

- F = Força de dobra (ton/m)
- S = Espessura da chapa (mm)
- V = Abertura do canal de dobra (mm)
- B = Bordo mínimo (mm)
- R = Limite de Resistência (kgf/mm²)
- Ri = Raio interno da dobra (mm)
- L = Comprimento da dobra (mm)

As fórmulas abaixo são para Calculo aproximado e devem ser usadas para materiais com Limite de resistência de 42 Kgf/mm².

$$F = \frac{S^2 \times 6}{V}$$

$$B = 0,7 \times V$$

$$Ri = \frac{V}{6}$$

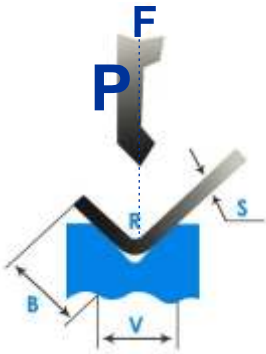
Obs1: Para calcular a Força de Dobra para materiais onde o limite Resistência for diferente de 42 Kgf/mm², utiliza-se a fórmula abaixo:

$$F = \frac{\left(1 + \frac{4 \times S}{V}\right) \times S^2 \times R^*}{V}$$

R_{aço} = 42 kgf/mm²

R_{inox} = 70 kgf/mm²

Obs2: O raio interno (Ri) mínimo recomendado não deve ser inferior a S x 1,15.



A dobra ao ar tem por característica nunca fazer com que o material entre em contato com o fundo do canal da matriz, apoiando-se em três pontos: nas bordas do canal da matriz e no raio da ponta do punção.

É o processo mais versátil e econômico graças à possibilidade de executar qualquer ângulo entre 180° até a medida do ângulo da matriz, com as mesmas ferramentas.

Como o contato entre o material e as ferramentas é pequeno, também será menor a força exigida para a operação. Teoricamente, o raio interno está em função da abertura (V) isto é, quanto maior a abertura do canal da matriz, maior será o raio interno da peça dobrada (Vide nota 2).

Também chamada de “em vazio”, a dobra ao ar é a que melhor fornece condições para corrigir o efeito da recuperação elástica do material.

Mas, uma atenção especial deverá ser dada à confiabilidade do equipamento quanto à precisão de seus pontos de parada além da boa qualidade das ferramentas utilizadas. Qualquer variação do prensador, por exemplo, certamente resultará em diferenças no ângulo de dobra.

O cálculo de dobra “ao ar” para aplicação em Prensas Dobradeiras é feito mediante aplicação das seguintes fórmulas:

a) Para se calcular a força de dobra necessária por metro [F - ton/m]

$$F = \{ [1 + [4.S / V]] \cdot S^2.R.L \} / V$$

Onde:

F = Força de dobra (ton/m);

S = Espessura da chapa (mm);

V = Abertura do canal de dobra (mm);

R = Limite de resistência do material (kgf/mm²);

L = Comprimento da dobra (m).



Nota 1 – Entende-se como limite de resistência, a Tensão de Ruptura (de preferência à tração) conforme as propriedades mecânicas de cada material. Estes dados são fornecidos pelo fabricante.



b) Para se calcular o Raio Interno [Ri - mm] conhecendo o “V”

$$Ri = V / 6$$

c) Para se calcular a abertura de dobra [V - mm] conhecendo o “Ri”

Considerar V = 6 a 8 x vezes a espessura da # até 3mm
= 8 a 12 x vezes a espessura da # acima 3mm

IMPORTANTE: Recomenda-se um “Ri mínimo” igual a **S . 1,15**

d) Para se calcular o bordo mínimo externo [B - mm] conhecendo o “V”

[somente para dobras a 90°]

$$B = 0,7 . V$$

Onde:

B = Bordo mínimo (mm)

Logo, V = B / 0,7



Nota 2 – Os resultados são teóricos em razão diversos fatores que influenciam nos resultados. Entre eles estão: o próprio efeito elástico do material; variações na composição; temperatura; condições do equipamento e das ferramentas etc.

Nota 3 – As fórmulas aqui apresentadas não se prestam à execução de trabalhos nos quais se requer o contato do punção ao fundo do canal da matriz (dobras a fundo de canal) por exigir uma força muito superior às dobras ao ar, como também ferramentas especiais para cada ângulo



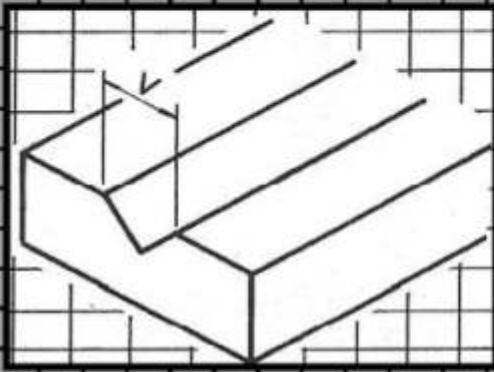
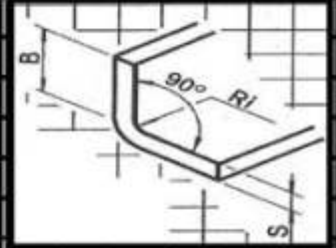
Segue uma tabela de Capacidade



TABELA DE CAPACIDADE NECESSÁRIA PARA 1 METRO DE DOBRA EM TONELADAS (DOBRA AO AR 90°) (PARA AÇOS CARBONO COM R=420 N/mm²)



ESPESSURA DA CHAPA (S)	RAIO INTERNO RI (mm)																																					
	1,5	2	2,5	3,2	4	5	6	7	7,5	8	9	10	10,5	11	12	13	13,5	14	15	16	17	19	21	23	26	28	31	40	50									
	BORDO MÍNIMO B (mm)																																					
ABERTURA DA FERRAMENTA V (mm)																																						
mm	10	13	16	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	110	120	130	145	150	175	200	250	300									
1	7	6	5																																			
2		21	17	14	11	9																																
3		64	47	30	24	20	17	15	14	12																												
4				43	36	31	27	24	22	20	18	16																										
5					48	42	37	34	31	28	26	24	22																									
6						60	54	48	44	40	34	33	32	30	28	25	23																					
7							75	66	60	55	50	47	44	41	39	37	35	33	30																			
8								85	78	71	66	61	57	53	50	48	45	43	38	34																		
9									90	83	77	72	68	64	60	57	54	49	45	42																		
10										100	95	89	83	79	74	70	67	61	56	52	47																	
11											115	108	100	95	90	85	81	74	68	62	56	51																
12												128	120	113	107	101	96	87	80	74	66	60																
13													132	125	118	112	102	94	87	78	70																	
14														145	138	130	120	109	100	90	82	70	58															
15																	150	136	125	115	104	94	78	65														
16																		155	142	132	118	106	88	75	55													
19																			180	166	150	135	127	120	88	68												
22																				340	280	260	190	160	125	95												
25																									300	250	180	144										



MATERIAL	RESISTÊNCIA À TRAÇÃO N/mm ²	da tabela por estes fatores
ALUMINIO.....	110	0,25
DURALUMINIO.....	250	0,55
LATÃO DOCE.....	330	0,75
LATÃO DURO.....	600	1,35
AÇO DOCE.....	420	1
AÇO CARBONO 0,50%.....	660	1,5
AÇO CARBONO 0,75%.....	800	1,8
AÇO CARBONO 1,00%.....	910	2
AÇO CARBONO 1,20% (NÃO TEMPERADO)	1050	2,5
AÇO INOXIDÁVEL 18-18 INOX.....	660	1,5

OBSERVAÇÕES:

EXEMPLOS DE CALCULO UTILIZADO A TABELA

1- NA TABELA OS QUADROS INTERMEDIÁRIOS EM BRANCO INDICAM A TONELAGEM NECESSÁRIA POR METRO DE COMPRIMENTO, PARA SE DOBRAR UMA CHAPA COM O MENOR RAIOS INTERNO POSSÍVEL SEM PERIGO DE RUPTURA DA CHAPA A SER DOBRADA

2- QUANTO MAIOR A RESISTÊNCIA À RUPTURA DO MATERIAL A SER DOBRADA, MAIOR A FORÇA DE DOBRA E VICE VERSA. ASSIM SENDO, COMO TEMOS A TABELA VÁLIDA PARA AÇOS COM R=420N/mm², A TABELA INFERIOR DA OS FATORES DE CORREÇÃO PARA DIVERSOS OUTROS MATERIAIS.VEJA EXEMPLO AO LADO.

EXEMPLOS DE CÁLCULOS PARA A ESCOLHA DA DOBRADEIRA ADEQUADA:
 PARA SE DOBRAR UMA CHAPA DE S=6mm (ESPESSURA) E 3000mm DE COMPRIMENTO DE AÇO COM R=420 N/mm² E COM RAIOS INTERNO Ri=10,5mm, O PROCEDIMENTO DEVERÁ SER O SEGUINTE :SEGUIR HORIZONTALMENTE NA TABELA, A LINHA DE ESPESSURA S=6mm E SEGUIR VERTICALMENTE A LINHA DO RAIOS INTERNO Ri=10,5mm. NO CRUZAMENTO AS DUAS, ENCONTRAMOS O FATOR 34, QUE É A FORÇA DE 34 TONELADAS PARA DOBRAR 1 METRO DESSA CHAPA. COMO TEMOS 3 METROS DE COMPRIMENTO, P=3x34=102 TONELADAS. PARA Ri=10,5mm E S=6mm, DEVEMOS TER V=65mm. NA TABELA DE FERRAMENTAS PADRÃO DAS PRENSAS DOBRADEIRAS TEMOS :PDM-100/125 COMV=65mm. ENTÃO A MÁQUINA NECESSÁRIA SERIA MODELO PDM-100/125.
 OBS:NO MESMO EXEMPLO , SE O MATERIAL FOSSE DURALUMINIO COM R=250N/mm²(TABELA INFERIOR), TERÍAMOS P=0,55x102=56,10 TONELADAS.NESSE CASO A MÁQUINA NECESSÁRIA SERIA O MODELO PM-60/75, COM A FERRAMENTAINFERIOR DA PDM-100/125, QUE POSSUA A ABERTURA "V" DE 65mm.