 = 1^\circ 30'$.

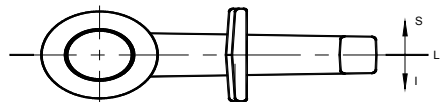


Figura 21. Esquema para escolha do plano de desmonte

Onde: LD linha de desmonte, I parte inferior e S parte superior do modelo bipartido.

O modelo deve ter dimensões ligeiramente diferentes das da peça acabada, para compensar o efeito de contracção do metal durante o arrefecimento e sobrespessuras para tratamento posterior. Para o metal escolhido o coeficiente de contracção linear ϵ_l é cerca de (1-1.2%) de acordo com [2].

As sobrespessuras de tratamento mecânico dependendo das dimensões da peça [2] recomenda 1...2 mm, e são adicionadas na peça bruta nas superfícies que recebem tratamento mecânico (furo 4, faces 7 e 8) e os resultados são representados no desenho do modelo (ver anexo) e adoptaremos os raios de fundição $r = 2.0$ mm. É de salientar que as dimensões são consideradas a temperatura ambiente.

As dimensões de modelo são obtidas pela fórmula seguinte:

$$D_{mi} = (1 + \epsilon_l) \cdot D_{pbi} \quad (83)$$

Onde: D_{mi} é i – ésima dimensão do modelo e D_{pbi} é i – ésima dimensão da peça bruta.

Por exemplo para a face 1 de comprimento $l = 50$ mm a dimensão do modelo de acordo com (83) será: $D_{m1} = (1+0.012) \cdot 50 = 50.6$ mm. Para o furo 4 de diâmetro $d = 30$ mm a dimensão do modelo será:

$$D_{m4} = (1-0.012) \cdot 30 - 1.6 = 28,04 \text{ mm.}$$

Os outros resultados de calculo das dimensões do modelo estão apresentados na tabela a seguir.

Tab.14. Dimensões do modelo e do macho

Referencia da superfície	Dimensões (mm)	Sobrespessuras (mm)		Dimensões do modelo (mm)
		Contração	Tratamento mecânico	
1	l = 50	0,6		50,6
2	d = 53	0,673		53,6
	d = 45	0,54		46,1
	R = 4	0,048		4,1
	r = 2	0,024		2,0
4	d = 30	-0,72	-1,6	28,0
	l = 67	0,804		67,8
5	b = 5	0,06		5,1
	r = 2	0,024		2,0
6	l = 40	0,48		40,5
7	h = 67	0,804	1	68,8
8	l = 30	0,36	1 1	28,6
	l = 40	0,48		41,5
	r = 0,5	0,006		0,5
10	r ₁ = 44	0,528		44,5
	r ₂ = 23	0,276		23,3
	r ₃ = 5	0,06		5,1
	r ₁ = 3	0,036		3,0
	r = 2	0,024		2,0
	b ₁ = 25	0,3		25,3
	b ₂ = 20	0,24		20,2
	b ₃ = 10	0,1		10,1
	b ₄ = 22	0,264		22,3
	h = 16	0,192		16,2
	r = 11	0,132		11,1
r = 4	0,048		4,1	
11	b = 56	0,672		56,7

Dimensionamento da caixa de moldação

Com objectivo de aumentar a produtividade e uma vez que a peça é pequena, em cada caixa serão vazadas simultaneamente quatro peças. Para peças fundidas de massa até 5 kg e mistura a base de areia de moldação [16] recomenda seguintes distâncias entre elementos do molde $a.d.h = 30.30.40$ e $b = 30$ tabela em anexo.

As dimensões das caixas determinam-se segundo a figura 23 e pelas relações a seguir:

$$L = 2.a+2.154+d = 2.30+2.154+2.30 = 398 \text{ mm}$$

$$B = 2.a+2.d+2.51 = 2.30+2.30+2.51 = 272 \text{ mm}$$

$$H = h+53/2 = 40+26.5 = 66.5 \text{ mm}$$

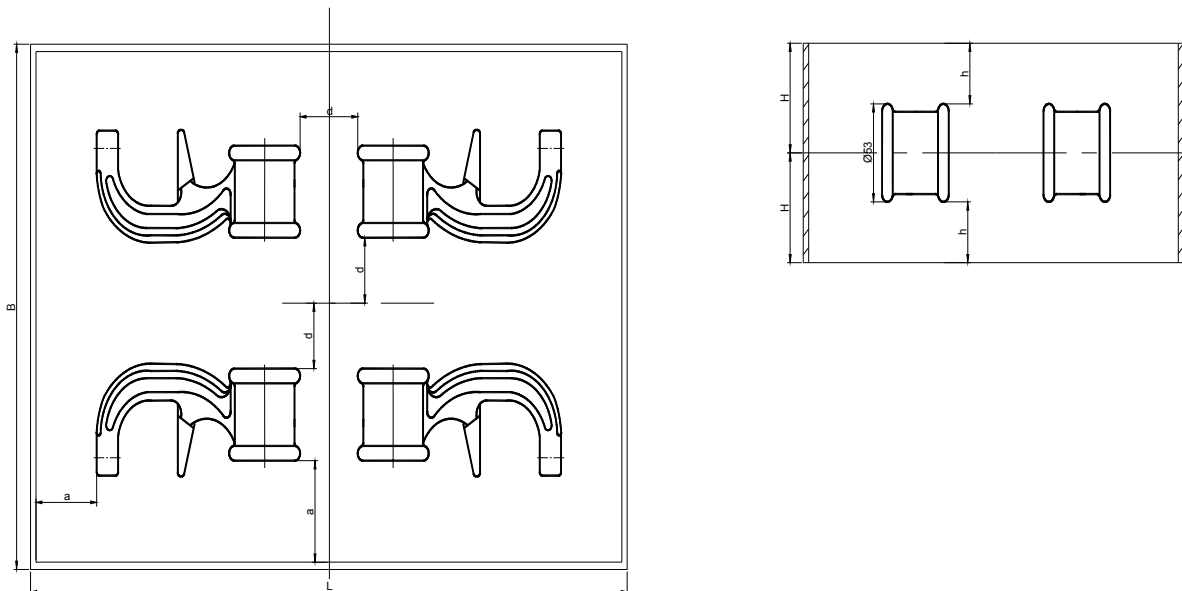


Figura 22. Disposição das peças na caixa moldação

A partir destas dimensões da tabela 2 nos anexo escolhemos as dimensões normalizadas das caixas de moldação do anexo 5: $L . B . H = 400 . 280 . 65$, onde o comprimento L e a largura e B tomamos construtivamente.

Dimensionamento dos machos

O diâmetro do macho a ser fixado no molde para gerar furo 4 tomamos da tabela 14 é igual $d = \text{Ø}28.0 \text{ mm}$.

De tabelas 3 nos anexos, o comprimento dos prensos do macho cilíndrico são $l = 20 \text{ mm}$ e comprimento total do macho é igual a $L = 90 \text{ mm}$, que resulta do somatório do comprimento dos prensos do macho e largura da peça bruta. Para facilitar a montagem

são previstas inclinações tecnológicas de $\alpha = 7^\circ$, $\alpha_1 = 1^\circ 30'$ e $\beta = 10^\circ$ relativamente ao plano de desmonte valores tirados de tabelas em anexo.

Para o macho a ser colocado na bucha terá diâmetro igual ao diâmetro externo da rosca $d = 6$ mm e o comprimento dos prensos é $l = 15$ mm, logo o comprimento total é $l = 46$ mm. Na caixa de macho será inclusa a bucha, ou seja durante a construção do macho a bucha será incorporada.

2.10 CÁLCULO DO SISTEMA DE GITAGEM

O corpo é obtido por fundição em areia e modelo metálico e machos simples e serão vazadas quatro peças numa caixa para aumentar a produtividade e rentabilizar o processo.

A massa da peça fundida é determinada tomando em conta o consumo de metal nos elementos do sistema de gitos por vazamento pela formula:

$$m_{pf} = (1 + \mu) \cdot N_{p.b.} \quad (84)$$

onde: $m_{p.f.}$ - é a massa da peça fundida, $m_{p.b.}$ - é a massa da peça bruta, μ - é o coeficiente de consumo de metal e $N_{p.b.}$ quantidades de peças brutas a serem vazadas numa caixa.

Coeficiente de consumo de metal μ estima-se entre 20 a 30 %, dependendo do tipo de fundição escolhido, do tipo de moldação, da forma e dimensões dos elementos de sistema de gitos [2]. Para o nosso caso, tendo em conta que a peça é complexa, pequena mas com dimensões consideráveis, sem excluir o tipo de produção e tendo em conta que vão ser vazadas quatro peças, escolhemos coeficiente de consumo de metal μ de 30%, logo:

De (84) $m_{pf} = (1 + 0,3) \cdot 4 \cdot 0,36 = 1,872$ kg.

O cálculo pratico é feito de acordo com recomendações de Titov, Stepanov [16] pelo método hidráulico e o esquema do sistema de gitagem esta apresentado na figura a seguir.

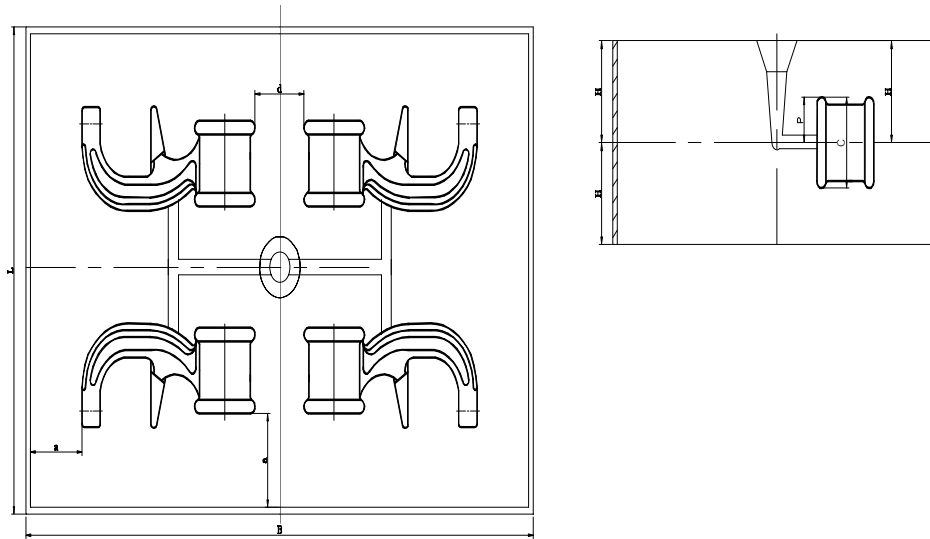


Figura 24. Esquema da estrutura do sistema de gitagem

C – altura da peça fundida; P - altura do semi molde; H- altura do ponto de vazamento ao canal de ataque sendo os valores retirados da figura 24 e do desenho da peça:

C = 53 mm, P= 26,5 mm e H = 65 mm

A área da secção do canal de ataque é determinada pela fórmula seguinte:

$$F_c = \frac{G}{\rho \cdot t \cdot \mu_1 \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H_c}} \quad (85)$$

onde G é massa total das peças incluindo o sistema de gitagem em g, que é igual a massa das peças fundidas $m_{p.f.}$; μ_1 coeficiente de consumo do metal que depende da resistência hidráulica do sistema de gitagem e da cavidade do molde tomamos 0,45 considerando estado da moldação verde e resistência da moldação média (tab.3 do anexo 5), $g = 980 \text{ cm/s}^2$ aceleração de gravidade, t duração de vazamento, ρ peso específico do material e H_c altura de carga deste o ponto de vazamento ao ataque.

A altura da carga H_c , determina-se pela fórmula:

$$H_c = H - \frac{C}{8} \quad (86)$$

$$H_c = 65 - \frac{53}{8} = 58,38 \text{ mm} = 5,84 \text{ cm}$$

Logo de (81) área de secção do canal de ataque fica:

$$F_{a \text{ lim}} = \frac{1872}{2,7 \cdot 3,0 \cdot 0,45 \cdot \sqrt{2 \cdot 980 \cdot 5,84}} = 4,8 \text{ cm}^2$$

Do nomograma para determinação da área do canal de ataque para ligas de alumínio determinado a partir da marcação nas escalas I e III os valores de G e H (pontos A e B respectivamente), unindo-os através da recta que se prolonga até a escala IV (ponto C). A partir da escala dois de indicação da espessura traçamos uma recta que passa pelo ponto C e se estende para a escala V de indicação da área aproximada da secção do canal de ataque, verifica que a área é aproximada a calculada, por isso tomaremos esta.

Figura 25 Nomograma para determinação da área de secção do canal de ataque.

De acordo com [16] a relação das secções transversais do canal de ataque F_a , de distribuição F_e e a coluna de vazamento F_c é $F_a:F_e:F_c = 1:2:3$ para ligas de alumínio com velocidades de vazamento menores que 150 cm/s.

A Área da secção do canal de distribuição (F_e), será;

$$F_e = 2.F_a = 2 \cdot 4,8 = 9,6 \text{ cm}^2$$

A secção transversal do canal de distribuição geralmente tem a forma geométrica trapezoidal. Adoptaremos os seguintes símbolos l_{bs} para o comprimento da base superior, l_{bi} comprimento da base inferior e h_{ce} altura do canal de distribuição.

O comprimento da base superior, determina-se pela fórmula:

$$l_{bs} = 0,97 \cdot \sqrt{F_e} \quad (87)$$

$$l_{bs} = 0,97 \cdot \sqrt{9,6} = 3,0 \text{ cm}$$

O comprimento da base inferior, determina – se pela fórmula:

$$l_{bi} = 0,7 \cdot l_{bs} \quad (88)$$

$$l_{bi} = 0,7 \cdot 3,0 = 2,1 \text{ cm}$$

A altura, determina-se pela fórmula:

$$h_e = 1,25 \cdot l_{bi} \quad (89)$$

$$h_e = 1,25 \cdot 2,1 = 2,6 \text{ cm}$$

A área da secção menor de coluna de vazamento será:

$$F_c = 3 \cdot F_a$$

$$F_c = 3 \cdot 4,8 = 19,2 \text{ cm}^2$$

O diâmetro inferior da coluna de vazamento determina-se pela fórmula:

$$d_{ic} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_c}{\pi}} \quad (90)$$

$$d_{ie} = \sqrt{\frac{4 \cdot 19,2}{\pi}} = 4,9 \text{ cm}$$

Tomamos $d_{ic} = 50 \text{ mm}$ e o diâmetro superior da coluna tomamos $d_{sc} = 60 \text{ mm}$

O diâmetro externo do funil de vazamento adoptamos da tabela no anexo $d_f = 80 \text{ mm}$.

Dimensões do alimentador, o diâmetro superior do alimentador D_r determina-se pela fórmula seguinte:

$$D_r = (1,1 \div 1,15) \cdot d \quad (91)$$

Onde d é diâmetro inferior, é igual ao diâmetro da coluna de vazamento

$$D_r = (1,0 - 1,15) \cdot 49 = 56 \text{ mm}$$

As outras dimensões são tomadas construtivamente e estão representadas no desenho do molde montado em anexo.

CONCLUSÕES

1. Na parte construtiva do artigo foram descritas as desvantagens do protótipo e elaboradas as modificações construtivas nomeadamente a modificação da geometria dos dentes, a forma geométrica da faca, corpo e da manivela. Em seguida foi feito o dimensionamento do perno, veio, casquilho e corpo e pinos como também a verificação de resistência da manivela e faca, verificou-se que:

a) As peças vão resistir as tensões a que serão sujeitas

b) O raspador mecânico diminui em dimensões e peso relativamente ao protótipo ou ao ralador doméstico comum o que vai contribuir no funcionamento com eficácia e maior rendimento.

c) As dimensões escolhidas a partir de resultados do dimensionamento e resistência das peças estão de acordo com as séries de dimensões recomendáveis na construção de máquinas na norma GOST e compatíveis a norma ISO.

2. Na parte tecnológica do artigo foi elaborado o processo tecnológico para a fabricação do corpo, começando pela análise tecnológica, seguida da escolha do tipo de produção da peça bruta e das bases tecnológicas, elaboração da rota e de fases e projecção de equipamentos para o vazamento do corpo.

3. Os equipamentos e meios escolhidos para a produção do corpo permite-nos afirmar que: os regimes de tratamento determinados e escolhidos para usinagem e vazamento estão dentro dos valores economicamente recomendáveis e permitirão a obtenção do corpo com os parâmetros pretendidos

RECOMENDAÇÕES

1. Raspador projectado, desenho das suas peças recomenda usar para organização da fabricação.
2. O processo tecnológico para o corpo, documentos tecnológicos recomendo utilizar numa das empresas metalomecânicas de Moçambique.
3. Para o fabrico do raspador é necessário fazer análise construtiva e tecnológica completa das outras peças, elaborar documentação tecnológica, projectar e construir estampas para o veio, faca e moldes para peças a serem vazadas manivela e casquilho.
4. O trabalho pode servir como exemplo para estudantes na elaboração de projectos de tecnologia mecânica ou de fundição, ou para operários em pequenas oficinas de máquinas e ferramentas ou de fundição para orientação na escolha de equipamentos e posterior organização da produção.
5. Há de fazer cálculo do custo do produto e fazer a respectiva avaliação económica.
6. Após a utilização do raspador deve fazer a sua limpeza e guarda-lo em locais sem excesso de humidade e calor.
7. Ao usar o artigo como guia para elaboração do seu projecto recomendo completar as informações nas fontes bibliográficas referenciadas no artigo.

ANEXOS

RASPADOR E SUAS PEÇAS

MODELO

ESQUEMAS DE TRATAMENTO

MOLDE

PLACA MODELO

CARTÃO DE ROTA E FASES