DINO FERRARESI

CORTE DE CHAPAS ATRAVÉS DE FACAS

I. CORTE EM CHAPAS ATRAVÉS DE FACAS

1.1 - Facas paralelas de secção retangular
1.2 - Facas paralelas de secção trapezoidal
1.3 - Facas inclinadas
1.4 - Facas de inclinação variável
1.5 - Facas circulares
1.6 - Facas paralelas fixas em tambores rotativos.

1.1 - Facas paralelas de secção retangular

1.1.1 - Estudo analítico simplificado.

Seja o corte da chapa de espessura h através das facas F e F', representado na figura 1.1. Devido a elasticidade do material, a medida que as facas se aproximam, aumenta a superfície de contato entre a chapa e as facas. A força P_c, originada pela penetração das facas, se afasta do plano AA', aumentando o momento de inclinação da chapa $P_c.a$. Devido êste momento haverá um momento antagonista $P_n.c$ (figura 1.1), dado pela igualdade.

$$P_c.a = P_n.c. \qquad (1.1)$$

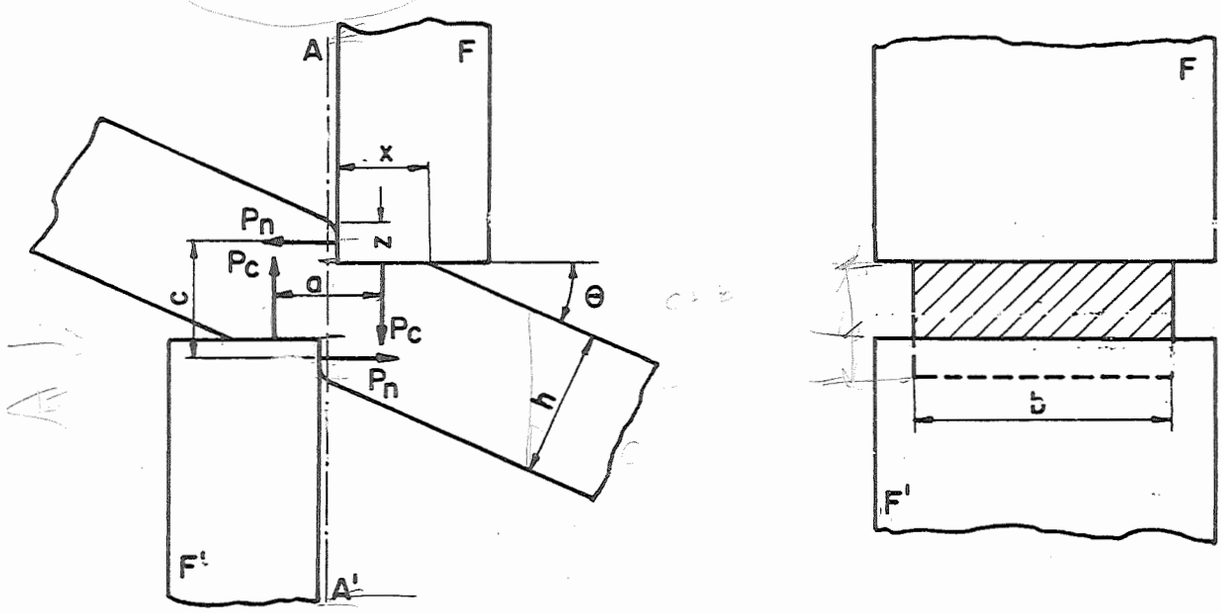


Fig. 1.1 - Corte em chapas através de facas paralelas de secção retangular.

O jôgo entre as facas sendo pequeno, tem-se aproximadamente

$$a = x.$$

Sendo $c = \frac{h}{\cos \theta} - z$, tem-se

$$P_c.x = P_n.\left(\frac{h}{\cos \theta} - z\right). \qquad (1.2)$$

EESC-USP Biblioteca CAMPUS DE S. CARLOS

O material sendo homogêneo, a pressão específica p normal às superfícies b.x e b.z é a mesma. Logo.

$$p = \frac{P_c}{b.x} = \frac{P_n}{b.z},$$

ou ainda

$$P_n = P_c.\frac{z}{x} = P_c.tg\ \theta. \qquad (1.3)$$

Substituindo-se (1.3) em (1.2) resulta

$$P_c.\ \frac{z}{tg\ \theta} = P_c.tg\ \theta.(\frac{h}{\cos\ \theta} - z)\ ,$$

ou ainda

$$z = tg^2\ \theta.\ \frac{h}{\cos\ \theta} - tg^2\ \theta.z$$

$$z(1 + tg^2\ \theta) = h\ \frac{tg\ \theta.sen\ \theta}{\cos^2\ \theta}$$

$$\frac{z}{h} = tg\ \theta.sen\ \theta. \qquad (1.4)$$

Logo o ângulo θ varia com a penetração das facas. Para θ pequeno, pois êste estudo se refere sòmente à fase inicial de deformação de chapa, tem-se a relação:

$$\frac{z}{h} = tg^2\ \theta. \qquad (1.5)$$

Estas relações naturalmente são aproximadas, porém permitem um estudo analítico simples e bem próximo da realidade.

A fôrça de penetração das facas pode ser dada pela expressão

$$P_c = p.b.x = p.b.\ \frac{z}{tg\ \theta}\ . \qquad (1.6)$$

Substituindo-se (1.5) em (1.6) tem-se

$$P_c = p.b.\ \sqrt{h.z.} \qquad (1.7)$$

Logo, admitindo-se p constante, P_c cresce em função de z segundo uma parabola (figura 1.2). Essa variação de P_c continua até se iniciar a deformação por

cisalhamento da chapa (ponto A da figura 1.2). Tem-se a igualdade

$$P_c = \left(\frac{h}{\cos\theta} - 2.z\right).b.\tau, \qquad (1.8)$$

onde τ é a tensão de cisalhamento da chapa. O valor máximo de P_c se dá um pouco antes de τ atingir o valor máximo τ_r.

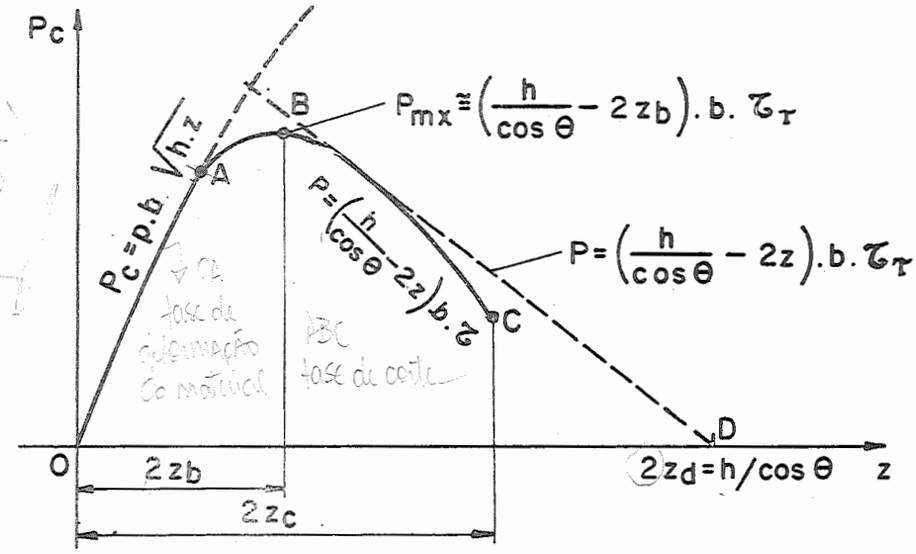


Fig. 1.2 - Representação da variação de P_c em funcão de z.

Continuando o deslocamento das facas tem-se um rápido decréscimo de P_c, pois além da profundidade z aumentar com o deslocamento das facas, a tensão de cisalhamento diminue. A reta tracejada da figura 1.2 representa a variação de P_c para o caso da tensão de cisalhamento τ_r e a relação $h/\cos\theta$ serem constantes.

A verdadeira curva que dá a seqüência de variação de P_c em função do deslocamento das facas é obtida experimentalmente (figura 1.4).

Examinando-se a secção de corte de uma chapa de espessura considerável (figura 1.3) pode-se notar três fases distintas:

a) Fase de deformação do material, dada pela equação $P_c = p.b\sqrt{h.z}$ (curva OA da figura 1.2)

b) Fase de corte propriamente dito, dada pela equação $P_c = \left(\frac{h}{\cos\theta} - 2.z\right).b.\tau$ (curva ABC da figura 1.2).

c) Fase de destacamento do material, iniciando-se no ponto C, definido pela abcissa $2.z_c$ da figura 1.2.

A fase de corte b) é brilhante enquanto que a fase de destacamento c) é opaca e granular

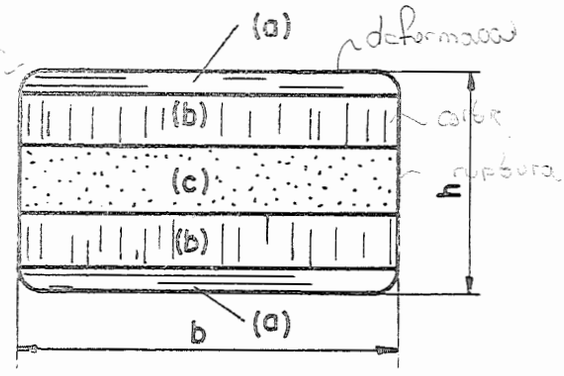


Fig. 1.3 - Secção de uma barra cortada através de facas paralelas.

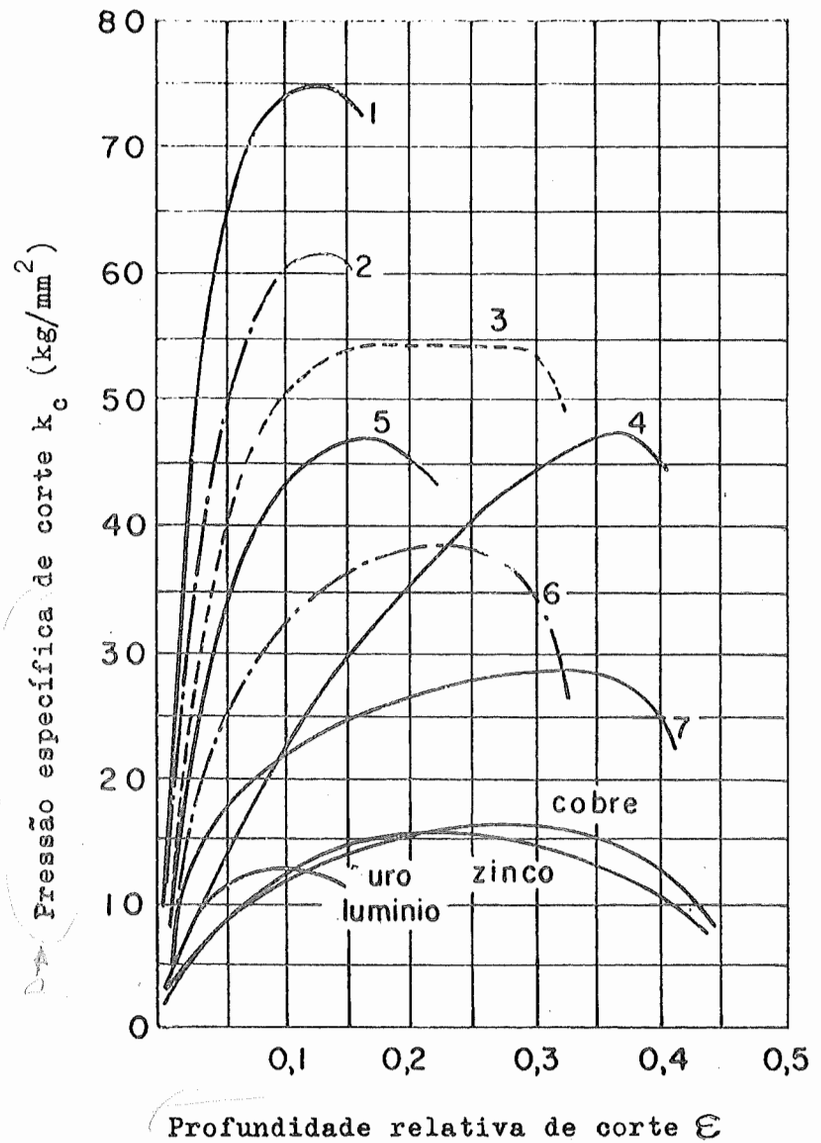


Fig. 1.4 - Características de corte a frio de alguns materiais.

MATERIAL	Composição química em porcento							σ_s kg/mm^2	σ_r kg/mm^2
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni		
1	0,16	0,23	0,34	0,018	0,006	1,42	4,31	58,5	11,0
2	0,75	0,31	0,63	0,028	0,220	0,15	-	58,5	100,8
3	0,40	0,33	0,55	0,024	0,027	1,10	0,13	44,8	83,8
4	0,14	0,70	0,50	0,020	0,020	13,00	8,50	-	60,0
5	0,47	0,23	0,58	0,027	0,030	0,050	-	35,4	67,3
6	0,20	0,24	0,52	0,026	0,030	0,040	-	42,6	53,7
7	0,15	0,20	0,40	0,040	0,040	0,200	0,30	18,0	38,0

MATERIAL	k_{cmx} (kg/mm^2)	δ (%)	ε_c (%)	ρ (kgmm/mm^3)
1	75	9	0,16	9,7
2	61	10,8	0,16	7,4
3	54	16,6	0,33	15,0
4	47	45,0	0,40	12,4
5	46	19,7	0,23	8,5
6	38	21,7	0,35	10,4
7	28	32,0	0,41	9,7
Cobre	16	-	0,42	5,7
Zinco	15	-	0,41	5,2
Duro-Alumínio	13	-	0,13	1,3

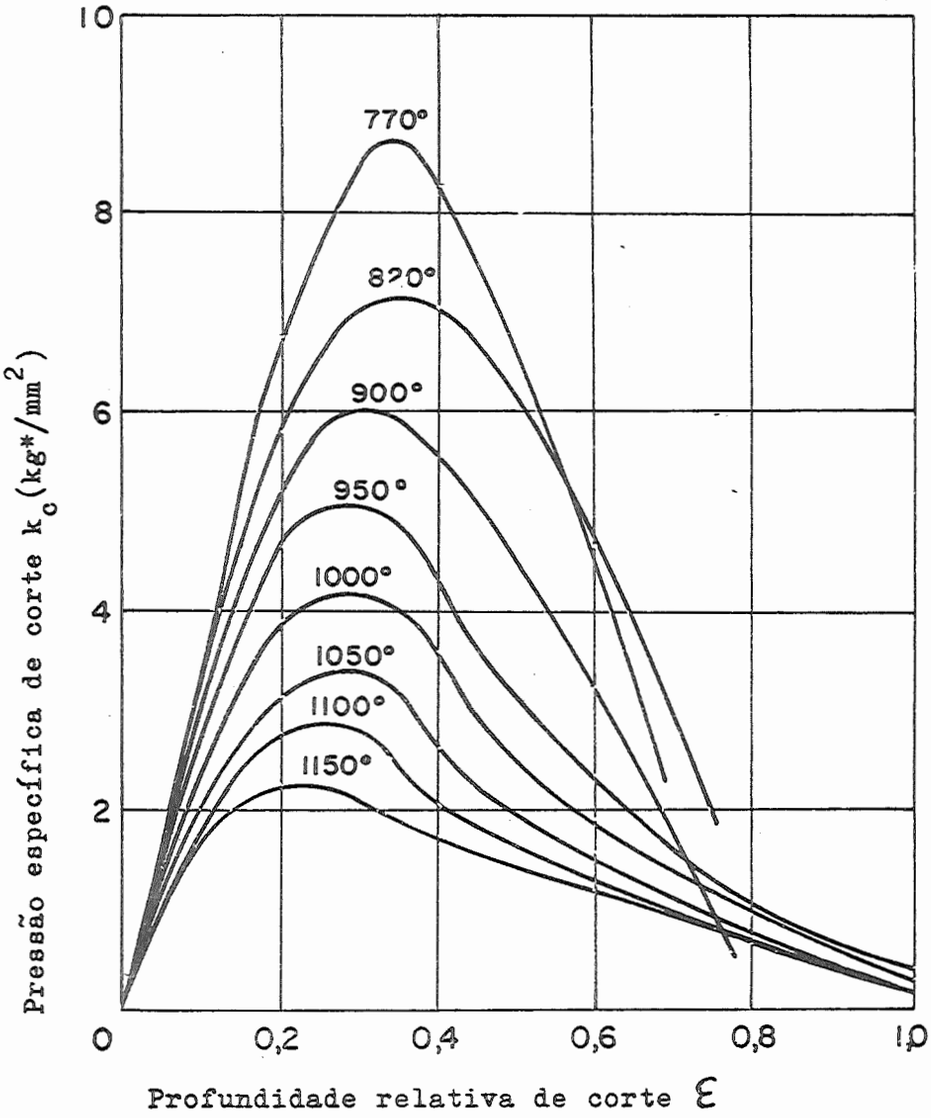


Fig. 1.5 - Pressão específica de corte em função da profundidade relativa de corte do aço ABNT 1020, para diferentes temperaturas(curvas obtidas numa tesoura de barras).

1.1.2 - Pressão específica de corte

A equação (1.8) pode ser escrita sob forma

$$P_c = \left[\left(\frac{1}{\cos\theta} - \frac{2.z}{h}\right)\tau\right].b.h,$$

ou $$\boxed{P_c = k_c.b.h}, \quad \begin{matrix}(P \text{ em kg*}) \\ (b \text{ e } h \text{ em mm}) \\ (k_c \text{ em kg*/mm}^2)\end{matrix} \qquad (1.9)$$

onde

$$\boxed{k_c = \left(\frac{1}{\cos\theta} - \frac{2.z}{h}\right).\tau} \qquad (1.10)$$

é a pressão específica de corte, referida à área total b.h, para determinada profundidade z. O têrmo 2.z/h é denominado profundidade relativa de corte ε.

De acôrdo com a equação 1.10, a pressão específica de corte k_c varia com a profundidade relativa de corte e com a tensão de cisalhamento τ_c do material, a qual varia também com a profundidade z, vista anteriormente. A variação de k_c é obtida experimentalmente para cada material, em condições de ensaio semelhantes às operações normais de corte em chapas. Pois além dêstes fatôres, influem secundàriamente o jôgo entre as facas e a velocidade de corte; a espessura da chapa influe sòmente para variações muito grandes de h (acima de 10). O têrmo 1/cos θ para o caso de utilização de prensa chapas com facas de secção trapezoidal pode ser tomado igual a 1.

A figura 1.4 apresenta a variação de k_c em função da profundidade relativa de corte para diferentes materiais. A figura 1.5 apresenta a influência da temperatura no valor de k_c, para o aço ABNT 1020.

Para determinar o valor da fôrça máxima de corte P_c é necessário conhecer o valor máximo da pressão específica de corte, ou seja k_{cmx}. Além de k_{cmx}, interessa o valor da profundidade relativa de corte correspondente ao destacamento do material (ponto C da figura 1.2). A tabela I.1 apresenta os valores de k_{cmx} e ε_c para o caso de corte a frio em chapas de aço carbono. Quando o material em questão não se encontra na figura 1.4 ou na tabela I.1 pode-se estimar os valores k'_{cmx} e ε'_c através das relações aproximadas:

$$\left.\begin{aligned} k'_{cmx} &\cong k_{cmx}\,\frac{\sigma_r'}{\sigma_r} \\ \varepsilon'_c &\cong \varepsilon_c\,\frac{\delta'}{\delta} \end{aligned}\right\} \qquad (1.11)$$

onde

σ_r' e δ' representam a resistência a ruptura e alongamento do material a ser cortado;

σ_r e δ representam a resistência a ruptura e o alongamento do material dado pela tabela I.1 ou pelo gráfico 1.4.

k_{cmx} e ε_c representam a pressão específica de corte máxima e a profundidade relativa de corte no destacamento para o mate-

TABELA -I.1 - Características de chapas de aço carbono para o corte a frio (tabela provisória)

Qualidade de material	C Máxima %	Mn %	Alongamento (h=3mm) δ_{50mm} (%)	Resistência a ruptura σ_r (kg^*/mm^2)	Pressão específica de corte k_{cmx} (kg^*/mm^2)	Profundidade relativa de corte ε_c	Trabalho específico de corte ρ (kg^*mm/mm^3)
Chapa fina laminada a quente CFQ (p/estampagem)							
EM	0,1	0,2-0,5	32	32	26	0,55	11
EP	0,1	0,2-0,5	36	30	24	0,6	12
EEP	0,1	0,2-0,5	39	29	23	0,7	13
Chapa fina laminada a frio CFF (p/estampagem)							
EM	0,1	0,2-0,5	26	38	31	0,4	10
EP	0,1	0,2-0,5	31	36	29	0,45	10,5
EEP	0,1	0,2-0,5	34	34	28	0,5	11
Chapa fina laminada a quente CFQ (comum)							
Comum	0,15	0,2-0,6	26	38	31	0,45	12
1020	0,18	0,3-0,6	25	39	33	0,45	12,5
1035	0,38	0,6-0,9	18	51	40	0,40	12,5
1050	0,55	0,6-0,9	15	63	50	0,3	1
Chapa fina laminada a frio CFF (comum)							
Comum	0,15	0,2-0,6	17	42	34	0,4	9,5
1020	0,18	0,3-0,6	15	44	37	0,35	10,5
1035	0,38	0,6-0,9	12	56	45	0,3	10,5

Nota: Os valores das chapas finas laminadas a quente se referem à espessura de 3mm, para chapas mais finas, acrescentar 10% aos valores de ρ e k_{cmx}. Os valores das chapas laminadas a frio se referem a espessura de 1mm, para chapas mais finas acrescentar 10% aos valores ρ e k_{cmx}. As designações para as chpas de estampagem se referem ao projeto de especificação brasileira P-EB 188 da ABNT.

rial dado pela tabela ou pelo gráfico 1.4.

Em vários materiais tem-se a relação aproximada

$$k_{cmx} \simeq \quad _r = 0{,}7 \text{ a } 0{,}8 \cdot \sigma_r \qquad (1.12)$$

1.1.3 - Trabalho específico de corte

O trabalho de corte é dado pela expressão (figura 1.6)

$$T = \int_0^{2\,z_c} P_c\,(2\,dz) \qquad (1.13)$$

Sendo $P_c = k_c \cdot b \cdot h$,

$$\varepsilon = \frac{2 \cdot z}{h} \quad \text{ou ainda} \quad 2\,dz = h \cdot d\varepsilon$$

tem-se

$$T = \int_0^{\varepsilon_c} k_c \cdot b \cdot h \cdot d\varepsilon = b \cdot h^2 \int_0^{\varepsilon_c} k_c \cdot d\varepsilon$$

Define-se trabalho específico de corte o têrmo

$$\rho = \int_0^{\varepsilon_c} k_c\,d\varepsilon \qquad (kg^* \cdot mm/mm^3) \qquad (1.14)$$

que corresponde a área do diagrama $k_c = f(\varepsilon)$, obtido experimentalmente (tabela I.1). A fórmula

TRABALHO DE CORTE

$$T = b \cdot h^2 \cdot \rho \qquad (kg^* \cdot mm) \qquad (1.15)$$

permite calcular fàcilmente o trabalho de corte, conhecendo-se o valor de ρ. Através do produto

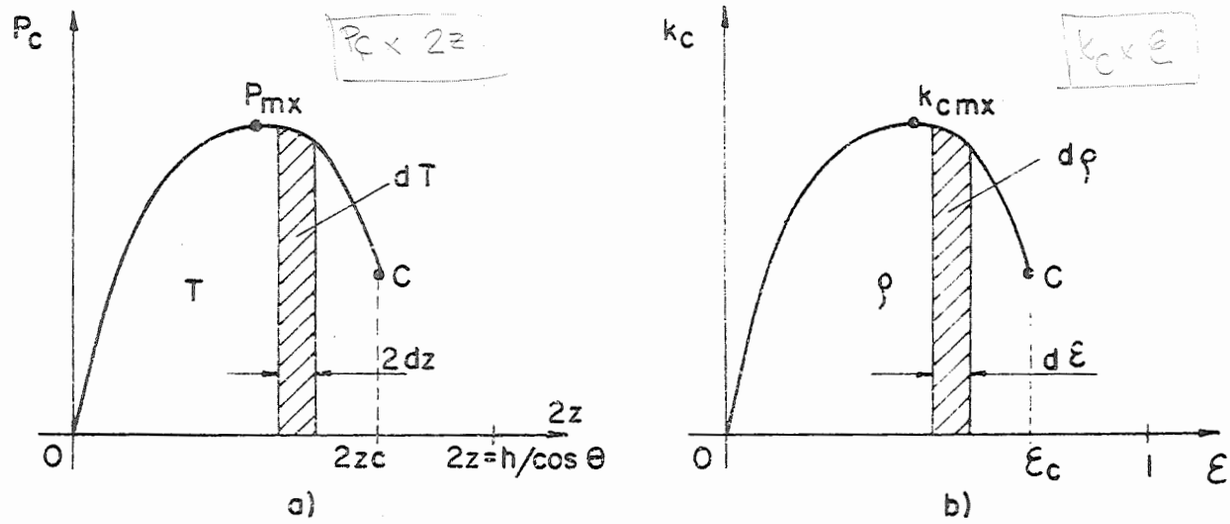


Fig. 1.6 - Diagrama da fôrça de corte e da pressão específica de corte para um determinado material.

$b.h^2$, passa-se do trabalho específico de corte (figura 1.6 b), que pràticamente independe das dimensões da chapa, ao trabalho de corte (figura 1.6 a).

Quando o material em questão não se encontra na tabela I.1, pode-se estimar o valor de ρ de modo análogo ao indicado pela equação 1.11.

$$\rho' = \rho \frac{\sigma_r'}{\sigma_r} \cdot \frac{\delta'}{\delta} \qquad (1.16)$$

1.1.4 - Determinação experimental das grandezas k_c, ε_c e ρ para um determinado material

Para tanto utilizam-se "estampos dinamométricos" especiais *) que permitem medir a variação da fôrça de corte em função do deslocamento do punção (figura 1.7). Êstes estampos são aplicados em prensas excentricas de curso variável e que apresentam a possibilidade de se variar a velocidade de corte. O punção do estampo pode ser aplicado a várias matrizes permitindo-se variar o jôgo entre o punção e a matriz.

Desta forma, para uma chapa de determinado material, traça-se o diagrama experimental da fôrça em função do deslocamento. Através da formula 1.9 e da expressão

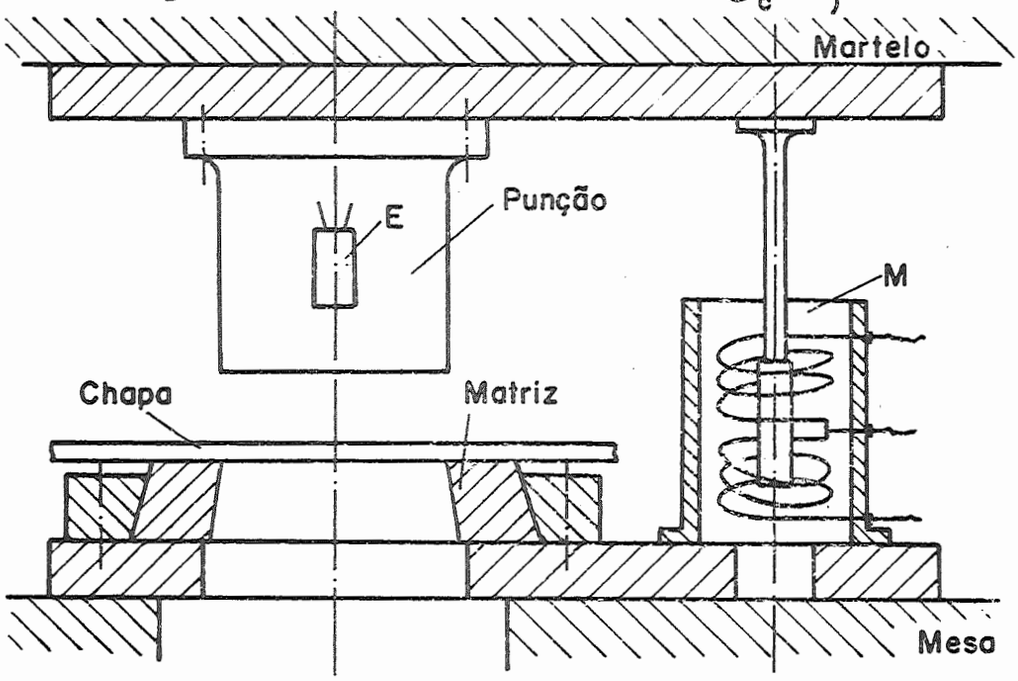
$$\varepsilon = 2z/h$$

tem-se o diagrama da pressão específica de corte em função da profundidade relativa de corte.

---

*) Vide apostila das aulas de laboratório de conformação - Professor Dino Ferraresi.

Êste diagrama nos fornece os valores de ε_c e ρ.



E = Extensômetro elétrico para medida da fôrça P; M = medidor de deslocamento por indução para medida de z.

Fig. 1.9 - Esquema de um punção dinamométrico para a medida da fôrça de corte em função do deslocamento.

1.2 - Facas paralelas de secção trapezoidal

Vimos no caso de corte em chapas através de facas paralelas de secção retangular, que a medida que as facas se aproximam, a fôrça de corte P_c se afasta do plano AA' da figura 1.1. Em conseqüência disto tem-se um momento giro $M = P.a$, o qual dá origem a uma fôrça normal P_n dada pela fórmula 1.3.

$$P_n = P_c . tg\ \theta$$

O valor de θ é da ordem de 10 a 20°, resultando

$$P_n = 0{,}18 \text{ a } 0{,}30\ P_c .$$

Consegue-se diminuir P_n utilizando-se prensa-chapas ou facas de secção trapezoidal.

O prensa chapa exerce um momento antagonista ao dado pelas facas, reduzindo o valor de θ para 5 a 10° (figura 1.10). O valor de P_n passa a ser

$$P_n = 0{,}1 \text{ a } 0{,}18\ P_c$$

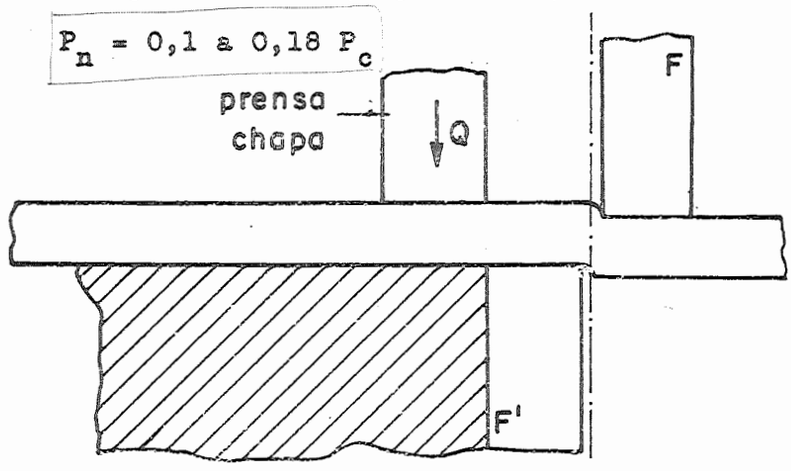


Fig. 1.10 - Emprêgo do prensa chapa para reduzir o ângulo de giro da chapa e a fôrça tangencial

A faca de secção trapezoidal, com um ângulo de cunha β menor de 90°, permite melhorar as condições acima. Com a existência do ângulo β, a fôrça P_c de corte pode ser interpretada como a resultante das fôrças P_1 e P_2, como mostra a figura 1.11. O braço da alavanca $\underline{a}'$ tornar-se menor que $\underline{a}$, dado na figura 1.1. Logo

$$M' = P_a \cdot a' < P_a \cdot a$$

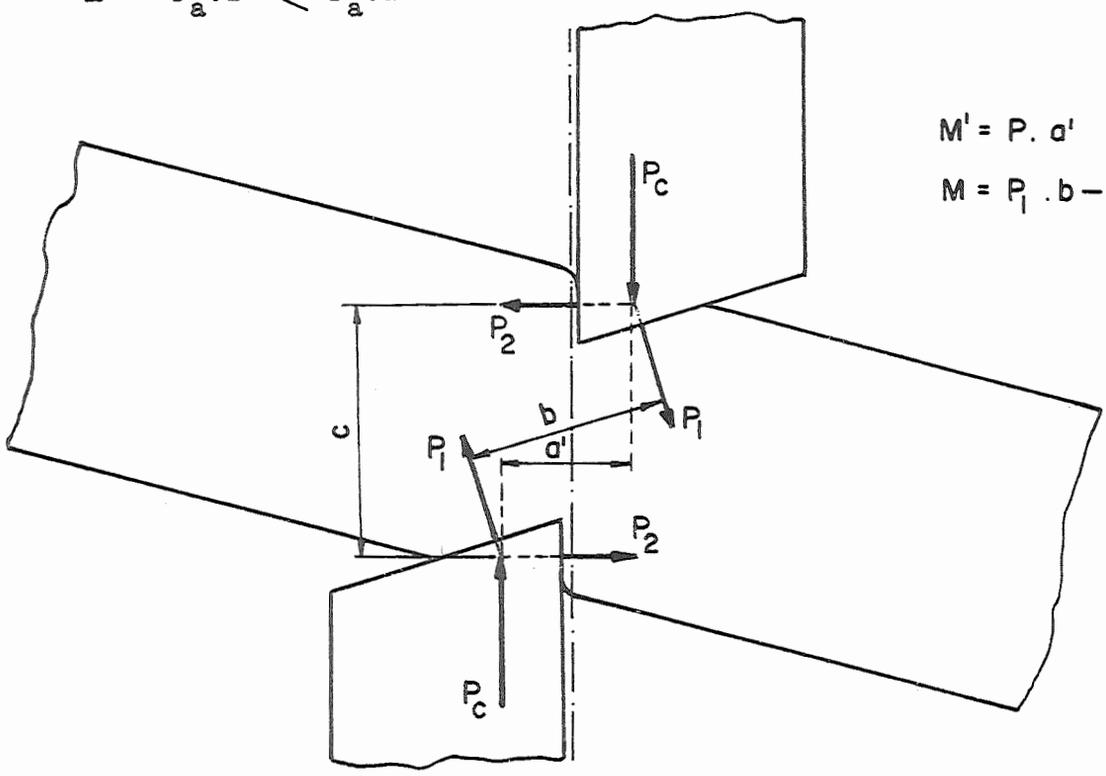


Fig. 1.11 - Corte em chapas através de facas trapezoidais. Decomposição da fôrça P_c.

Com o emprêgo do prensa chapa e de facas de secção trapezoidal, o ângulo θ fica reduzido para 2 a 7° e $P_n = 0{,}04$ a $0{,}12\ P_c$.

1.3 - Facas inclinadas

O corte através de facas inclinadas é utilizado em materiais de espessura pequena em relação a largura. Devido a inclinação das facas (figura 1.12), tem-se a cada instante sòmente uma parcela da área total a ser cortada, resultando uma fôrça de corte P_c bem menor que no caso de facas paralelas. Esta parcela da área total de corte é representada pelo triângulo MNR.

Tomando-se neste triângulo uma superfície elementar de largura d_x, a uma distância $\underline{x}$ de MN, tem-se segundo a equação 1.9:

$$dP = k_c \cdot h \cdot dx \qquad (1.17)$$

A profundidade relativa de corte ε para êsse elemento de corte, à uma distância $\underline{x}$ de MN, é

$$\varepsilon = \frac{2z}{h} = \frac{x \cdot tg\,\lambda}{h} \qquad (1.18)$$

Como se viu anteriormente, a pressão específica de corte k_c varia com ξ, isto é, $k_c = f(\xi)$. Sendo h e λ constantes tem-se $k_c = f'(x)$. Isto nos permite construir um diagrama de k_c em função de x. Prefere-se construir a curva $q_x = k_c.h$ em função de x, conforme mostra a figura 1.12.

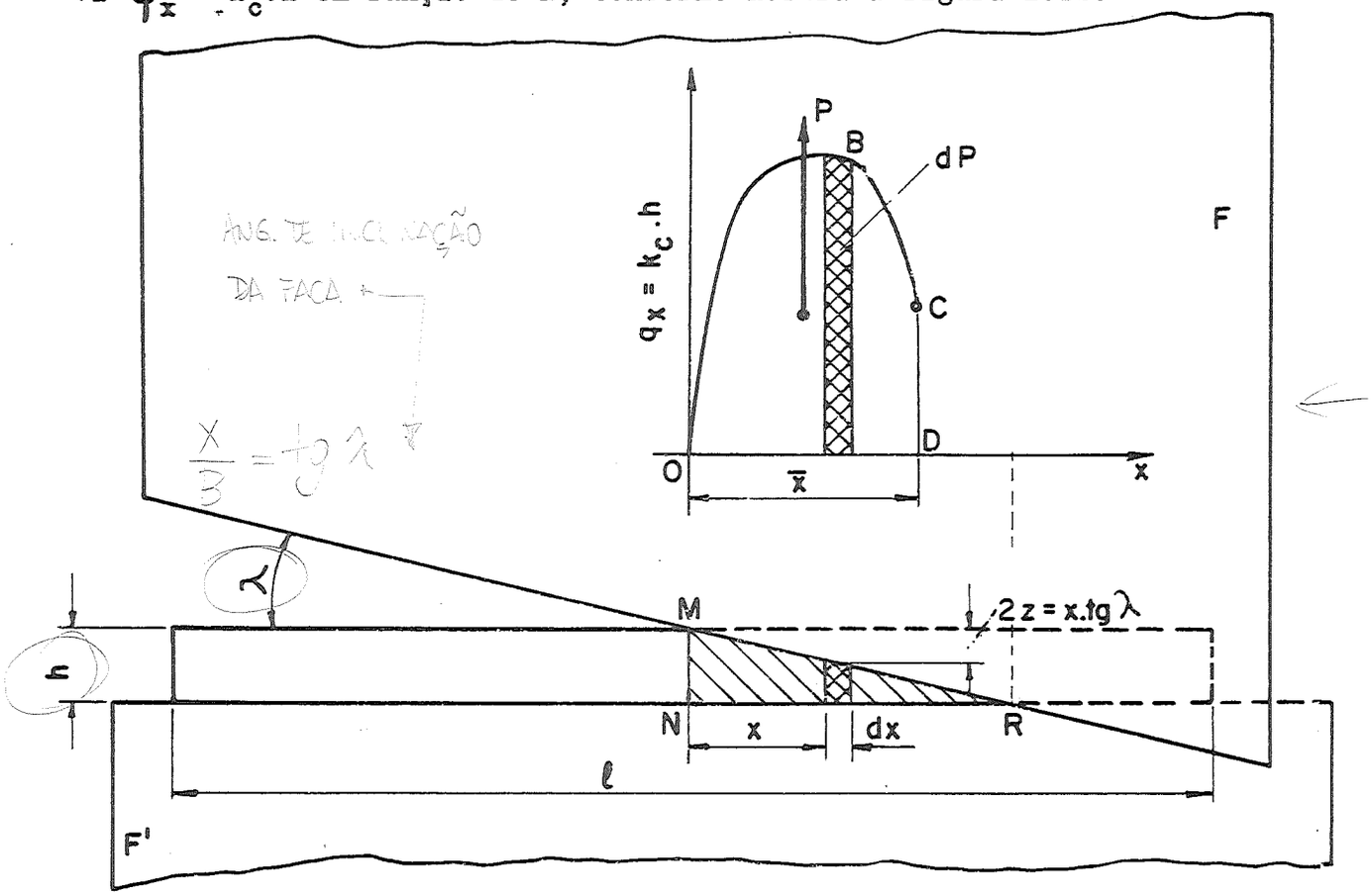


Fig. 1.12 - Corte em chapas através de facas inclinadas.

q_x representa assim a fôrça de corte P_c por unidade de comprimento da faca. Tem-se anàlogamente a equação (1.17)

$$dP = q_x.dx. \tag{1.19}$$

O valor da fôrça P necessário ao corte do triângulo MNR é

$$P_c = \int_0^{\bar{x}} k_c.h.dx = \int_0^{\bar{x}} q_x.dx. \tag{1.20}$$

P_c é dado portanto pela área limitada pela curva OBCD da figura 1.12. A distância x define o ponto C de destacamento da chapa

$$\bar{x} = \frac{\xi_c.h}{tg\,\lambda}. \tag{1.21}$$

Diferenciando-se a igualdade 1.18 tem-se

$$dx = \frac{h}{tg\,\lambda}\, d\varepsilon .$$

Logo

$$P_c = \int_0^{\varepsilon_c} k_c . h . \frac{h}{tg\,\lambda}\, d\varepsilon$$

ou

$$P_c = \frac{h^2}{tg\,\lambda} \int_0^{\varepsilon_c} k_c . d\varepsilon = \frac{h^2 . \rho}{tg\,\lambda} \quad (kg^*) \qquad (1.22)$$

Logo a fôrça de corte para o caso de facas inclinadas é proporcional ao trabalho específico de corte ρ, o qual por sua vez não depende sòmente de σ e sim do trabalho de deformação do material. Quanto maior ε_c, tanto maior a fôrça de corte.

O trabalho de corte da chapa pode ser calculado através da figura 1.13.

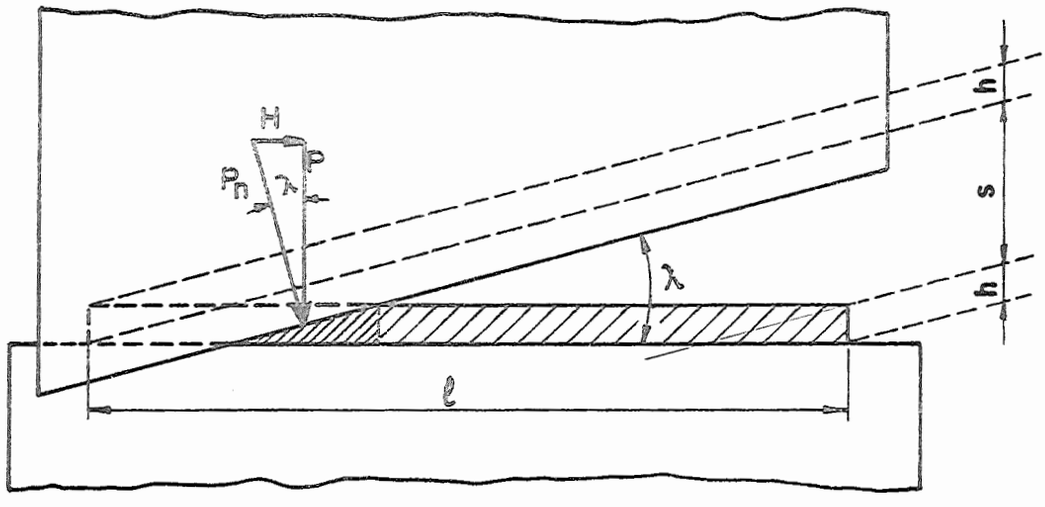


Fig. 1.13 - Determinação do trabalho de corte para o caso de facas inclinadas.

$$T = P_c . s + 2\,\frac{P_c . h}{2}$$

$$T = P_c (s + h) = P_c . \ell . tg\,\lambda \quad \text{ou}$$

$$T = \ell . h^2 . \rho \quad (kg^* . mm) \qquad (1.23)$$

Comparando-se esta fórmula com a 1.15, ve-se que teòricamente o trabalho de

corte independe do ângulo de inclinação λ. Esta condição é válida desde que admitamos o mesmo valor da pressão específica de corte, tanto para facas paralelas como inclinadas. A figura 1.14 apresenta uma comparação da variação da fôrça de corte P_c para ambos os casos.

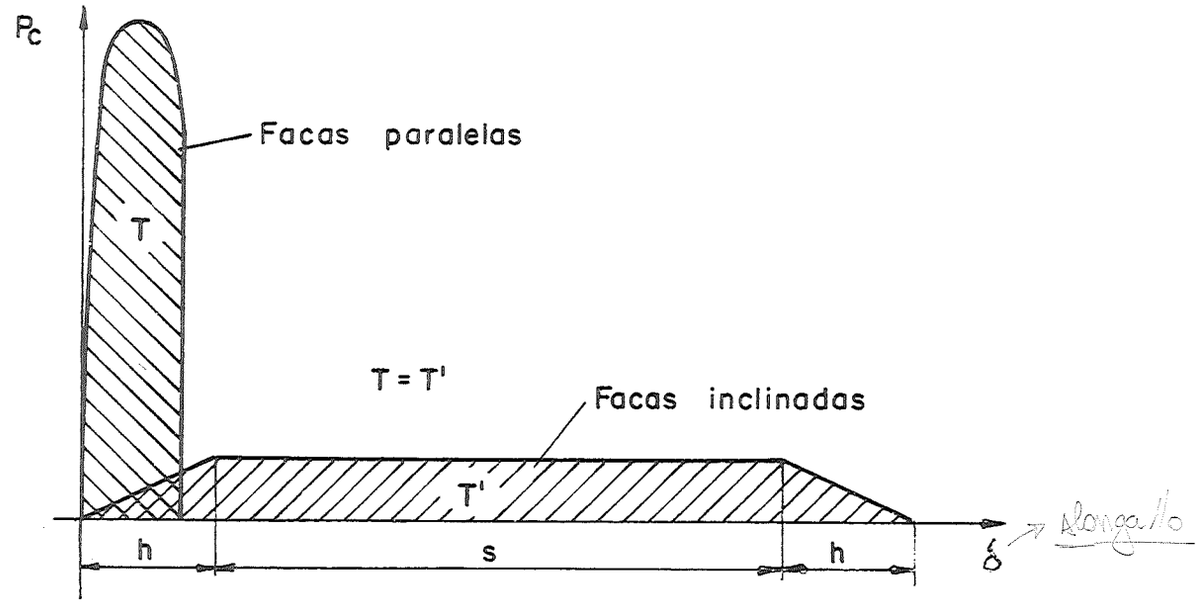


Fig. 1.14 - Comparação do diagrama da fôrça de corte em função do curso para facas paralelas e inclinadas.

O ângulo de inclinação λ da faca não pode ser grande devido o flexionamento da chapa (figura 1.15).

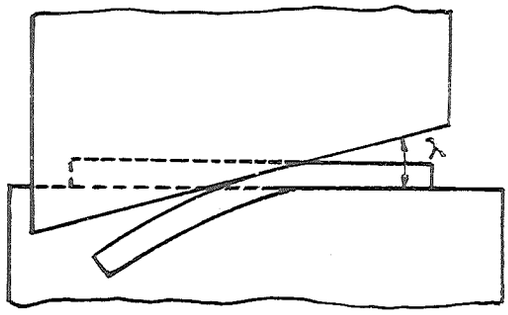


Fig. 1.15

Além disso, um valor alto de λ pode ocasionar o escorregamento da chapa nas facas, quando não houver prensa-chapa. De acôrdo com a figura 1.13, deve-se ter sempre a condição:

$$H < \mu \cdot P_c \quad \therefore$$

coefic. de atrito chapa-faca

$$tg\,\lambda = \frac{H}{P_c} < \mu \qquad (1.23)$$

onde μ é o coeficiente de atrito da chapa com a faca. Em geral tem-se os seguintes valores para λ:

$\lambda = 5$ a 10° para $h > 10mm$

$\lambda = 1{,}5$ a 4° para $h < 10mm$

Do mesmo modo que no caso do corte de chapas através de facas paralelas, para se diminuir o ângulo θ de giração da chapa, utilizam-se facas de secção trapezoidal, com β = 80 a 85°. O ângulo β não pode ser pequeno, devido a flexão da chapa no plano horizontal (figura 1.16). A figura 1.17 apresenta os ângulos recomendados para o corte de chapas através de facas inclinadas.

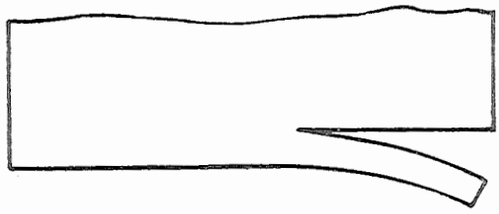


Fig. 1.16 - Flexão da chapa devido a um ângulo de cunha β da faca pequeno.

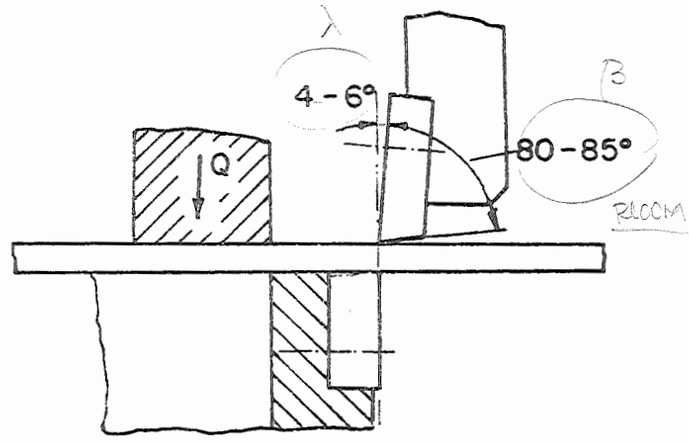


Fig. 1.17 - Valores recomendados dos ângulos das facas.

1.4 - Facas de inclinação variável

As facas articuláveis apresentam geralmente o ângulo de inclinação λ variável. Como foi visto anteriormente, quando λ é grande, a chapa tende a escorregar nas facas. Isto acontece principalmente no início do corte (figura 1.18)

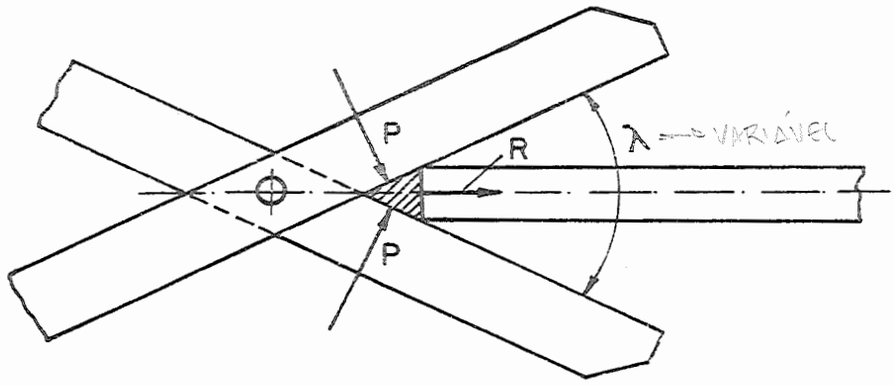


Fig. 1.18 - Corte com ângulo de inclinação variável.

Para diminuir a variação do ângulo λ (principalmente no início do corte) utilizam-se facas curvas. A figura 1.19 apresenta o esquema de uma tesoura manual empregada em pequenas oficinas de funilaria. Tem-se as relações

$$M = P_c \cdot x = F \cdot L$$

$$F = P_c \frac{x}{L} = \frac{h^2 \cdot \rho}{tg\,\lambda} \cdot \frac{x}{L} \qquad (kg^*) \qquad (1.24)$$

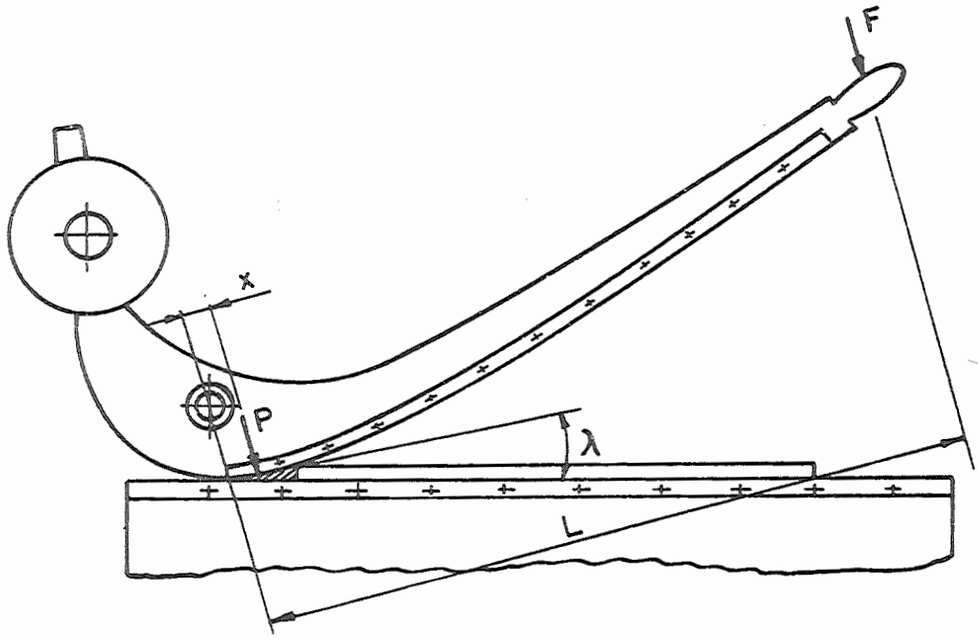


Fig. 1.19 - Tesoura manual de chapas

1.5 - Facas circulares

As facas circulares são utilizadas no corte de tiras de chapas, em operações de grande produção. A figura 1.20 apresenta o caso de duas facas circulares de mesmo diâmetro e eixos paralelos. Sejam MT e NT os arcos de contato das facas com a chapa, os quais podem ser admitidos como retos. Logo a secção de chapa a ser cortada num instante dado apresenta a forma triangular.

Anàlogamente ao estudo do corte através de facas inclinadas, tem-se para um elemento de largura dx, à uma distância x de MN:

$$dP = k_c \cdot h \cdot dx$$

A profundidade relativa de corte para um elemento vale

PROFUNDIDADE RELATIVA DE CORTE

$$\varepsilon = \frac{2z}{h} = \frac{2 \cdot x \cdot tg\,\lambda}{h}$$

Sendo λ e h constantes, a pressão específica k_c pode ser tomada como função do comprimento x.

Logo o produto $q_x = k_c \cdot h$ representa a fôrça de corte por unidade de comprimento em função de x. A área limitada pela curva OBCD representa a fôrça de corte

$$P_c = \int_0^{\bar{x}} q_x \cdot dx = \int_0^{\bar{x}} k_c \cdot h \cdot dx.$$

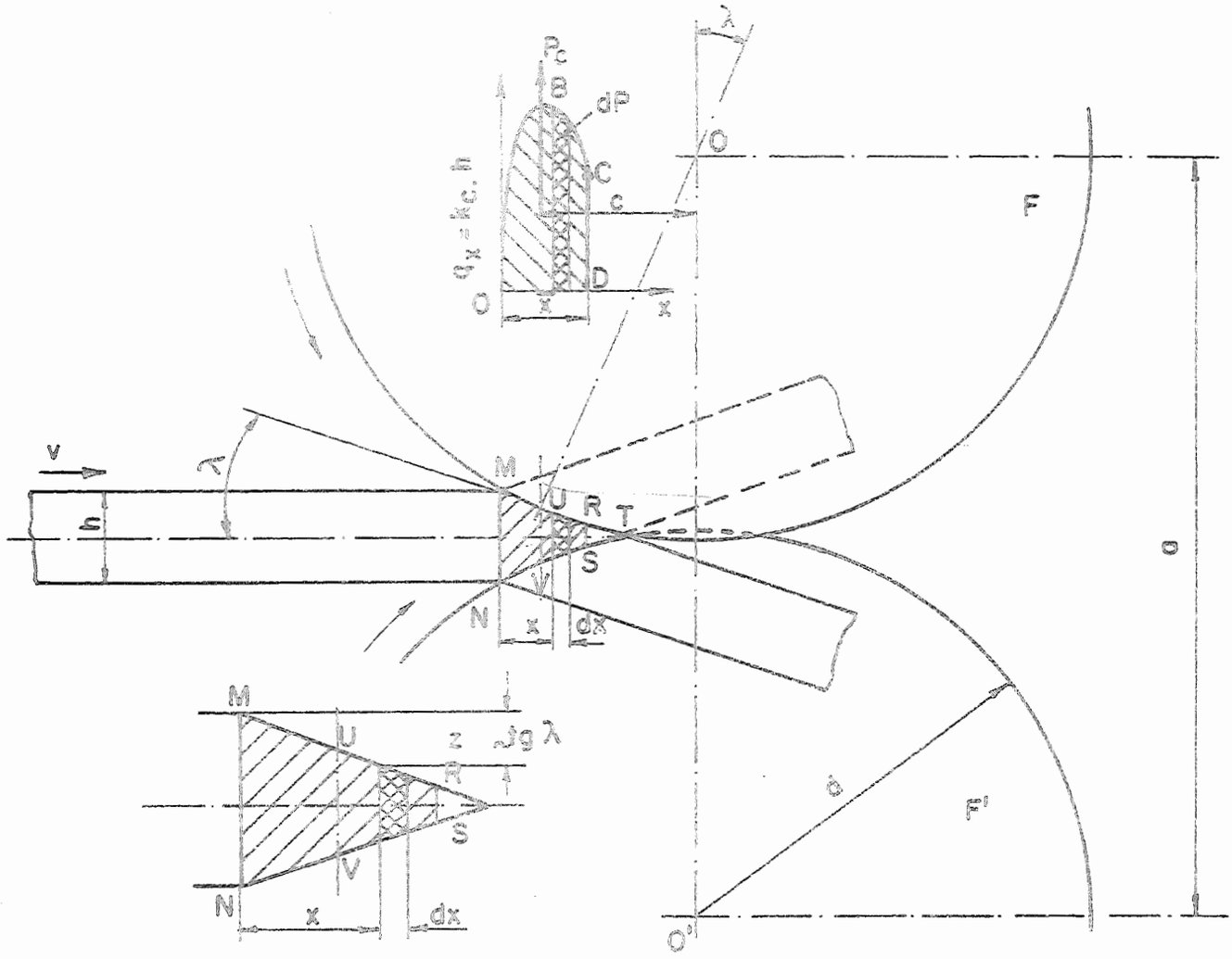


Fig. 1.20 - Corte em chapa através de facas circulares de eixos paralelos.

Mudando-se a variável x por ε tem-se

$$P_c = \int_0^{\varepsilon_c} k_c . h \frac{h}{2 tg \lambda} d\varepsilon$$

$$P_c = \frac{h^2}{2 . tg \lambda} \cdot \int_0^{\varepsilon_c} k_c . d\varepsilon \quad \therefore$$

$$\boxed{P_c = \frac{h^2 . f}{2 tg \lambda}} \qquad (1.25)$$

Esta fôrça está aplicada no ponto correspondente ao centro de gravidade da curva $\varphi_x = f(x)$. Para simplificar os cálculos, admite-se que a linha de

ação de P_c esteja à uma distância $\frac{x_c}{2}$ de MN; logo a linha de ação de P_c passa pelos pontos U e V, situados no meio das cordas MR e NS respectivamente. A distância da linha de ação de P_c aos eixos das facas será

$$c = \frac{d}{2} \operatorname{sen} \lambda . \qquad (1.26)$$

Logo o momento de torção de cada faca é

$$M = P_c . C = P_c \frac{d}{2} \operatorname{sen} \lambda \qquad (1.27)$$

O ângulo λ é definido pelas seguintes relações geométricas:

$$a = \overline{UV} + 2 \frac{d}{2} \cos \lambda$$

$$UV = h - z_c = h - \frac{\varepsilon_c . h}{2}$$

$$a = h(1 - \frac{\varepsilon_c}{2}) + 2 \frac{d}{2} \cos \lambda$$

$$\cos \lambda = \frac{a - h(1 - \frac{\varepsilon_c}{2})}{d} \qquad (1.28)$$

Admite-se que nos pontos U e V não há escorregamento entre as facas e a chapa. Logo a velocidade da chapa é (figura 1.21)

$$v = v_f . \cos \lambda \qquad (m/s) \qquad (1.29)$$

onde v_f é a velocidade circunferencial da faca.

A potência de corte será

$$N = \frac{2 . M . \omega}{75}$$

$$N = \frac{2 . M . 2 . v_f}{75 . d}$$

$$N = \frac{2 . P . d . v . \operatorname{sen} \lambda}{75 . 2 . d . \cos \lambda} = \frac{2 . P . v . \operatorname{tg} \lambda}{75}$$

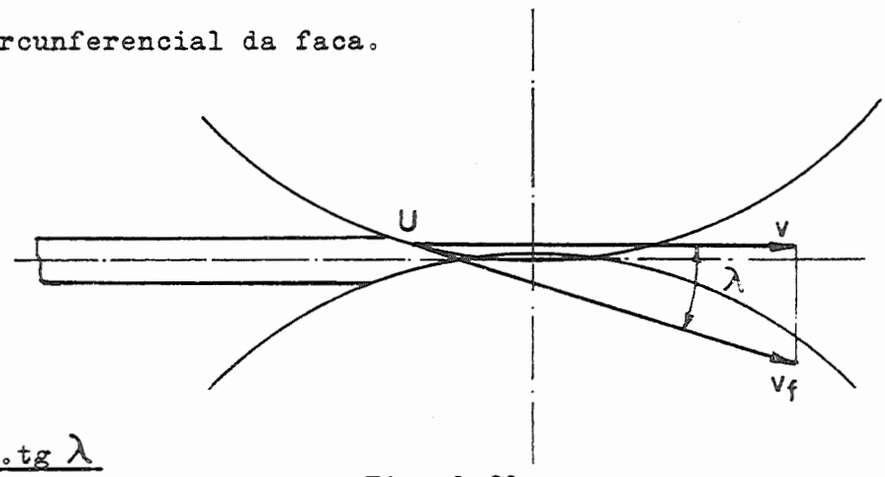


Fig. 1.21

POTÊNCIA DE CORTE

$$N = \frac{h^2 . v . \rho}{75}$$

(N em CV)
(h em mm)
(ρ em kg*.mm/mm^3)
(v em m/s)

(1.29

Em geral o ângulo λ é da ordem de 12 a 22°, o que corresponde à relação

$$d = 35 \text{ à } 70h$$

A espessura das facas é da ordem 0,06 à 0,1d e a penetração das facas varia de 1 à 5mm. A velocidade da chapa é dada pela tabela abaixo

Espessura da chapa h(mm)	Velocidade (m/s)
2 - 5	1,0 à 2,0
5 - 10	0,5 à 1,0
10 - 20	0,25 à 0,5

1.6 - Facas paralelas fixas em tambores rotativos

São empregadas no corte de placas de chapa fina, em operação de grande produção (exemplo: fabricação de chapas retangulares nas siderúrgicas).

O tambor porta-facas pode apresentar uma ou várias facas, dependendo da dimensão final da chapa cortada, do diâmetro do tambor e da relação entre a velocidade do tambor e da chapa. O comprimento da chapa cortada é

$$\ell = v.t \qquad (1.30)$$

onde v é a velocidade da chapa (m/s) e t é o tempo de corte dado por

$$t = \frac{\pi d}{v_f} \cdot \frac{1}{n_f} \qquad (1.31)$$

onde;

d = diâmetro do tambor, medido na ponta da faca (figura 1.22); em mm;

v_f = velocidade periférica da faca, em m/s;

n_f = número de facas aderidas ao tambor.

Substituindo-se (1.31) em (1.30) tem-se

$$\ell = \pi . d . \frac{v}{n_f . v_f} \quad \text{(mm)} \qquad (1.32)$$

Para que a chapa não se curve durante a operação, o produto $v_f.\cos\beta$ (projeção de v_f sôbre a direção de v) é um pouco maior de v. Nos cálculos aproximados toma-se $v = v_f.\cos\beta$.

De acôrdo com a figura 1.22 tem-se as relações

$$a = 2\frac{d}{2}\cos\beta + h$$

$$a = \frac{d}{2} + \frac{d}{2} - f$$

logo $\cos\beta = 1 - \frac{h + f}{d}$. (1.33)

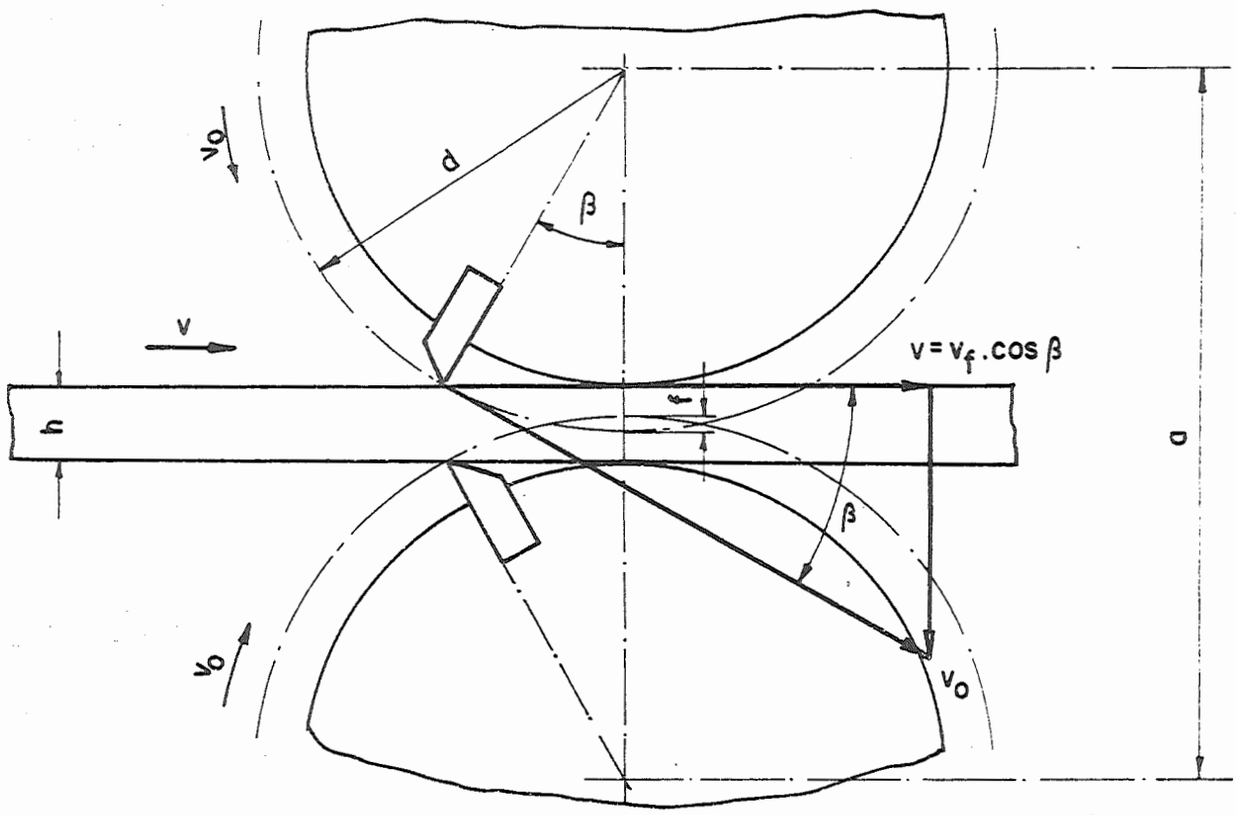


Fig. 1.22 - Corte em chapas através de facas aderidas em tambores.

Substituindo-se tem a relação aproximada

$$\ell = \frac{\pi}{n_f} (d - f - h) \qquad (1.34)$$

O momento de torção de cada tambor, durante o corte da chapa pode ser dada pela relação

$$M_t = F_t \cdot \frac{d}{2},$$ MOMENTO DE TORÇÃO DE CADA TAMBOR

onde F_t é a fôrça tangencial da faca, dada pela realção (figura 1.23):

$$F_t = P_c \cdot \operatorname{sen} \beta \ .$$ FORÇA TANG. DA FACA

A potência média de corte é

$$N = \frac{T \cdot n_c}{60.75} \cdot \frac{1}{1000} \quad (CV)$$

onde

T = trabalho de corte da chapa, em kg*mm
= $b.h^2 \cdot \rho$.

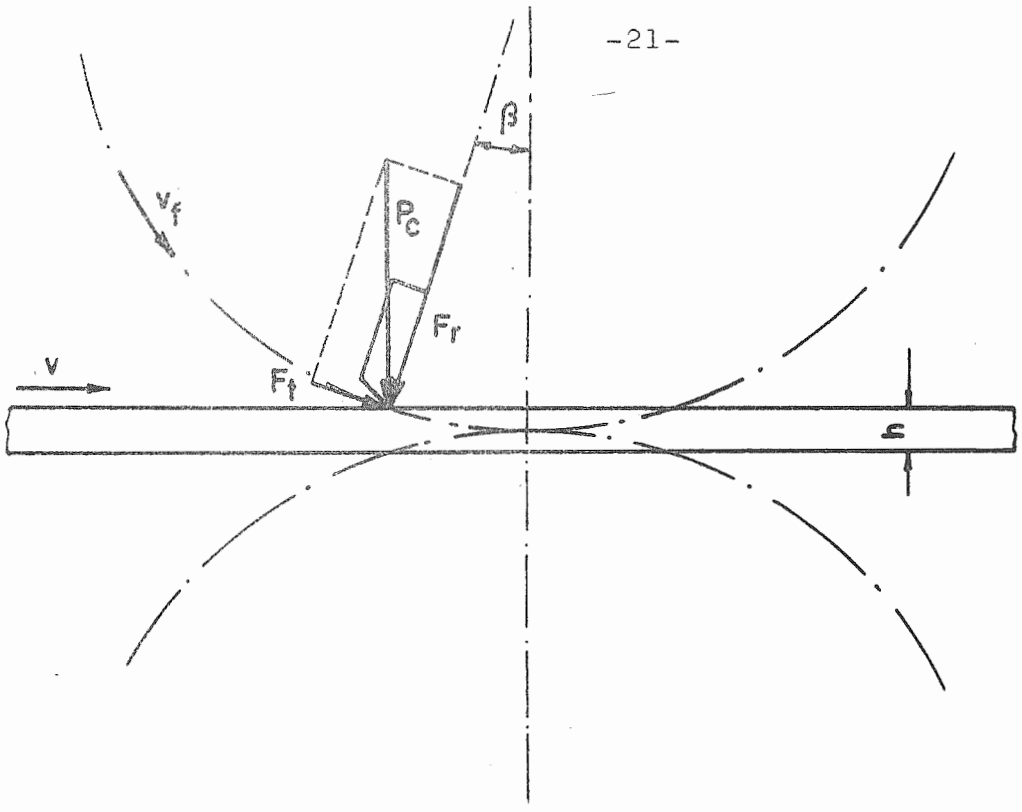


Fig. 1.23 - Decomposição da fôrça de corte P nas componentes F_t e F_r.

n_c = número de cortes por minuto

$= n_f . n$

n = rotação do tambor, em r.p.m.

Substituindo-se

$$N = \frac{b.h^2.\rho.n_f.n}{60.75.1000}$$

ou ainda

$$N = \frac{b.h^2.\rho.n_f.v_f}{.d.75} \quad . \quad (CV) \qquad (1.35)$$

b, h, d em mm

v_f em m/s

ρ em $kg^*.mm/mm^3$

EESC - USP
Biblioteca
CAMPUS DE S. CARLOS