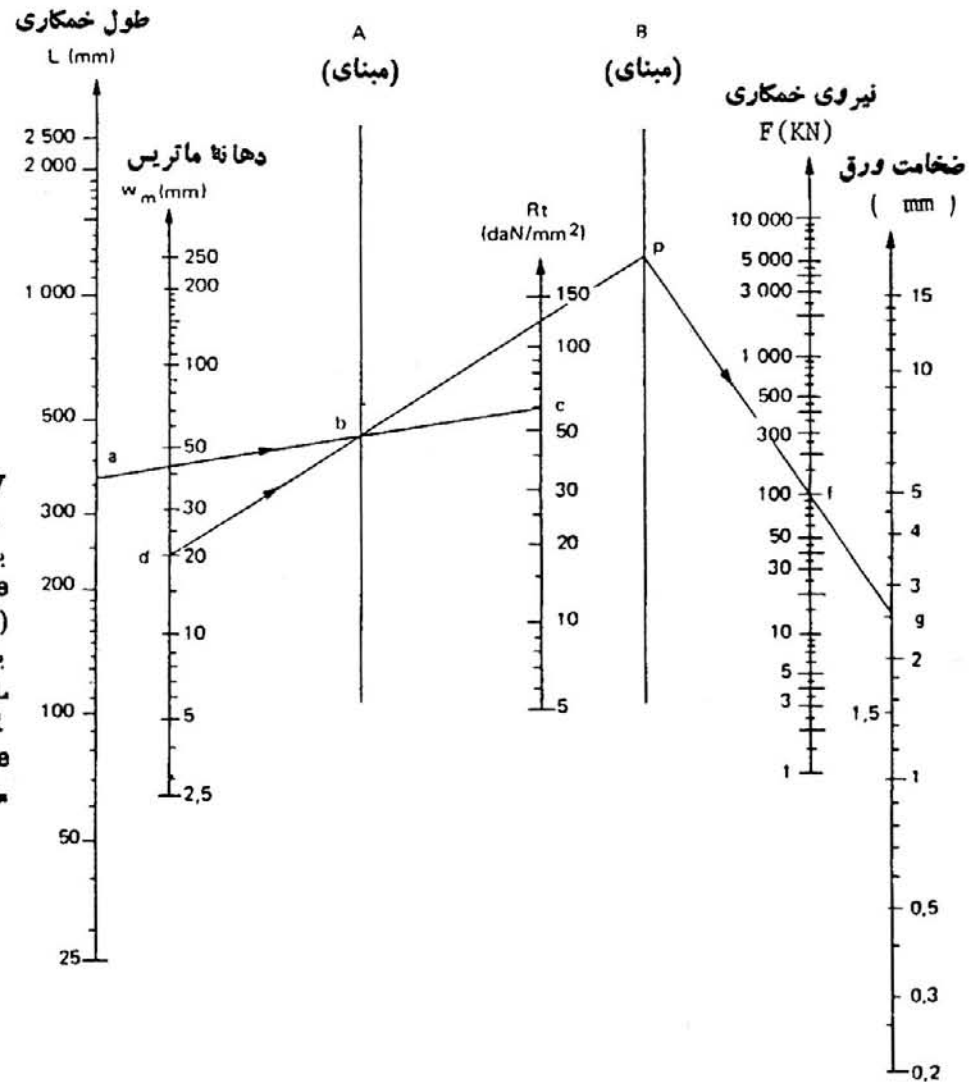
خمکاری V شکل

تعیین نیروی خمکاری

C5

$$F = \frac{VLR_t e^2}{W_m}$$

V: ضریب متغیر، معادل ۱/۲ برای دهانهٔ ماتریس برابر ۱۶e و ۱/۳۳ برای ماتریسهای با دهانه‌ای مساوی ۸e.
(این دیاگرام بر مبنای V=۱/۳۳ به‌وجود آمده است)
L: طول خم شده
R: تنش کششی
e: ضخامت فلز
W_m: عرض دهانهٔ ماتریس



مثال نمونه:

داده‌ها: $L=۳۶۰mm, R_t=۶۰\frac{daN}{mm^2}, W_m=۲۰mm, e=۲,۵mm$

نتایج:

الف) نقطهٔ a (L=۳۶۰mm) را به c ($R_t=۶۰$) وصل کرده و نقطهٔ b روی خط «A» به‌دست می‌آید.

ب) نقطهٔ d ($W_m=۲۰$)را به «b» متصل نموده و امتداد داده تا نقطهٔ p روی خط مبنای(B) به‌دست‌آید.

ج) p را به g(e=۲/۵mm) وصل کرده تا خط F را در نقطه f=۱۰۰ قطع کند، بدین ترتیب نیروی خمکاری که معادل F=۱۰۰kN است به دست می‌آید.

خمکاری U شکل (ناودانی)

اشکال توصیه شده برای لبهٔ ماتریس

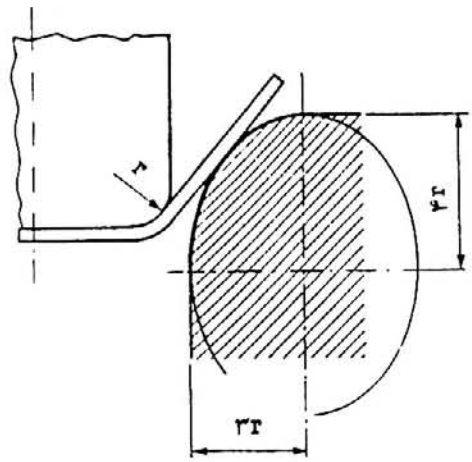
II

D1

الف) خمکاری روی ماتریس با لبه‌ای به‌شکل منحنی بیضوی

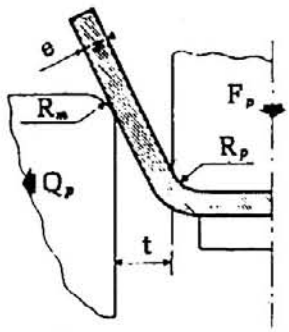
این فرم ممان خمشی ثابتی درجریان عمل به‌دست‌می‌دهد

ب) خمکاری روی ماتریس باشعاع حمله: شعاع ماتریس مورد استفاده برای به‌حداقل رساندن نیروها می‌باشد



J = ۱۰%
R_p = ۲mm

ضخامت ورق e(mm)		۰,۵		۱		۱,۵		۲		۲,۵		۳	
شعاع ماتریس R_m(mm)		۱.۵	۲,۵	۳	۵	۴,۵	۷,۵	۶	۱۰	۷,۵	۱۲,۵	۹	۱۵
نیروی عمودی بر هر میلیمتر طول خم شده $\frac{F_p}{L}$(به daN/mm)	فولاد نرم	۵	۵	۱۰	۹	۱۵	۱۳	۲۲	۱۸	۲۸	۲۳	۳۵	۲۸
	فولاد ضدزنگ استنیتی	۳	۳	۱۱	۷	۱۹	۱۶	۲۷	۲۳	۴۲	۳۴	۵۵	۴۴
	فولاد ضدزنگ فریتی	۵	۴	۱۲	۱۰	۲۱	۱۶	۳۰	۲۳	۴۱	۳۰	۴۹	۳۷
نیروی جانبی بر هر میلیمتر طول خم شده $\frac{Q_p}{L}$(به daN/mm)	فولاد نرم	۴	۴	۹	۹	۱۴	۱۴	۲۰	۲۰	۲۶	۲۶	۳۱	۳۱
	فولاد ضدزنگ استنیتی	۴	۴	۱۲	۱۱	۲۱	۲۰	۲۸	۲۸	۴۴	۳۸	۵۵	۵۲
	فولاد ضدزنگ فریتی	۶	۵	۱۴	۱۳	۲۴	۲۱	۳۳	۳۰	۴۴	۳۸	۵۵	۴۷



مثال نمونه:

داده‌ها: فولاد نرم XES، e = ۲mm

شعاع ماتریس R_m = ۶mm

طول جسم خم شده L = ۲۰۰mm

نتایج:

نیروی عمودی: $\frac{F_p}{L}$ = ۲۲daN/mm

F_p(کلی) = ۲۲ × ۲۰۰ = ۴۴۰۰daN ≃ ۴,۴ تن

نیروی جانبی: $\frac{Q_p}{L}$ = ۲۰daN/mm

Q_p(بر هر طرف) = ۲۰ × ۲۰۰ = ۴۰۰۰daN ≃ ۴ تن

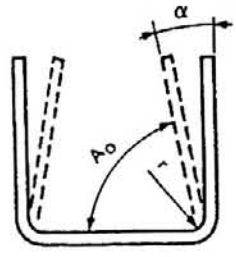
خمکاری U شکل

تصحیح برگشت به علت فنریت

II

D2(1)

$$A_0 = A - \alpha$$
$$A_0 = A \times K$$



فلز خم شده	ضریب K									
	r/e=۱	r/e=۱,۲	r/e=۱,۶	r/e=۱,۸	r/e=۲	r/e=۲,۵	r/e=۳	r/e=۴	r/e=۸	r/e=۱۰
آلومینیم	۰,۹۴	۰,۹۴	۰,۹۴	۰,۹۳	۰,۹۳	۰,۹۳	۰,۹۲	۰,۹۱	۰,۸۶	۰,۸۱
فولاد نیمه سخت	۰,۹۲	۰,۹۲	۰,۹۱	۰,۹۰	۰,۸۹	۰,۸۸	۰,۸۷	۰,۸۵	۰,۷۹	۰,۷۵
فولاد ضدزنگ‌سخت	۰,۹۰	۰,۸۸	۰,۸۷	۰,۸۷	۰,۸۶	۰,۸۶	۰,۸۵	۰,۸۴	۰,۷۵	۰,۷۲

مثال نمونه:

داده‌ها:

فولاد نیمه سخت، $e = ۰,۶mm$، $r = ۰,۸mm$، زاویهٔ خمکاری $A = ۹۰^\circ$

نتایج:

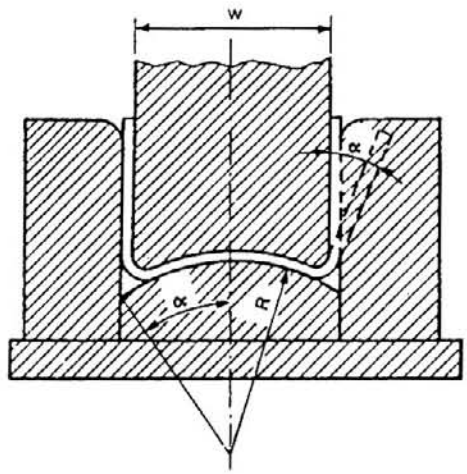
$$\frac{r}{e} = \frac{۰,۸}{۰,۶} = ۱,۳ \Rightarrow K = ۰,۹۲ \Rightarrow A_0 = ۹۰ \times ۰,۹۲ = ۸۲,۸^\circ$$

$$\Rightarrow \quad \alpha = ۹۰^\circ - ۸۲,۱^\circ = ۷,۲^\circ$$

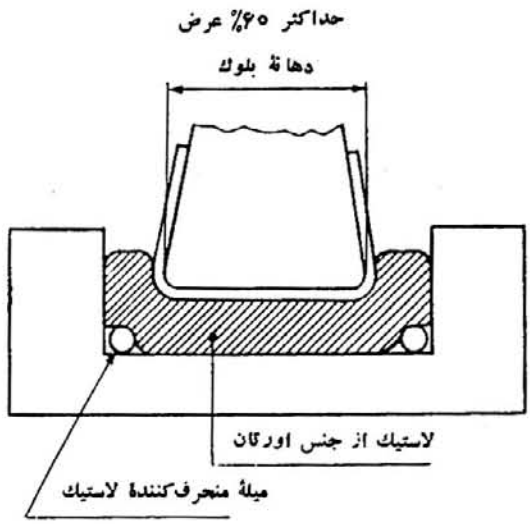
خمکاری U شکل

تصحیح برگشت به علت فنریت

$$R=\frac{w}{2\sin\alpha}$$



صافکاری کف جسم به‌هنگام
عملیات بعدی انجام می‌پذیرد



خمکاری U شکل

اندازه‌های توصیه شدهٔ دیواره‌های استحکامی

II

D3

a) دیوارهٔ تخت

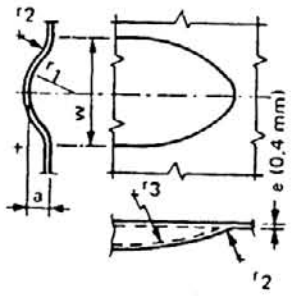
اندازه‌ها (mm)	فولاد نرم، آلومینیم، منیزیم											کبنان								
a	۱.۲۷	۲.۵۴	۳.۸۰	۵.۰۸	۶.۳۵	۷.۶۳	۸.۸۹	۱۰.۱۶	۱۵.۲۴	۲۰.۳۲	۲۵.۴۰	۳۰.۴۸	۹.۶۵(۴)	۹.۶۵	۱۲.۷(۴)	۱۲.۷	۱۷.۸	۲۲.۴(۴)	۲۳.۴	۲۸.۴(۴)	۲۸.۴
w	۶.۳۵	۱۲.۷	۱۹.۰۵	۲۵.۴	۳۱.۷۵	۳۸.۱۰	۴۴.۴۵	۵۰.۸۰	۷۶.۲۰	۱۰۲	۱۲۷	۱۵۲	۳۳.۸	۴۸.۳	۴۴.۴	۶۳.۵	۸۹	۷۸	۱۱۲	۹۹	۱۳۳
r_1	۲.۷۸	۵.۵۶	۸.۳۳	۱۱.۱۱	۱۳.۸۹	۱۶.۶۷	۱۹.۴۵	۲۲.۲۲	۳۳.۳۴	۴۴.۴۵	۵۵.۶	۶۶.۷	۱۱.۷	۲۳.۹	۱۸.۳	۳۹.۶	۵۹	۳۷	۷۶	۵۱	۹۷
r_2	۱.۷۸	۳.۵۶	۵.۳۳	۷.۱۱	۸.۹۰	۱۰.۶۷	۱۲.۴۵	۱۴.۲۲	۲۱.۳۴	۲۸.۴۵	۳۵.۶	۴۲.۷	۶.۳۵	۶.۳۵	۶.۳۵	۶.۳۵	۶.۳۵	۶.۳۵	۶.۳۵	۶.۳۵	۶.۳۵
r_3	۱۲.۷	۲۵.۴	۳۸.۱	۵۰.۸	۶۳.۵	۷۶.۲	۸۸.۹	۱۰۲	۱۵۲	۲۰۳	۲۵۴	۳۰۵	۲۸.۵	۲۸.۵	۳۸.۱	۳۸.۱	۵۱	۶۴	۸۹	۷۶	۷۶
e_1(1)	۰.۳	۰.۶۳	۰.۸	۱	۱.۲۹	۱.۶۲	۱.۶۲	۱.۶۲	۱.۶۲	۱.۶۲	۱.۶۲	۱.۶۲	——	——	——	——	——	——	——	——	——
e_2(2)	۰.۸	۱	۱.۶۲	۱.۶۲	۱.۶۲	۱.۶۲	۱.۶۲	۱.۶۲	۱.۶۲	۱.۶۲	۱.۶۲	۱.۶۲									
L(۳)	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	۹۸	——	۶۳	——	——	۳۵	——	۳۲	——

(۱) e_1، ضخامت ماکزیمم برای شکل دادن روی بالشتک لاستیکی یا با پرس هیدرولیکی

(۲) e_2، ضخامت ماکزیمم برای شکل دادن روی پرس ضربه‌ای با سنبه وماتریس فولادی.

(۳) L ، فاصلهٔ ماکزیمم بین لبهٔ دیواره و لبهٔ ورق.

(۴) زمانی‌مورد استفاده قرارمی‌گیردکه فاصلهٔ لبهٔ دیواره با لبهٔ ورق از اندازهٔ تعیین شد L تجاوز نکند.

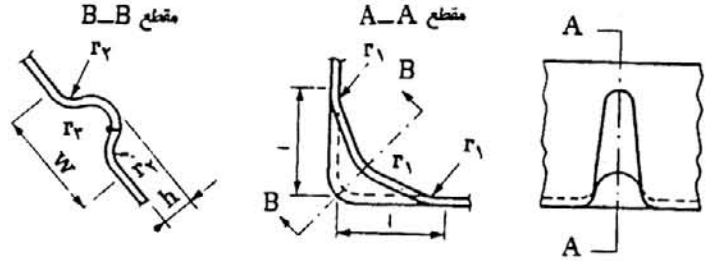


توضیحات:

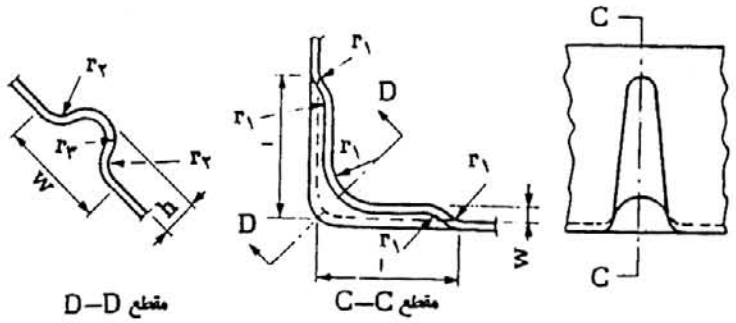
- بین دیواره‌های موازی، فاصلهٔ حداقل =۸a
- بین دیواره‌های عمودی، فاصلهٔ حداقل =۳a
- بین دیواره ولبه‌های (بالهای) خم شده،
  - ـ موازی ، فاصلهٔ حداقل =۵a
  - ـ عمودی ، فاصلهٔ حداقل =۲a

b) دیواره در زاویه

نوع ۱



نوع ۲



طول L	نوع	r_1 (mm)	r_2 (mm)	r_3 (mm)	w (mm)	فاصلهٔ بین دیواره‌ها (mm)
۱۲.۷	۱	۶.۳۵	۹.۱۳	۴.۸	۱۸.۳	۶۳.۵
۱۹	۱	۷.۹۴	۱۶.۳	۶.۸	۲۹.۴	۷۶.۲
۳۱.۷	۲	۸.۷۳	۲۲	۸.۳	۳۸.۱	۸۹

خمکاری U شکل

تعیین نیروهای عمودی به هنگام خمکاری U شکل ورقهای نازک

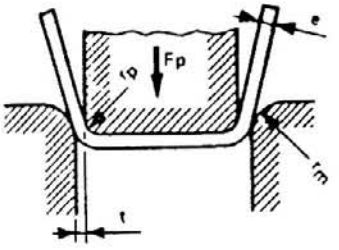
D4

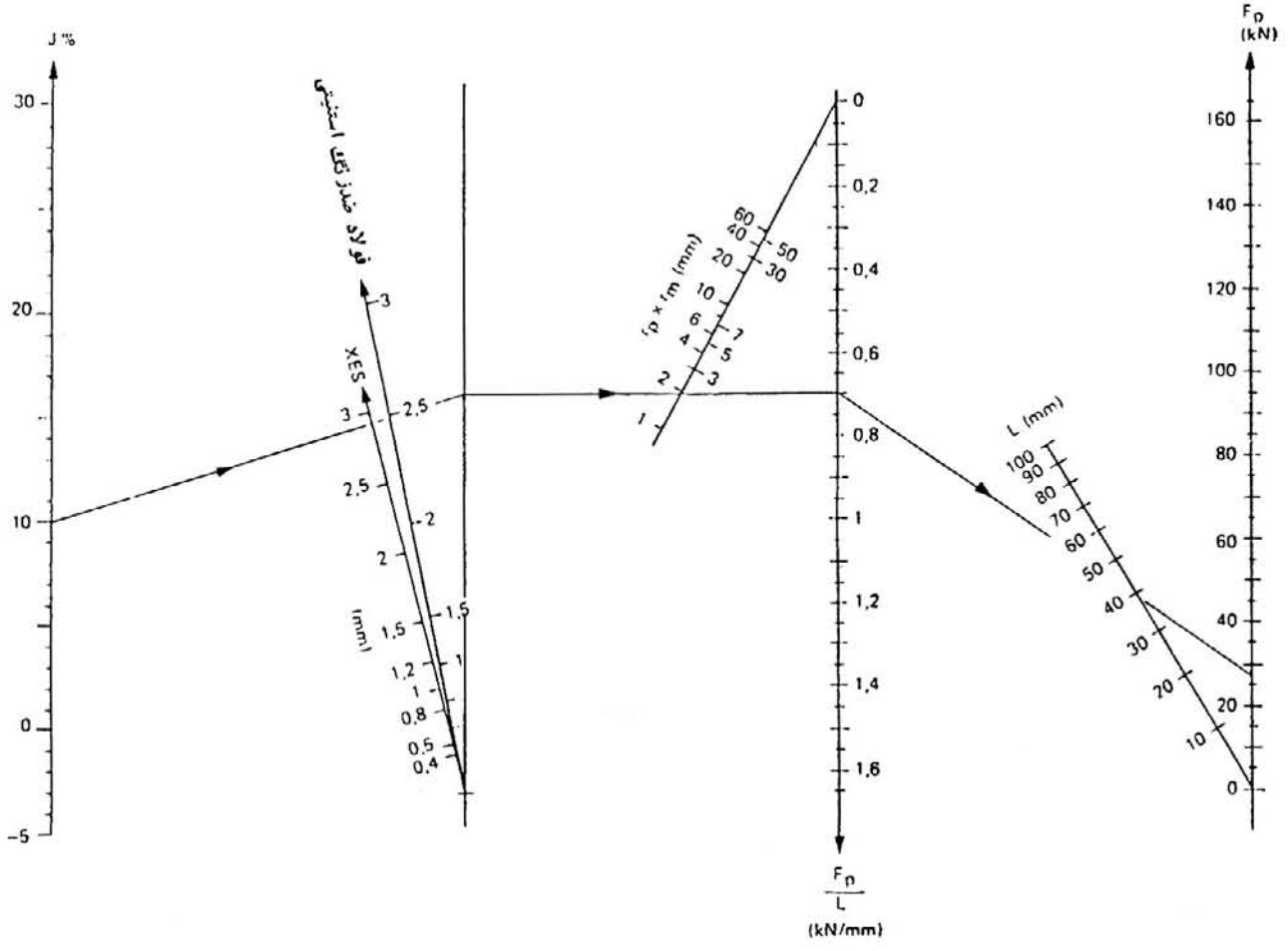
F_p = نیروی عمودی ماکزیمم (kN)

$J(\%) = \frac{t-e}{e} \times 100$

L = طول جسم خم شده (mm)

$\frac{F_p}{L}$ = نیروی عمودی بر هر میلیمتر طول





مثال نمونه:

داده‌ها:

$L = ۴۰mm، r_m = ۲mm، r_p = ۱mm، e = ۲/۵mm$، فولاد ضدزنگ استنیتی، $J = ۱۰\%$

نتیجه:

$\Rightarrow r_p \times r_m = ۲mm \times ۱mm؛ F_p/L = ۰,۷ kN/mm \Rightarrow$ $\boxed{F_p = ۲۸ \text{ kN}}$

خمکاری U شکل

تعیین نیروهای جانبی به هنگام خمکاری U شکل ورق زنگ

II

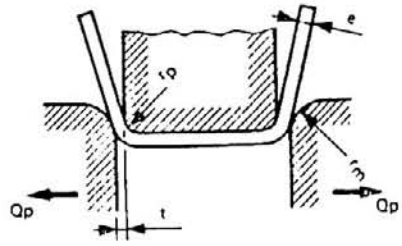
D5

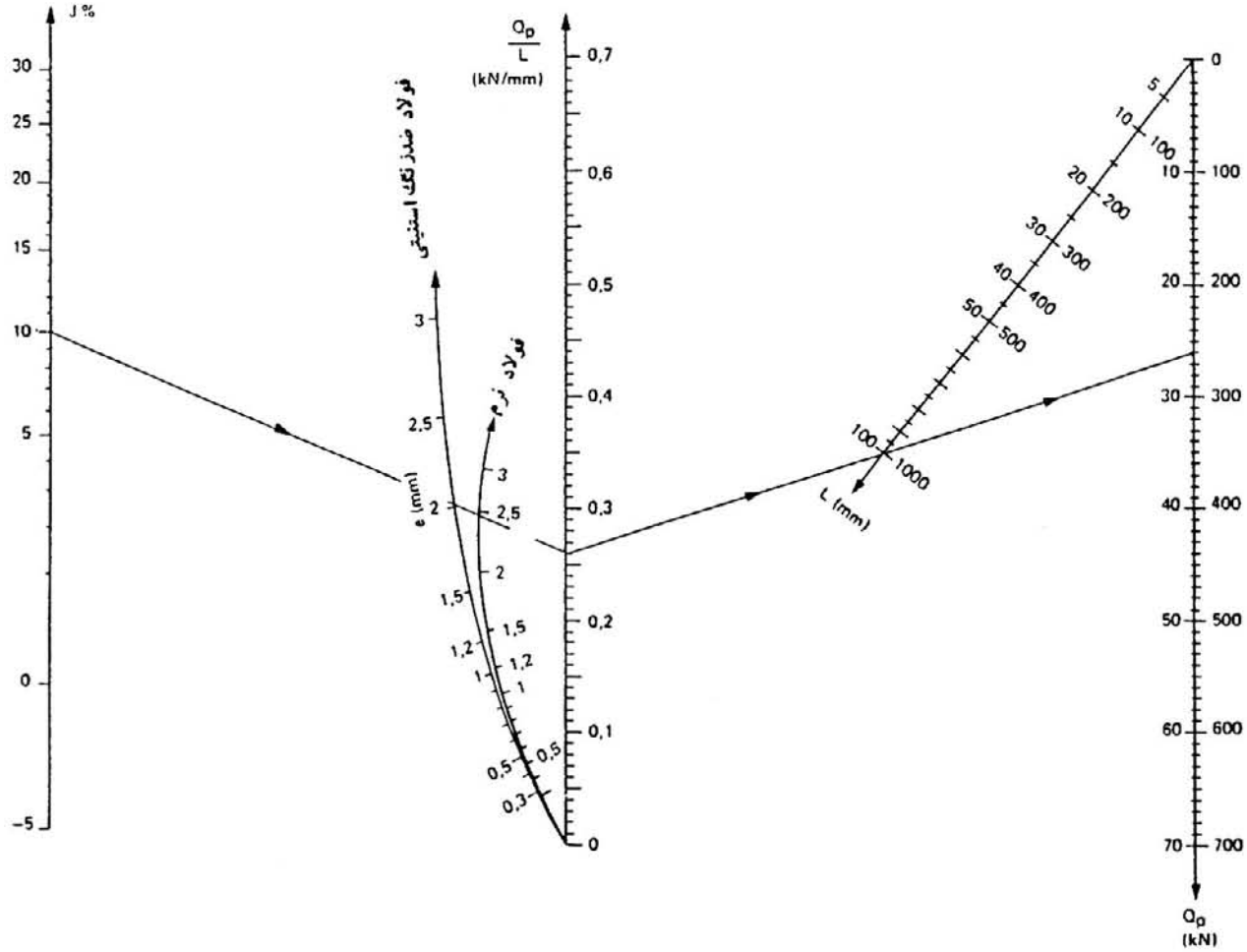
Q_p = نیروی جانبی ماکزیمم (kN)

$J(\%) = \frac{t-e}{e} \times 100$

L = طول جسم خم شده (mm)

$\frac{Q_p}{L}$ = نیروی جانبی بر هر میلیمتر طول





مثال نمونه:

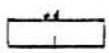
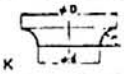
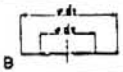
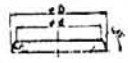
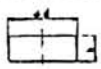
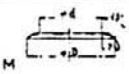
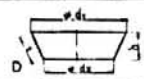
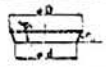
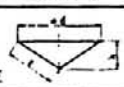
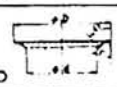
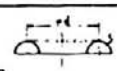
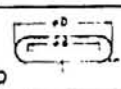
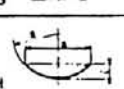
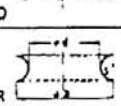
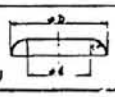
داده‌ها: فولاد ضدزنگ استنیتی , $J = 10\%$ و $e = 2mm$ و $L = 100mm$

نتیجه: $\Rightarrow Q_p/L = 0/26 kN/mm \Rightarrow$ Q_p (بر هر سطح) $= 26 kN$

کشش استوانه‌ای

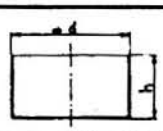
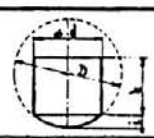
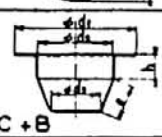
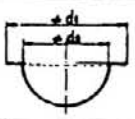
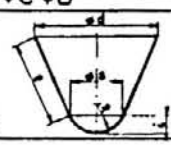
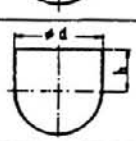
تعیین قطر گرده

E1(1)

مقطع جسم	$\frac{4}{\pi}S$	مقطع جسم	$\frac{4}{\pi}S$
A 	d^2	K 	$2\pi.r.(d+0,7r)$ $=2\pi.r.(D-1,3r)$
B 	$d_2^2-d_1^2$	L 	$\pi.r.(d+0,4r)$ $=\pi.r.(D-0,2r)$
C 	$4.d.h$	M 	$\pi.r.(d+0,8r)$ $=\pi.r.(D-0,68r)$
D 	$2s.(d_1+d_2)$ $=2(d_1+d_2).\sqrt{h^2+\frac{(d_1-d_2)^2}{4}}$	N 	$\pi.r.(d+0,2r)$ $=\pi.r.(D-0,4r)$
E 	$2.d.s=2d.\sqrt{\frac{d^2}{4}+h^2}$	O 	$\pi.r.(d+0,68r)$ $=\pi.r.(D-0,72r)$
F	$2.d^2$	P 	$4.\pi.r.d$
G	$4.d.h$	Q 	$4.\pi.r.(d+1,42r)$ $=4.\pi.r.(D-0,58r)$
H 	$4d.i+8.R.i=s^2+4i^2$	R 	$4.\pi.r.(d+0,58r)$ $=4.\pi.r.(D-1,42r)$
J 	$2\pi.r.(d+1,3r)$ $=2\pi.r.(D-0,7r)$		

$$D=\sqrt{\sum\frac{4}{\pi}S}$$

مثال نمونه:

مقطع جسم	D	مقطع جسم	D
A+C 	$\sqrt{d^2+4dh}$	H+C 	$\sqrt{4dh+4Di}$ ou $\sqrt{4dh+d^2+4i^2}$
A+J	$\sqrt{(d-2r)^2+2\pi r(d-0,7r)}$	A+D+C+B 	$\sqrt{d_2^2+2s(d_2+d_1)+4d_2h+d_1^2-d_2^2}$
F+B 	$\sqrt{d_1^2+d_2^2}$	H+D 	$\sqrt{8.R.i+2s(d+s)}$ ou $\sqrt{s^2+4i^2+2s(d+s)}$
F+C 	$\sqrt{2d^2+4dh}$		

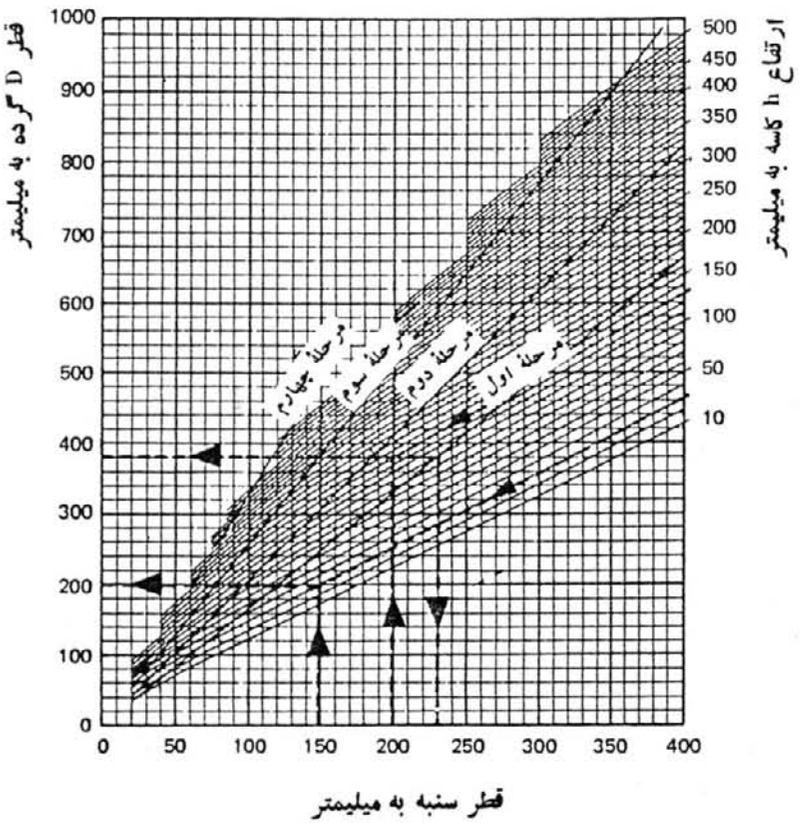
کشش استوانه‌ای

تعیین قطر D گرده

(در حالتی که شعاع کف کوچکتر از d ۲۰ باشد)

E1(2)

a) قطرهای بزرگ



مثال نمونه:

داده‌ها: $d = ۱۵۰mm$

$h = ۳۰mm$

$\Rightarrow$ $D = ۲۰۰mm$

در یك مرحله

داده‌ها: $d = ۲۰۰mm$

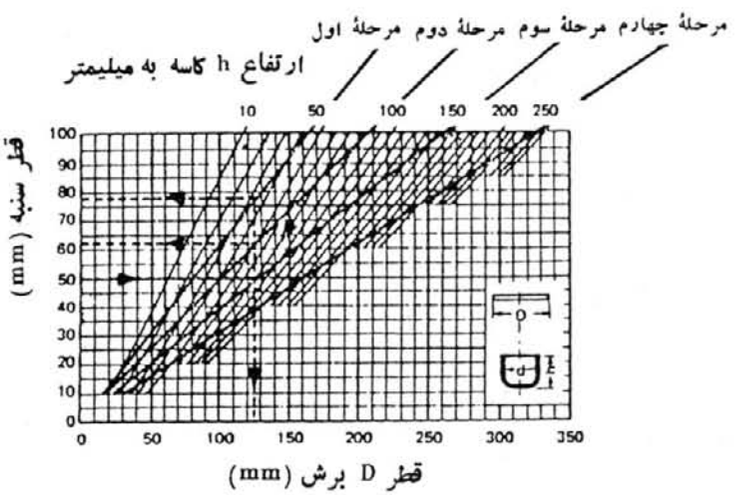
$h = ۱۳۰mm$

$\Rightarrow$ $D = ۳۸۰mm$

در دو مرحله.

در مرحلهٔ اول: $d = ۲۳۰mm$

b) قطرهای کوچك



مثال نمونه:

داده‌ها: $h = ۷۰mm$، $d = ۵۰mm$

$\Rightarrow$ $D = ۱۲۵mm$

در سه مرحله.

- مرحلهٔ اول: $d = ۷۸mm$
- مرحلهٔ دوم: $d = ۶۲mm$
- مرحلهٔ سوم: $d = ۵۰mm$

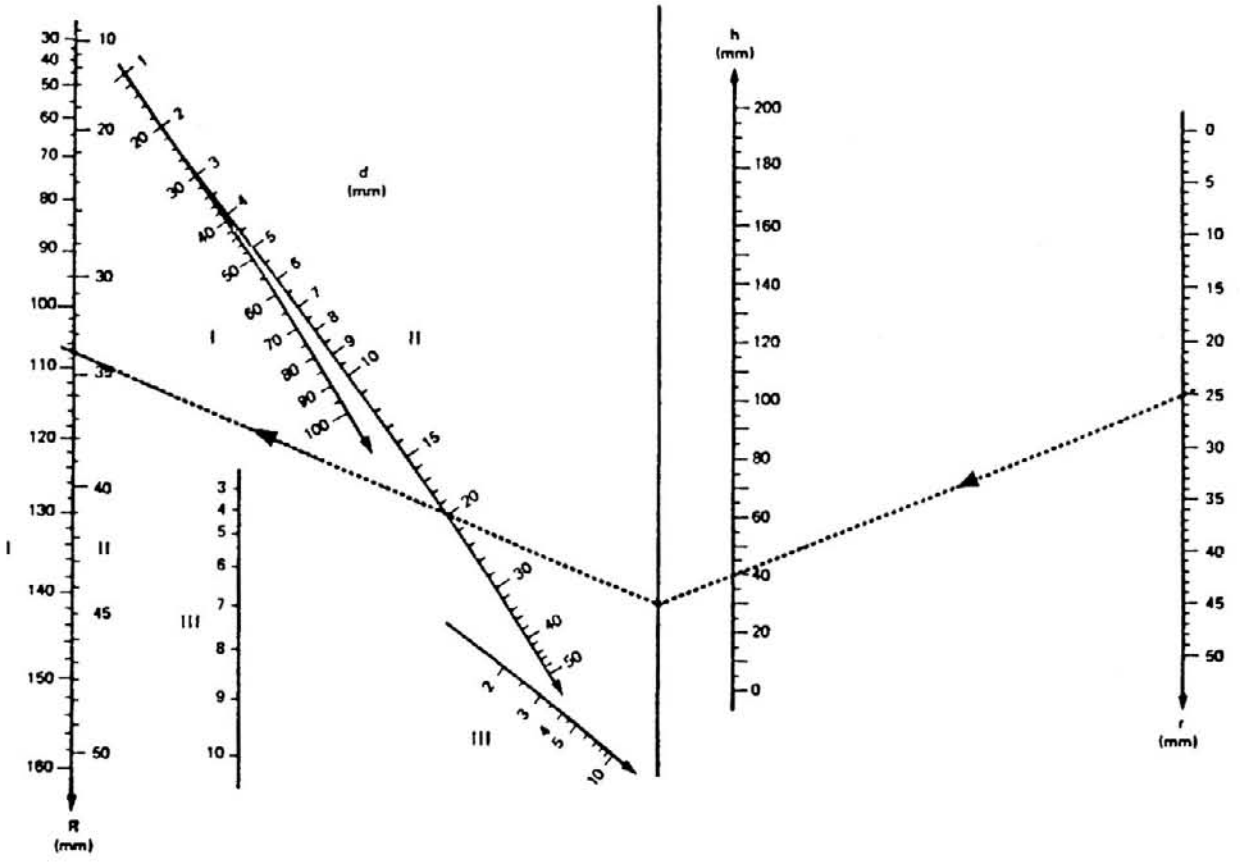
کشش استوانه‌ای
تعیین قطر D گرده
(اجسام بدون لبه)

III

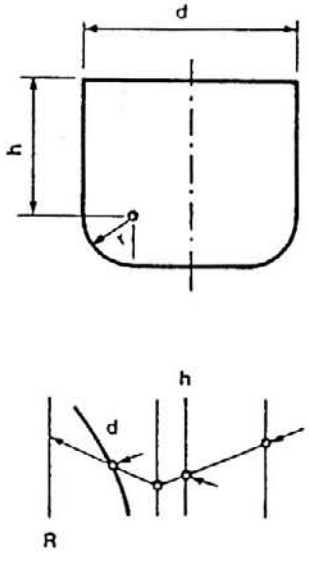
E1(3)

$$R = ۰,۲۵۳d^۲ + d(h + ۰,۵۰۶r)$$

$$D = ۲R$$



مثال نمونه:



داده‌ها:

$r = ۲۵mm ; h = ۴۰mm ; d = ۲۰mm$ (II اشل)

نتیجه:

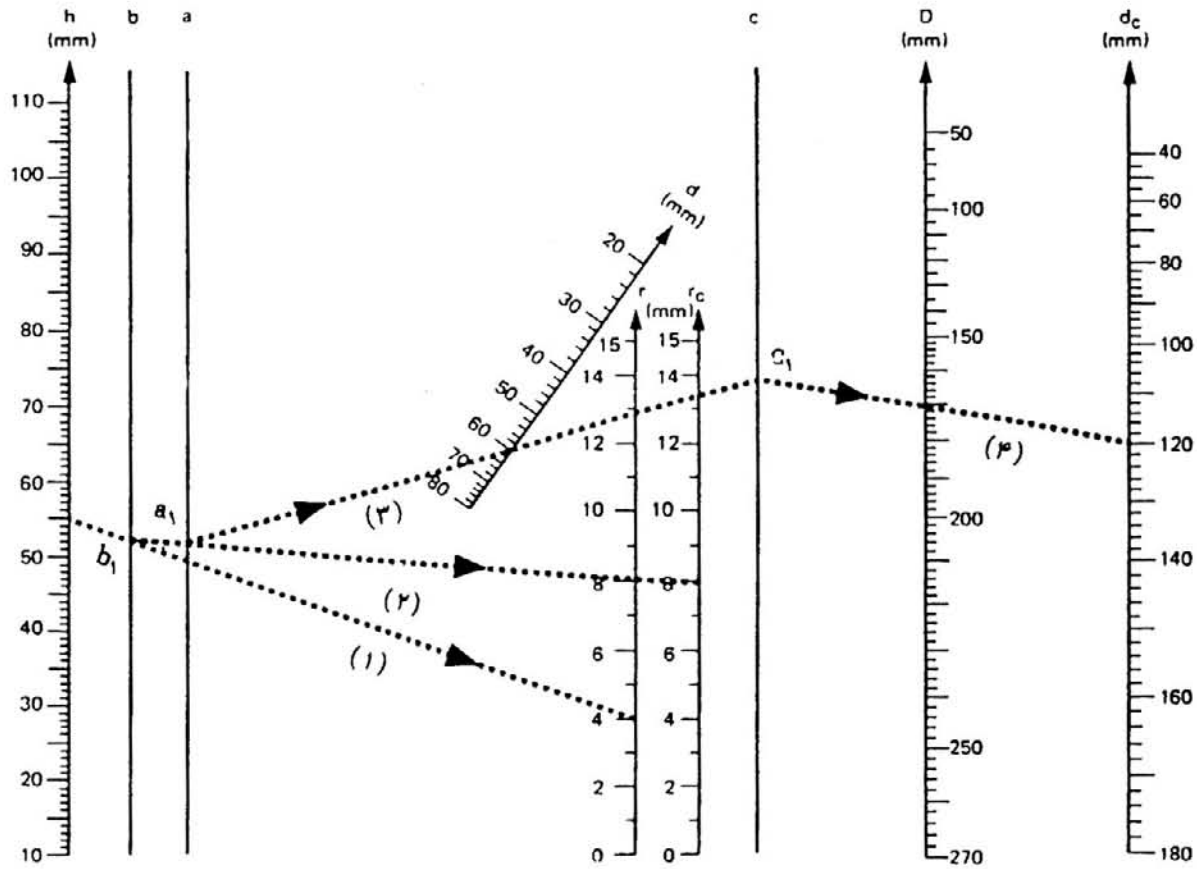
$\Rightarrow R = ۳۴mm$ (II اشل).

$\Rightarrow D = ۶۸mm$.

کشش استوانه‌ای
تعیین قطر D گرده
(اجسام لبه‌دار)

III

E1(4)

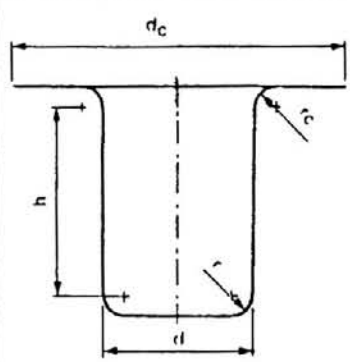


مثال نمونه:

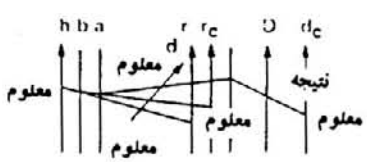
داده‌ها:

$h = ۵۵mm$; $r = ۴mm$; $r_c = ۸mm$.

$d = ۶۰mm$; $d_c = ۱۲۰mm$



روش استفاده



نتایج:

خط (۱) که b را در b_1 قطع می‌کند. $h = ۵۵mm,\ r = ۴mm \Rightarrow$

خط (۲) که a را در a_1 قطع می‌کند. $b_1, r_c = ۸mm \Rightarrow$

خط (۳) که c را در c_1 قطع می‌کند. $a_1, d = ۶۰mm \Rightarrow$

خط (۴) $c_1, d_c = ۱۲۰mm \Rightarrow$

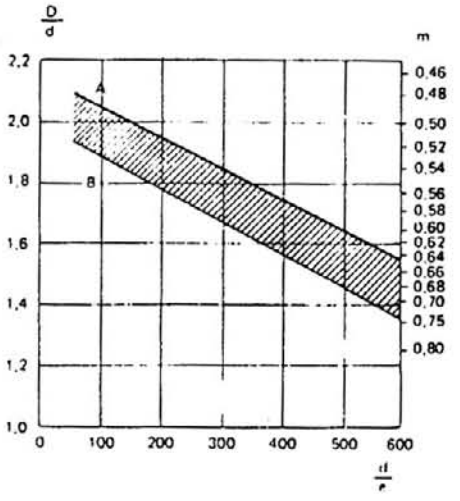
$\Rightarrow$ $\boxed{D = ۱۷۰mm}$

کشش استوانه‌ای

تعیین ضریب کاهش قطر عملی $m = \frac{d}{D}$

E2

a) نسبت به ضخامت فلز وقطر سنبه (برای یك مرحله)



e = ضخامت فلز

d = قطر سنبه

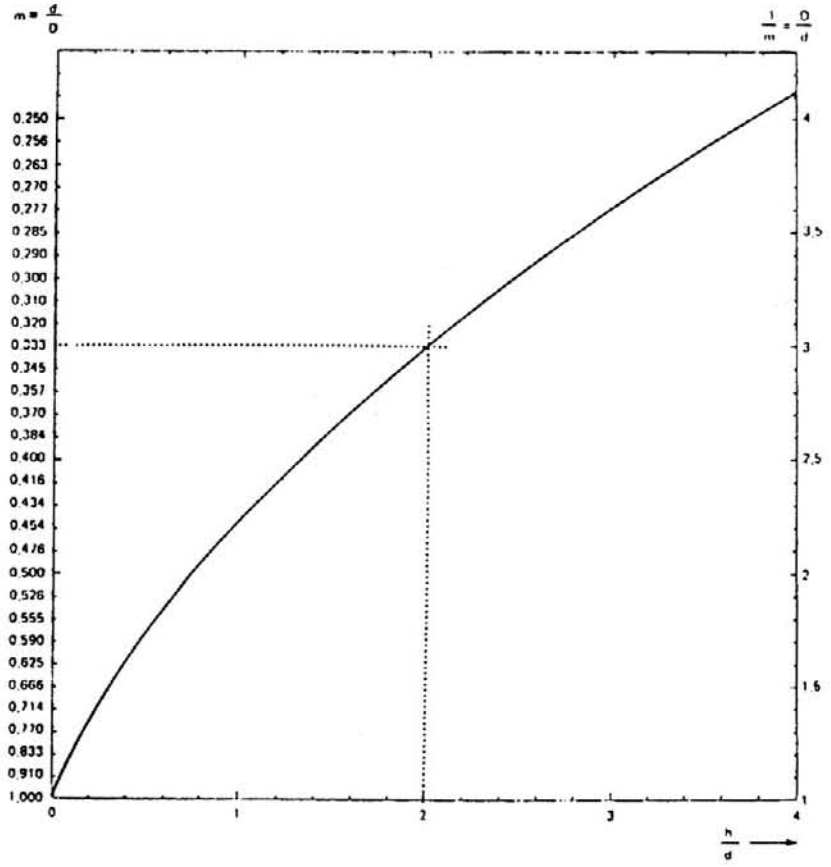
D = قطر کرده

d/D = m

A = با قابلیت چکش‌خواری بالا (برنج)

B = چکش‌خوار (فولاد نرم)

b) نسبت به ارتفاع h و قطر سنبه d



مثال نمونه:

داده‌ها:

$d = ۵۰ mm$,

$h = ۱۰۰ mm$.

نتیجه:

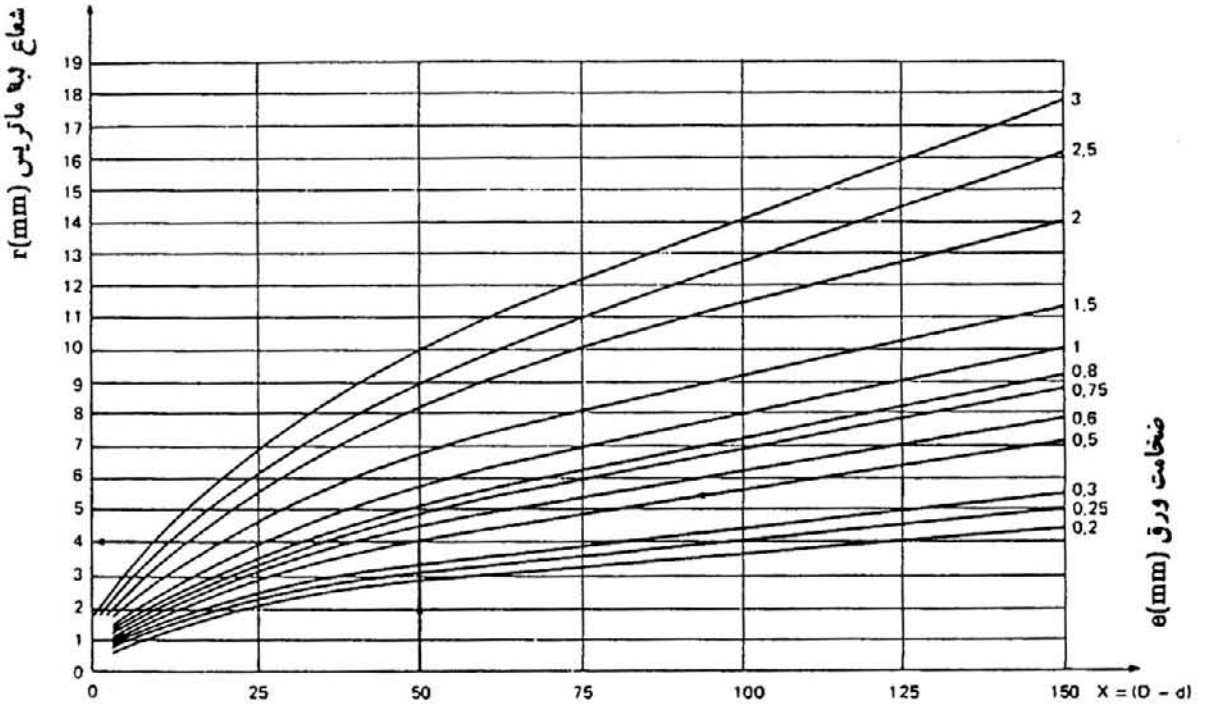
$\frac{h}{d} = ۲$

$\Rightarrow m = \frac{d}{D} = ۰,۳۳$

کشش استوانه‌ای

تعیین شعاع لبهٔ ماتریس

E3



توضیح: مقادیر تعیین شده برای فلزات آهنی وآلیاژهای مس تنظیم شده‌اند؛ برای فلزات سبك تقریباً معادل ۱۵٪ اضافه شود.

$X=(D-d)$

$D=$ قطر گرده

$d=$ قطر کاسه

مثال نمونه:

داده‌ها :

$D=۱۲۰mm; d=۷۰mm; e=۰,۵mm$

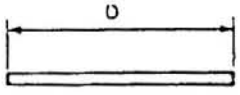
نتیجه :

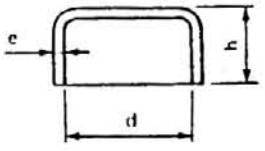
$X=(۱۲۰-۷۰)=۵۰mm \Rightarrow \boxed{r=۴mm}$

کشش استوانه‌ای

اثر ضخامت در کششهای عمیق (فولاد نرم‌کشی)

ضخامت (به % D)	ضریب کاهش $m=\frac{d}{D}$				
	مرحلهٔ اول	مرحلهٔ دوم	مرحلهٔ سوم	مرحلهٔ چهارم	مرحلهٔ پنجم
۲,۰	۰,۴۸	۰,۷۳	۰,۷۶	۰,۷۸	۰,۸۰
۱,۵	۰,۵۰	۰,۷۵	۰,۷۸	۰,۸۰	۰,۸۲
۱,۰	۰,۵۳	۰,۷۶	۰,۷۹	۰,۸۱	۰,۸۴
۰.۶	۰,۵۵	۰,۷۸	۰,۸۰	۰,۸۲	۰,۸۵
۰,۳	۰,۵۸	۰,۷۹	۰,۸۱	۰,۸۳	۰,۸۶
۰,۱۵	۰,۶۰	۰,۸۰	۰,۸۲	۰,۸۵	۰,۸۷
۰,۰۸	۰,۶۳	۰,۸۲	۰,۸۴	۰,۸۶	۰,۸۸





شعاع لبهٔ ماتریس تأثیر دیگری نیز دارد؛ هنگامی‌که با استفاده از ضریب بالا جسم تحت ۳ تا ۴ مرحله کشیده شود و شعاع لبهٔ سنبه حداقل ۷۵٪ شعاع لبهٔ ماتریس باشد نیازی به تاباندن بین مرحله‌ای جسم نیست. ضرایب بالا برای شعاعهای ماتریس واقع در محدوده ۸ تا ۱۵ برابر ضخامت است. برای شعاعهای ماتریس بین ۴ تا ۸ برابر ضخامت ورق ۲٪ برمقادیر فوق می‌توان افزود.

ضخامت (به % D)	$\frac{h}{d}$ ماکزیمم				
	مرحلهٔ اول	مرحلهٔ دوم	مرحلهٔ سوم	مرحلهٔ چهارم	مرحلهٔ پنجم
۰,۰۸ تا ۰,۱۵	۰,۳۸ تا ۰,۴۶	۰,۷۰ تا ۰,۹۰	۱,۱ تا ۱,۲	۱,۵ تا ۲,۰	۲,۰ تا ۲,۷
۰,۱۵ تا ۰,۳	۰,۴۵ تا ۰,۵۲	۰,۸۳ تا ۰,۹۶	۱,۳ تا ۱,۶	۲,۰ تا ۲,۴	۲,۷ تا ۳,۳
۰,۳ تا ۰,۶	۰,۵۰ تا ۰,۶۲	۰,۹۴ تا ۱,۱۳	۱,۵ تا ۱,۹	۲,۴ تا ۲,۹	۳,۳ تا ۴,۱
۰,۶ تا ۱	۰,۵۷ تا ۰,۷۰	۱,۱ تا ۱,۳۶	۱,۸ تا ۲,۳	۲,۹ تا ۳,۶	۴,۱ تا ۵,۲
۱ تا ۱,۶	۰,۶۵ تا ۰,۸۴	۱,۳۲ تا ۱,۶۰	۲,۲ تا ۲,۸	۳,۵ تا ۴,۳	۵,۱ تا ۶,۶
۱,۵ تا ۲	۰,۷۷ تا ۰,۹۴	۱,۵۴ تا ۱,۸۸	۲,۷ تا ۳,۵	۴,۳ تا ۵,۶	۶,۶ تا ۸,۹

نسبت عمق کاسه (h) به قطر بدون لبهٔ آن (d)، نیز شعاع ماتریس، بستگی به‌نسبت $\frac{e}{D}$ دارد.

برای شعاعهای ماتریس واقع در محدودهٔ ۴ تا ۸ برابر ضخامت $\frac{h}{D}$ ماکزیمم و برای شعاعهای بین ۸ تا ۱۵ برابر ضخامت مینیمم است.

هرچه شعاع ماتریس بزرگتر شود نسبت $\frac{e}{D}$ کاهش پیدا می‌کند.

E5

III

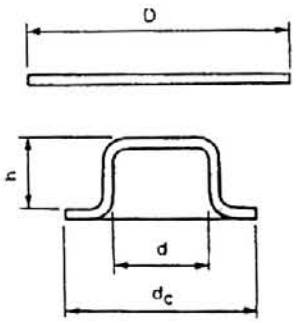
کشش استوانه‌ای

نسبت ماکزیمم ارتفاع کاسه به قطر کاسه $\left(\frac{h}{d}\right)$ و ضریب کاهش $m=\left(\frac{d}{D}\right)$

نسبت به قطر لبه بر قطر کاسه $\left(\frac{dc}{d}\right)$ و ضخامت فلز

برای کششهای استوانه‌ای لبه‌دار (در یك مرحله روی فولاد نرم کششی)

$\frac{d_c}{d}$	$\frac{h}{d}$ ماکزیمم				
	$e=1,5$ تا $2,0\%D$	$e=1,0$ تا $1,5\%D$	$e=0,6$ تا $1,0\%D$	$e=0,3$ تا $0,6\%D$	$e=0,15$ تا $0,3\%D$
۱,۱	۰,۷۵ تا ۰,۹۰	۰,۶۵ تا ۰,۸۲	۰,۵۷ تا ۰,۷۰	۰,۵۰ تا ۰,۶۲	۰,۴۵ تا ۰,۵۲
۱,۳	۰,۶۵ تا ۰,۸۰	۰,۵۶ تا ۰,۷۲	۰,۵۰ تا ۰,۶۰	۰,۴۵ تا ۰,۵۳	۰,۴۰ تا ۰,۴۷
۱,۵	۰,۵۸ تا ۰,۷۰	۰,۵۰ تا ۰,۶۳	۰,۴۵ تا ۰,۵۳	۰,۴۰ تا ۰,۴۸	۰,۳۵ تا ۰,۴۲
۱,۸	۰,۴۸ تا ۰,۵۸	۰,۴۲ تا ۰,۵۳	۰,۳۷ تا ۰,۴۴	۰,۳۴ تا ۰,۳۹	۰,۲۹ تا ۰,۳۵
۲,۰	۰,۴۲ تا ۰,۵۱	۰,۳۶ تا ۰,۴۶	۰,۳۲ تا ۰,۳۸	۰,۲۹ تا ۰,۳۴	۰,۲۵ تا ۰,۳۰
۲,۲	۰,۳۵ تا ۰,۴۵	۰,۳۱ تا ۰,۴۰	۰,۲۷ تا ۰,۳۳	۰,۲۵ تا ۰,۲۹	۰,۲۲ تا ۰,۲۶
۲,۵	۰,۲۸ تا ۰,۳۵	۰,۲۵ تا ۰,۳۲	۰,۲۲ تا ۰,۲۷	۰,۲۰ تا ۰,۲۳	۰,۱۷ تا ۰,۲۱
۲,۸	۰,۲۲ تا ۰,۲۷	۰,۱۹ تا ۰,۲۴	۰,۱۷ تا ۰,۲۱	۰,۱۵ تا ۰,۱۸	۰,۱۳ تا ۰,۱۶
۳,۰	۰,۱۸ تا ۰,۲۲	۰,۱۶ تا ۰,۲۰	۰,۱۴ تا ۰,۱۷	۰,۱۲ تا ۰,۱۵	۰,۱۰ تا ۰,۱۳



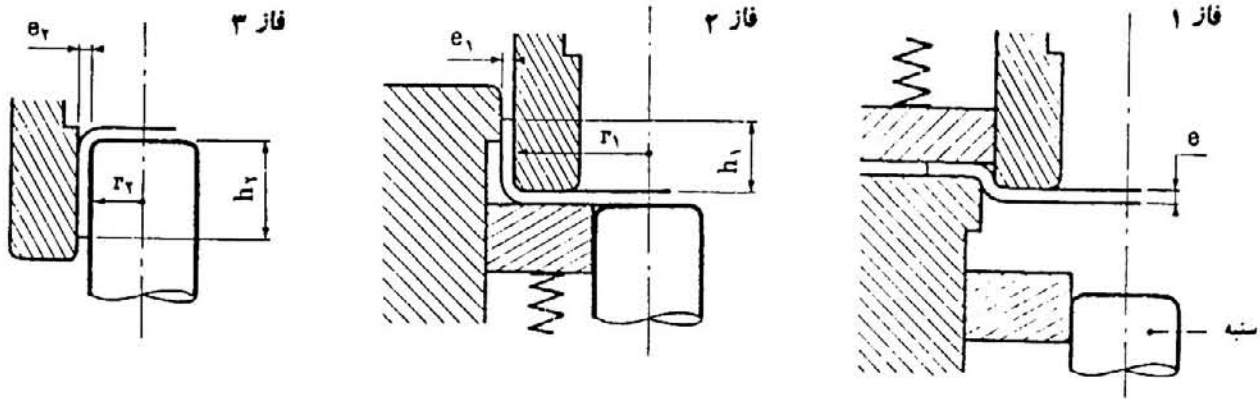
برای شعاعهای ماتریس بین ۴e و ۸e، نسبت $\frac{h}{d}$ ماکزیمم، و برای شعاعهای بین ۸e و ۱۵e این نسبت مینیمم است. بنابراین شعاع ماتریس با کوچکتر شدن $\frac{e}{D}$ بزرگتر می‌شود.

$\frac{d_c}{d}$	$m=\left(\frac{d}{D}\right)$				
	$e=1,5$ تا $2,0\%D$	$e=1,0$ تا $1,5\%D$	$e=0,6$ تا $1,0\%D$	$e=0,3$ تا $0,6\%D$	$e=0,15$ تا $0,3\%D$
۱,۱	۰,۵۱	۰,۵۳	۰,۵۵	۰,۵۷	۰,۵۹
۱,۳	۰,۴۹	۰,۵۱	۰,۵۳	۰,۵۴	۰,۵۵
۱,۵	۰,۴۷	۰,۴۹	۰,۵۰	۰,۵۱	۰,۵۲
۱,۸	۰,۴۵	۰,۴۶	۰,۴۷	۰,۴۸	۰,۴۸
۲,۰	۰,۴۲	۰,۴۳	۰,۴۴	۰,۴۵	۰,۴۵
۲,۲	۰,۴۰	۰,۴۱	۰,۴۲	۰,۴۲	۰,۴۲
۲,۵	۰,۳۷	۰,۳۸	۰,۳۸	۰,۳۸	۰,۳۸
۲,۸	۰,۳۴	۰,۳۵	۰,۳۵	۰,۳۵	۰,۳۵
۳,۰	۰,۳۲	۰,۳۳	۰,۳۳	۰,۳۳	۰,۳۳

ضریب کاهش $m=\left(\frac{d}{D}\right)$ هنگام مرحلهٔاول و در موردکشش استوانه‌ای‌لبه‌دار نباید از مقادیر جدول تجاوز کند.

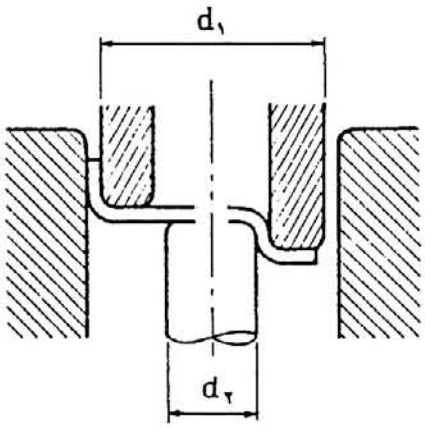
E6

کشش استوانه‌ای
کشش معکوس: شرایط اجرا
(برای فولاد نرم کششی)



$$\frac{e_2}{e_1} = \sqrt{\frac{r_1}{r_2}}$$: کلفت شدن جداره

$$\frac{h_2}{h_1} = \sqrt{\frac{r_1}{r_2}}$$: ازدیاد ارتفاع



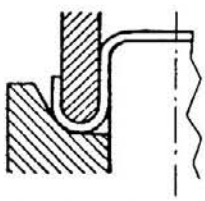
نوع عملیات	ضریب ماکزیمم	کاسهٔ استوانه‌ای	کاسهٔ چهارگوش
کشش معکوس	m_0	۰٫۵۵	۰٫۴۵
	m_1	۰٫۶۵	۰٫۵۸
کشش مجدد مستقیم	m_2	۰٫۷۵ تا ۰٫۸۵	۰٫۷۵ تا ۰٫۸۵

و بدین ترتیب، برای دو مرحلهٔ کشش و کشش مجدد که در یك کورس پرس به‌عمل می‌آید، ضریب کاهش کلی برابر خواهد بود:

- برای کاسهٔ استوانه‌ای: ۰/۳۶ = ۰/۶۵ × ۰/۵۵
- برای کاسهٔ چهارگوش: ۰/۲۶ = ۰/۵۸ × ۰/۴۵

$$m_0 = \frac{d_1}{D} ; m_1 = \frac{d_2}{d_1} ; m_2 = \frac{d_3}{d_2} ; m_3 = \dots$$

کاسهٔ استوانه‌ای	$20 \leqslant r_1/e \leqslant 50$	بدون فشار انداز
	$50 < r_1/e \leqslant 180$	فشاراندار مستوی
	$r_1/e > 180$	(*)فشار انداز مقعر
کاسهٔ چهارگوش	$20 \leqslant p_0/2\pi e \leqslant 30$	بدون فشاراندار
	$30 < p_0/2\pi e \leqslant 150$	فشاراندار مستوی
	$p_0/2\pi e > 150$	(*)فشاراندار مقعر



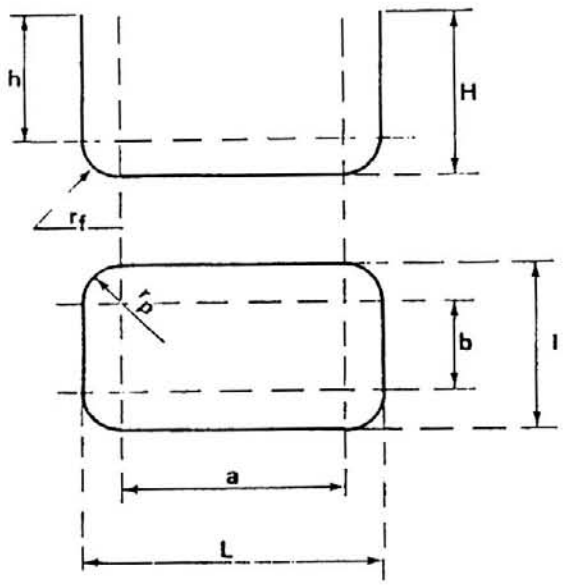
P_0 = محیط متوسط مقطع کاسه قبل از معکوس شدن

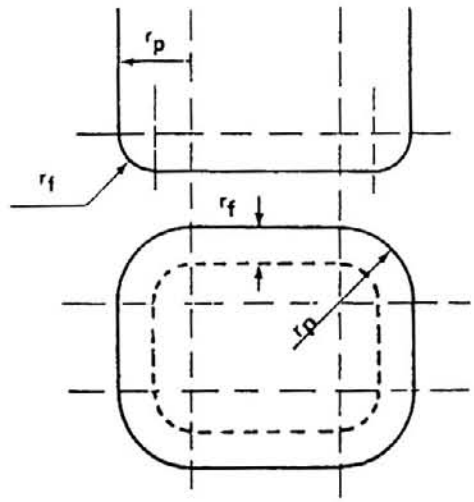
(*)فشاراندار مقعر باید فقط در دأس خود با جسم تماس داشته باشد، قسمتی از کاسه که در خارج از خط‌الرأس قرارگرفته، توسط فشاراندار با لقی نسبتاً کمی در بر گرفته شده تا از تشکیل چین خوردن اجتناب شود.

کشش چهارگوش

تعیین گرده: تعیین پارامترهای اصلی

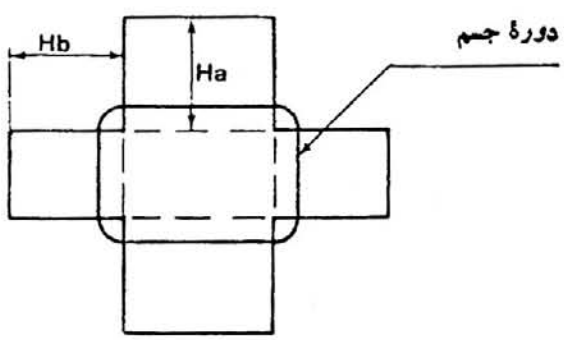
F1





$r_f = r_p$

$r_f \neq r_p$

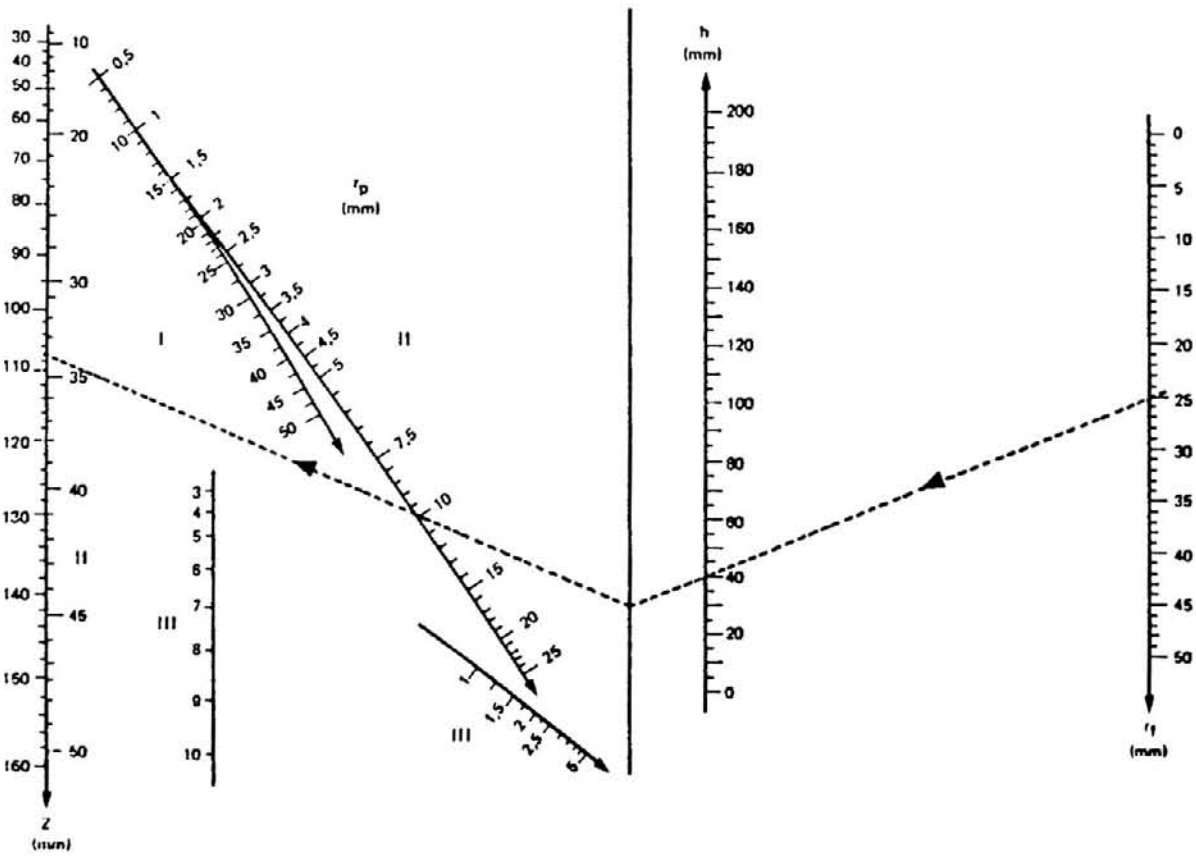


کشش چهار گوش

تعیین گرده: گسترش گوشه‌ها

F2(1)

هر گوشه یك چهارم استوانه‌ای به ارتفاع h و شعاع r_p و دارای کفی به شعاع r_f می‌باشد.



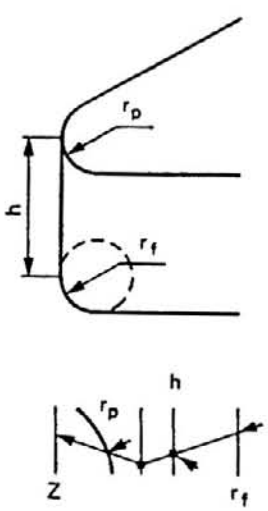
مثال نمونه:

داده‌ها:

$r_f = ۲۵mm ; h = ۴۰mm ; r_p = ۱۰mm$ (اشل II).

نتیجه:

$\Rightarrow z = ۳۴mm$ (اشل II).

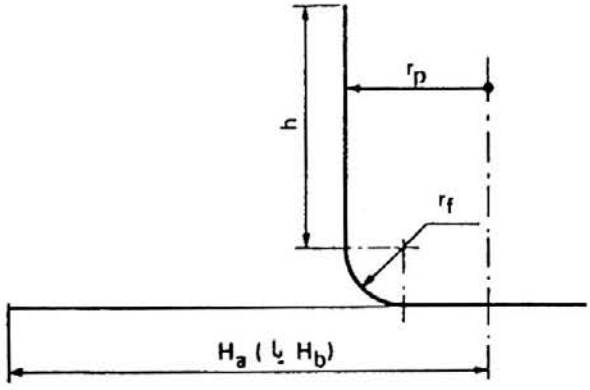


کشش چهار گوش

تعیین گرده: گسترش جداره‌های مستقیم

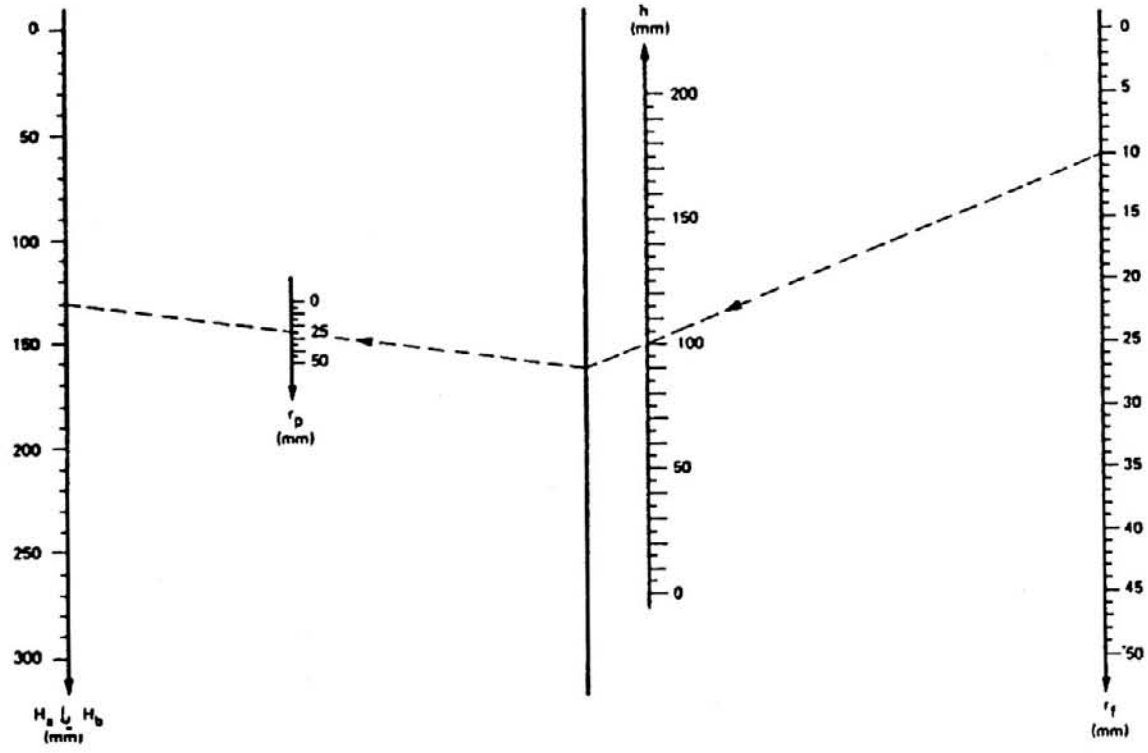
III

F2(2)



$r_f \neq r_p \Rightarrow H_a = H_b = 0,57r_f + h + r_p$

$r_f = r_p \Rightarrow H_a = H_b = 1,57r_f + h$



مثال نمونه:

داده‌ها:

$r_f = 10mm ; h = 100mm ; r_p = 25mm$

نتیجه:

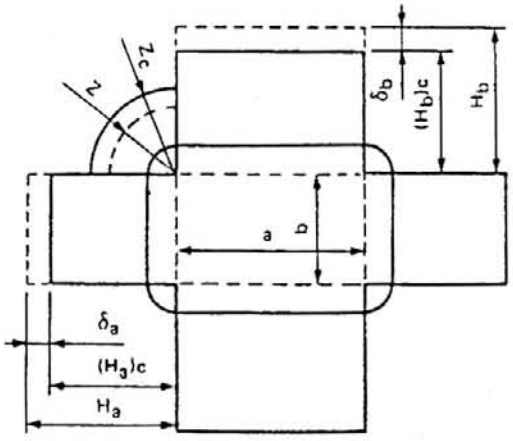
H_a یا $H_b \simeq 130mm$.

کشش چهارگوش

تعیین‌کرده: اصل موازنه

F2(3)

اگر پهنای جسم (بدون در نظر گرفتن شعاع گوشه‌ها) کوچکتر از ارتفاع آن باشد، Z افزایش و H_a و H_b کاهش پیدا می‌کند به نحوی که جاری شدن فلز از گوشه‌ها به‌طرف جداره‌ها موازنه شده و سطح کل جسم کماکان ثابت بماند.

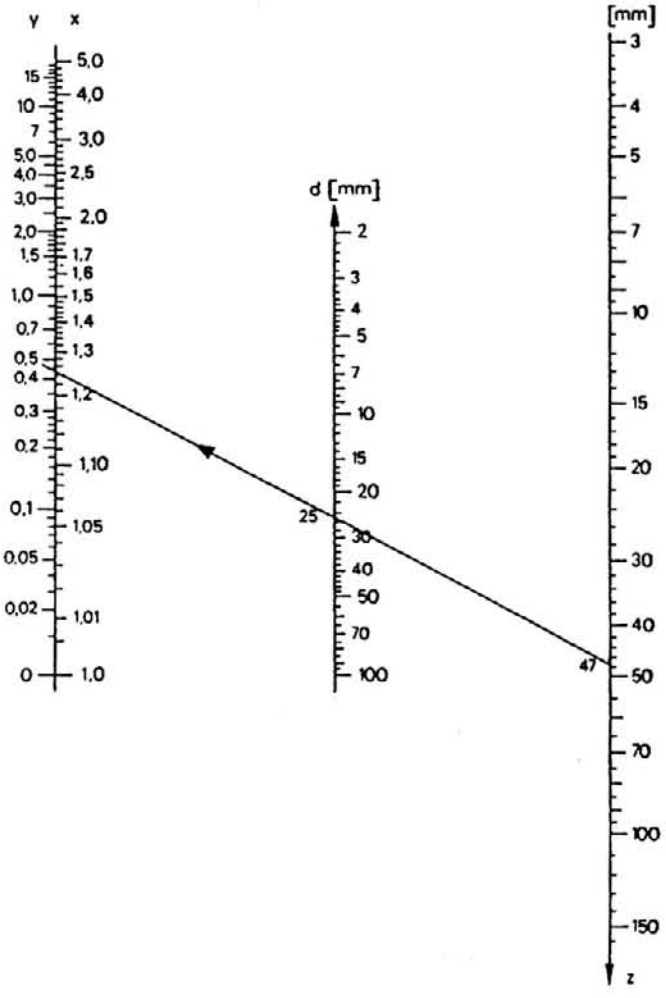


$$Z_c = xZ$$

$$(H_a)_c = H_a - \delta a = H_a - Y\frac{Z^2}{a}$$

$$(H_b)_c = H_b - \delta b = H_b - Y\frac{Z^2}{b}$$

X و Y از دیاگرام زیر به دست می‌آیند.



مثال نمونه:

داده‌ها:

$a = ۱۵۸mm$; $b = ۶۰mm$;

$Z = ۴۷mm$; $r_p = ۱۲,۵mm$;

$H_a = H_b = ۱۴۰mm$.

نتایج:

$X = ۱,۲۴$; $Y = ۰,۴۲$

$$\Rightarrow \boxed{Z_c = ۱,۲۴ \times ۴۷ \simeq ۵۸,۳mm}$$

$$\delta a = ۰,۴۲ \times \frac{(۴۷)^2}{۱۵۸} \simeq ۵,۸mm$$

$$\Rightarrow \boxed{(H_a)_c = ۱۴۰ - ۵,۸ \simeq ۱۳۴,۲mm}$$

$$\delta b = ۰,۴۲ \times \frac{(۴۷)^2}{۶۰} = ۱۵,۴۶mm$$

$$\Rightarrow \boxed{(H_b)_c = ۱۴۰ - ۱۵,۴۶ \simeq ۱۲۴,۶mm}$$

کشش چهارگوش

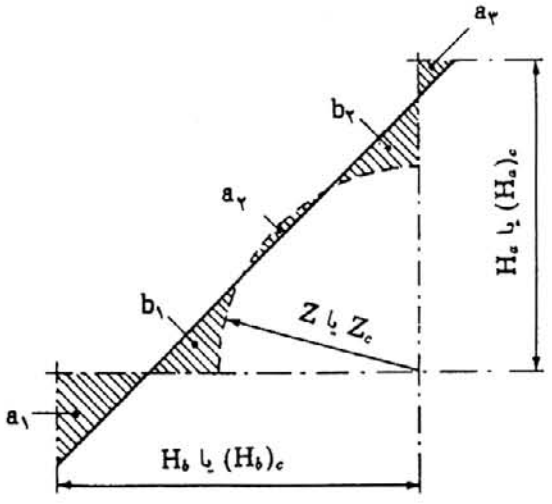
تعیین گرده: روش اتصال

F2(4)

روش اتصال

گردهٔ یک‌کاسهٔ چهارگوش از گسترش جداره‌های مستقیم آن به همراه گسترش گوشه‌ها به‌دست می‌آید. چون سطح به‌دست‌آمده بدین ترتیب قابل کشش نمی‌تواند باشد پس باید شکل گوشه‌های گستردهٔ آن تصحیح شود به ترتیبی که سطح تصحیح شده نسبت به سطح گستردهٔ اولیه تغییر نکند.

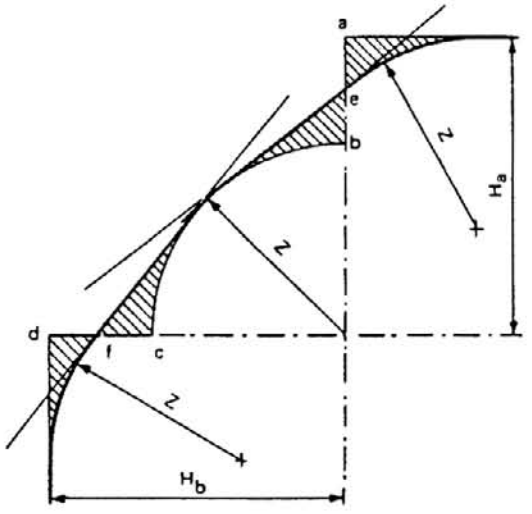
روش ۱: بنابر نظر Oehler, Kaiser



$$a_1+a_2+a_3=b_1+b_2$$

روش ۲: بنابر نظر Brootzkoos

(معمولاً بدون موازنه استفاده می‌شود)



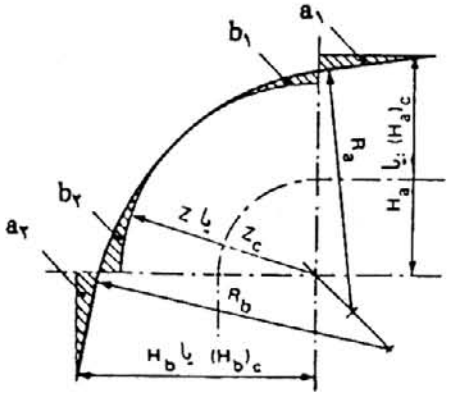
ae=eb

df=fc

روش ۳: بنابر نظر Ihle, Oehler, Chauvelin

(روشی که معمولاً برای اجسامی که در منطقهٔ B و C صفحهٔ F3 واقع شده‌اند و دارای شعاعهای گوشهٔ بزرگ هستند)

(می‌تواند با موازنه یا بدون موازنه استفاده شود)



$$a_1+a_2=b_1+b_2$$

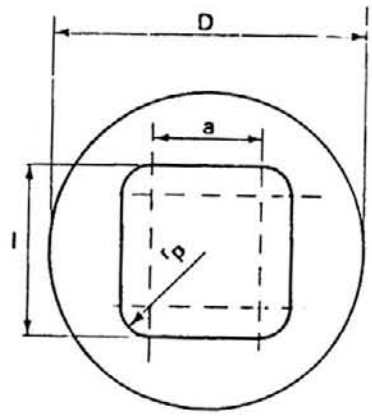
$(H_a)_c$، $(H_b)_c$ و Z_c مربوط به‌گسترش با موازنه است به F2(3) رجوع شود

کشش چهارگوش

تعیین کرده

روش اتصال برای اجسامی (کاسه‌هایی) که دارای شعاع بین جداره‌ای ونسبت $\frac{H}{1}$ بزرگ هستند

کاسه‌های مربع شکل (*)



$$D = 1{,}13\sqrt{S}$$

گرده دایره‌ای است به قطر S، سطح کلی کاسه که توسط فرمول زیر به‌دست می‌آید:

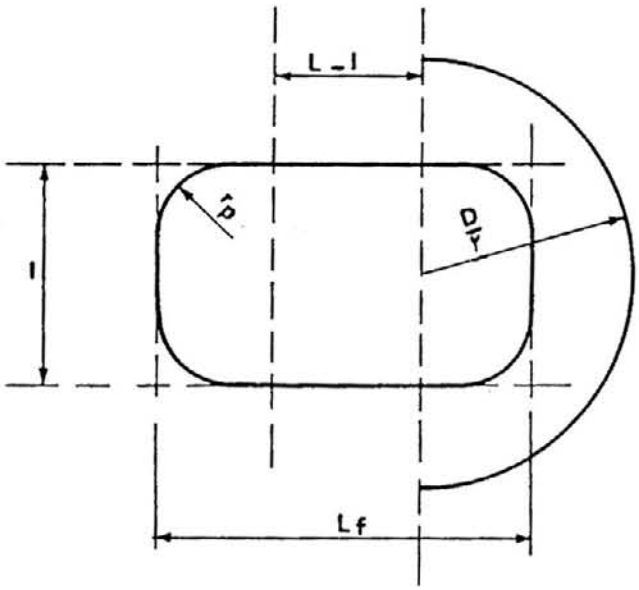
$$S = \pi Z^2 + H_o + a^2$$

برای محاسبهٔ Z به F2(1) رجوع شود.

برای محاسبهٔ H_o به F2(2) رجوع شود.

کاسه‌های مستطیل شکل (*)

گرده اغلب تشکیل شده از دو قسمت نیم‌گرد که با دو خط به‌طول $L - 1$ به‌هم متصل شده‌اند.



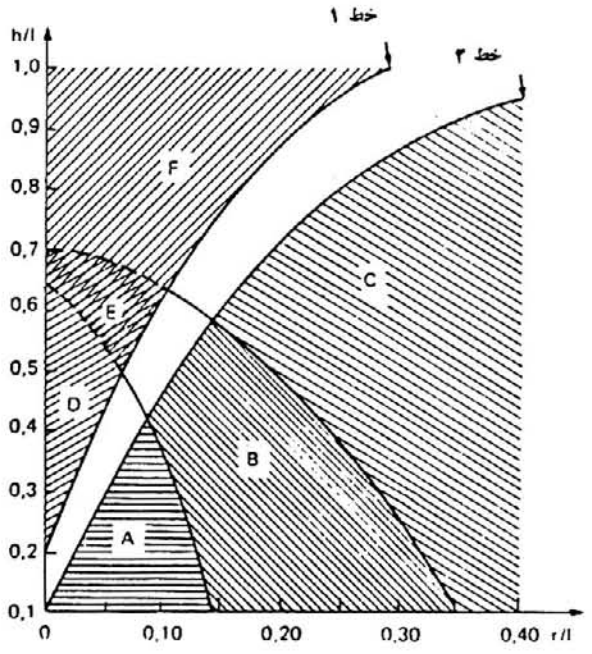
طول گرده:

$$L_f = D + L - 1$$

(*) به‌ویژه کاسه‌هایی که در منطقهٔ F و C منحنی F3 واقع شده‌اند.

کشش چهارگوش
تعداد مراحل لازم
(اجـام از جنس فولاد نرم کششی)

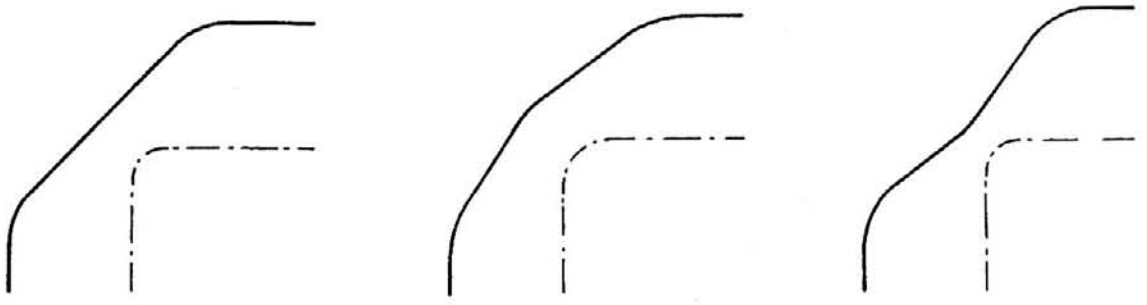
F3



تعداد مراحـل کشش بستگی به عمق کاسه و عرض آن $\left(\frac{h}{l}\right)$ و نسبت شعاع داخلی عمودی بر عرض کاسه $\left(\frac{r}{l}\right)$ دارد.(دیاگرام روبـه‌رو). مناطقی کـه زیر خط ۲ قرار گرفته‌اند مربوط بـه کششهایی هستند که در یك مرحله‌انجام می‌پذیرند، در صورتی که مناطق واقـع در بالای خط ۱ مربوط به ۲ یـا چند مرحله کششند. فاصلهٔ بین خط ۱ و ۲ مبین کاسه‌هایی است که در مرز و حد یك مرحله کشش است.

اجسامی کـه در مناطق A، B و C واقـع می‌شونـد ضخامتشان نباید از ۰/۶ % عرض گرده بیشتر باشد، و اجـامی که درمناطق D، E و F قرار می‌گیرند ضخامتشان از۲% عرض گرده نباید بیشتر باشد.

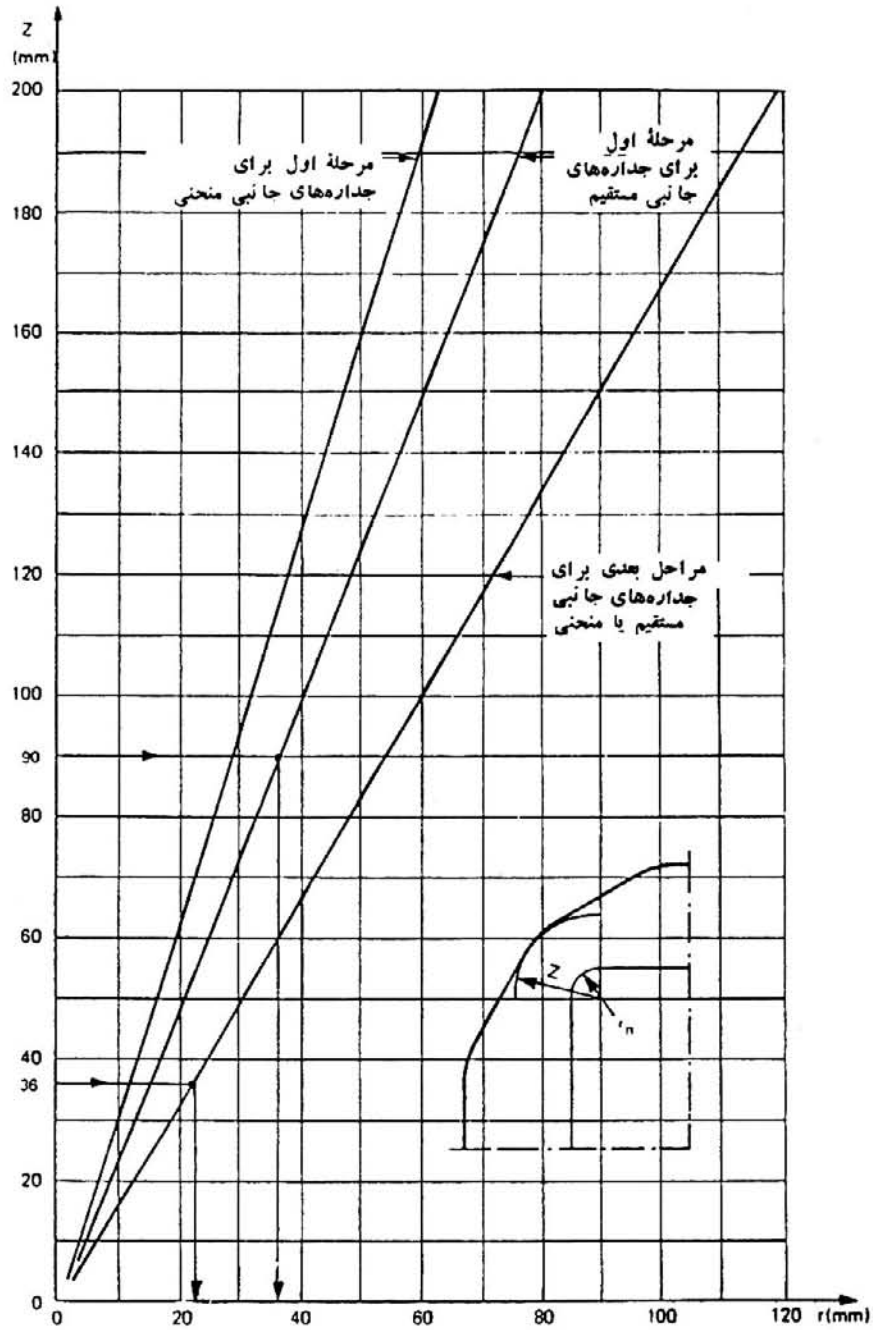
نمایش نمونه‌ای گسترش گوشه‌ها مربوط به مناطق دیاگرام بالا و روش اتصال۲ [به F2(4) رجوع شود]



منطقهٔ A　　منطقهٔ B　　منطقهٔ D

کشش چهارگوش
تعیین مراحل متوالی
(برای ورقهای کششی متوسط)

F4(1)



مثال نمونه:

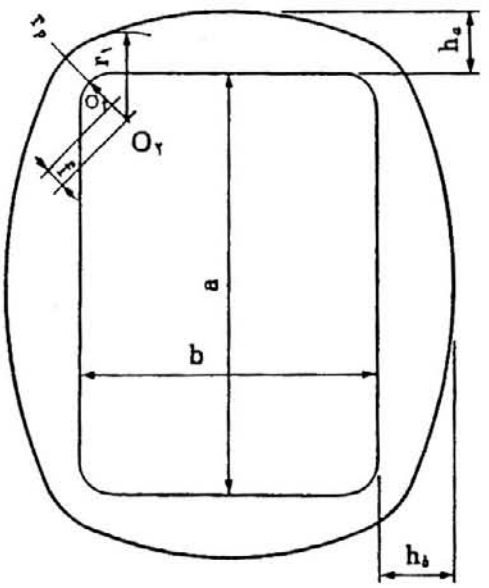
$z = ۹۰mm \Rightarrow$ مرحلهٔ اول: $r_۱ = ۳۶mm \Rightarrow$ مرحلهٔ دوم: $r_۲ = ۲۲mm$

کشش چهارگوش

استفاده از قالبهای با جدارهٔ جانبی منحنی

F4(2)

در این روش به علت توزیع بهتر و منظم‌تر تغییرات مولکولی فلز، احتمالاً یك مرحله از مراحل کشش حذف می‌شود.



یا:

$$f = 0{,}5(r_1 - r_2)$$

$$h_a = \frac{12 \times b}{100}$$

$$h_b = \frac{12 \times a}{100}$$

r_1 از برگهٔ F4(1) تعیین می‌شود.