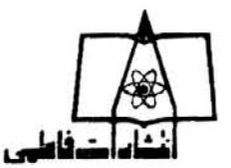
قالبهای سردکار

جدول و دیاگرامهای محاسبه

تألیف مهندس فیروز بروشکی

دفتر تحقیقات و برنامه ریزی معاونت آموزش فنی و حرفه‌ای
و
مؤسسهٔ انتشارات فاطمی



قالبهای سردکار
جدولها و دیاگرامهای محاسبه
مؤلف: مهندس فیروز بروشکی
چاپ اول: شهریور ماه ۱۳۶۸
تیراژ: ۵۵۰۰ نسخه
چاپ و صحافی: چاپخانهٔ تقویم
ناشر: دفتر تحقیقات و برنامه ریزی معاونت آموزش فنی و حرفه‌ای
و
مؤسسهٔ انتشارات فاطمی
کلیهٔ حقوق محفوظ است
نشانی: ● خیابان سی تیر، ساختمان شمارهٔ ۲ وزارت آموزش و پرورش
تلفن: ۳۲۴۲۲۴۴ و ۳۸۵۴۱۶۹
● خیابان دکتر فاطمی، روبه روی سازمان آب، شمارهٔ ۱۵۹
تلفن: ۶۵۱۴۲۲ و ۶۵۴۷۷۰

بسم الله الرحمن الرحیم

پیشگفتار

گسترش روزافزون دانش بشری که منجر به رشد کمی و کیفی حیرت‌آور تکنولوژی وابزارهای تولید در کشورهای پیشرفتهٔ صنعتی شده‌است، ضرورت تقویت آموزشهای فنی وحرفه‌ای را، که مهمترین عامل در تربیت نیروی انسانی ماهر ومتخصص برای تأمین آینده‌ای روشن ومستقل ازهر گونه وابستگی است، اجتناب‌ناپذیر کرده است.

دفتر تحقیقات وبرنامه‌ریزی معاونت آموزش فنی وحرفه‌ای وزارت آموزش و پرورش، در راستای هدفهای فرهنگی جمهوری اسلامی ایران، و در راه رسیدن به‌هدفهای زیر، بااستفاده از همکاریهای ناشران ذیصلاح، اقدام به‌تألیف یا ترجمهٔ کتابهای کمک‌آموزشی مناسب در زمینه‌های گوناگون آموزش فنی و حرفه‌ای کرده است:

* ایجاد انگیزهٔ مطالعه‌وبالا بردن‌سطح آگاهیهای دانش‌آموزان، هنرجویان، دانشجویان، هنرآموزان، ومدرسان مراکز آموزش فنی وحرفه‌ای وعلاقه‌مندان دیگر جامعه درزمینهٔ آموزش فنی وحرفه‌ای.
* پاسخگویی به‌بخشی‌ازتقاضاهاو اشتیاق وافرآموزشگیران به‌دانستن‌بیشتر درزمینه‌های‌گوناگون فنی وحرفه‌ای.
* ازمیان بردن‌بعضی ازکاستیهای‌علمی وآموزشی کتابهای درسی‌هنرستانها.

امیداست محتوای این‌کتاب بتواند درمسیرحرکت روبه رشد دانش‌آموزان، هنرجویان، دانشجویان، هنرآموزان، و مدرسان مراکزفنی وحرفه‌ای سهمی مؤثر و مفید داشته باشد.

از **مؤسسهٔ انتشارات فاطمی**، که درپدیدآمدن‌وچاپ ونشراین‌کتاب همکاری مؤثری داشته است، سپاسگزاری می‌شود.

دفتر تحقیقات و برنامه‌ریزی
معاونت آموزش فنی وحرفه‌ای

دیباچه

امید می‌رود که با انتشار این کتاب به خواسته‌ای پاسخ مثبت داده شود که از طرف صنعتگرانی که در رشتهٔ قالبهای سردکار و تغییر شکل ورق فلزات فعالیت دارند بارها ابراز گشته و همواره پی‌جوی داده‌ها ومعلوماتی آسان، سریع و مورد استفاده در امر محاسبه و بعضاً طراحی قالبهای سنبه و ماتریس هستند.

صنعت قالبسازی با اینکه نقشی اساسی درتولید ایفا می‌نماید و ساخت خیلی ازقطعات تنها از این کانال مقرون‌به‌صرفه و یا میسر است، متأسفانه در کشور ما صنعتی است که بیشتر مبنای تجربی داشته تا علمی و تنها در چند سال اخیر وخیلی به ندرت، کوششهایی ازطرف بعضی متخصصین به عمل آمده وکتابهایی در این زمینه به چاپ رسیده است که این خود جای خوشبختی است.

در گردآوری و تدوین مطالب این کتاب سعی شده است که اولاً از دیاگرامها، جدولها و مطالبی استفاده شود که از دقت بیشتری برخوردارند و ثانیاً برای استفاده و کاربرد صحیح هرکدام مثالی نمونه آورده شود، نیز مؤلف بهتر دید که دیاگرامها وجدولهایی که ازکتابهای تخصصی آمریکایی استخراج شده را با واحدهای متریك ارائه نماید تا استفاده از آنها بدون نیاز به تبدیل نمودن واحدهای اینچی به میلیمتری صورت گیرد.

این کتاب می‌تواند مورد استفادهٔ علاقه‌مندانی که به نحوی با تغییر شکل ورق فلزات و با استفاده از قالب سروکاردارند، دفاتر فنی، کارخانجات، دانشجویان وهنرجویان هنرستانها و بالاخره کارگاههای قالبسازی قرار گیرد.

فیروز بروشکی

فهرست

I برشکاری ـ سوراخکاری ـ لب‌برگردان

الف) برش و سوراخکاری

حداقل فاصله‌ای‌که بین برشهای مختلف در نوار باید رعایت نمود A_1

اندازه‌های توصیه شده برای فواصل برشها و شعاع اتصال لبه‌ها A_2

درصد استفاده از سطح نوار نسبت به تعداد سنبه‌ها در مواقعی که برش به‌صورت زیگزاك انجام می‌شود A_3

اثر لقی برش در لبهٔ سوراخ A_4

لقی برش توصیه شده برای مقاومتهای برشی وضخامتهای مختلف ورقها A_5

زاویهٔ آزاد توصیه شده برای ماتریسها (ماتریسهای مخروطی بدون قسمت استوانه‌ای شکل) A_6

اثر کف‌گیری ماتریسهای مخروطی روی ازدیاد لقی A_7

فرمهای توصیه شده برای‌برشهای طولی A_8

نیروی برش نسبت به‌سطح بریده شده و تنش برشی فلز A_9

اثر زاویهٔ برش (موج برش) روی نیروی برش A_{10}

انرژی لازم در برش A_{11}

ب) سوراخکاری و لب‌برگردان

لب‌برگردان یك سوراخ به منظور قلاویزکاری، قطرسوراخکاری B_1

شکلهای توصیه شده برای سنبه‌های لب‌برگردان‌کن B_2

II خمکاری

ج) خمکاری V شکل

شعاع توصیه شده در زاویهٔ خم C_1

برگشت فنری ورق خم شده به شکل V (بدون اعمال ضربه روی شعاع) C_2

برگشت فنری ورقهای خم شده به شکل V از جنس‌آلیاژهای آلومینیم وفولاد ضد زنگ C_3

تعیین طول گستردهٔ یك جسم خم شده C_4

تعیین نیروی خمکاری C_5

د) خمکاری U شکل

اشکال توصیه شده برای لبهٔ ماتریس D_1

تصحیح برگشت به علت فنریت $D_2(1)$

تصحیح برگشت به علت فنریت $D_2(2)$

اندازه‌های توصیه شدهٔ دیواره‌های استحکامی D_3

تعیین نیروهای عمودی به هنگام خمکاری U شکل ورقهای نازك D_4

تعیین نیروهای جانبی به هنگام خمکاری U شکل ورقهای نازك D_5

III کشش

ه) کشش استوانه‌ای

E_1 (۱) تعیین قطر گرده

E_1 (۲) تعیین قطر گرده (در حالتی که شعاع کف کوچکتر از ۲۰d باشد)

E_1 (۳) تعیین قطر D گرده (اجسام بدون لبه)

E_1 (۴) تعیین قطر D گرده (اجسام لبه‌دار)

E_2 تعیین ضریب کاهش قطر عملی $m=\frac{d}{D}$

E_3 تعیین شعاع لبهٔ ماتریس

E_4 اثر ضخامت در کشش‌های عمیق (فولاد نرم کششی)

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

E_5 لبه‌دار (در یك مرحله روی فولاد نرم کششی)

E_6 کشش معکوس، شرایط اجرا (برای فولاد نرم کششی)

و) کشش چهارگوش

F_1 تعیین گرده، تعیین پارامترهای اصلی

F_2 (۱) تعیین گرده، گسترش گوشه‌ها

F_2 (۲) تعیین گرده، گسترش جداره‌های مستقیم

F_2 (۳) تعیین گرده، اصل موازنه

F_2 (۴) تعیین گرده، روش اتصال

F_2 (۵) تعیین گرده، روش اتصال برای اجسامی (کاسه‌هایی) که دارای شعاع بین جداره‌ای و نسبت $\frac{H}{l}$ بزرگ هستند

F_3 تعداد مراحل لازم (اجسام از جنس فولاد نرم کششی)

F_4 (۱) تعیین مراحل متوالی (برای ورقهای کششی متوسط)

F_4 (۲) استفاده از قالبهای با جدارهٔ جانبی منحنی

ز) کشش‌های غیرمشخص

G_1 کاسه‌های با مقطع مستقیم بیضوی شکل، تعیین گرده

ح) کلیات

H_1 (۱) بررسی نیروی کشش، کشش استوانه‌ای شکل

H_1 (۲) بررسی نیروی کشش، کشش چهارگوش

H_2 سرعت کشش نسبت به فاصلهٔ کشویی در نقطهٔ مرگ پایین (پرسهای ضربه‌ای)

H_3 نیروی یك پرس نسبت به موقعیت کشویی

واحدهای قانونی

واحدهای اصلی

طول	متر	m
جرم	کیلوگرم	kg
زمان	ثانیه	s
شدت جریان الکتریکی	آمپر	A
حرارت	درجهٔ کلوین	°K
	درجهٔ سلسیوس	°C

(صفر درجهٔ سلسیوس معادل ۲۷۳ درجهٔ کلوین است)

شدت نور	کاندلا	Cd

واحدهای فرعی در مکانیک

سرعت	متر بر ثانیه	$\frac{m}{s}$
شتاب	متر بر ثانیه بر ثانیه	$\frac{m}{s^2}$
نیرو	نیوتون	N
کار و انرژی	ژول	J
توان	وات (ژول بر ثانیه)	W
فشار و تنش	پاسکال (=یك نیوتون برمتر مربع)	$Pa=\left(\frac{N}{m^2}\right)$

واحدهایی که در این جزوه از آن استفاده شده و مشتق از واحدهای اصلی هستند:

طول	میلیمتر	mm
زمان	دقیقه	min
سرعت	متر بر دقیقه	m/min
نیرو	دکانیوتون	daN
	کیلونیوتون	kN
تنش	دکانیوتون برمیلیمتر مربع	daN/mm²

تبدیل آحاد

● نیرو :

۱/۰۲kgf=۱۰N=۱daN (کیلوگرم‌نیرو)

۰/۱۰۲tf=۱۰³N=۱kN (تن-نیرو)

● تنش :

$$(1/02\,kgf/mm^2=10^5Pa=1\,bar)\,1hbar=10^7Pa=1/02\,\frac{kgf}{mm^2}=1\frac{daN}{mm^2}$$

● کار :

۰/۲۰۲kgm=۱J

● توان :

۱KW=۱۰۲kgm/s=۱/۳۶HP

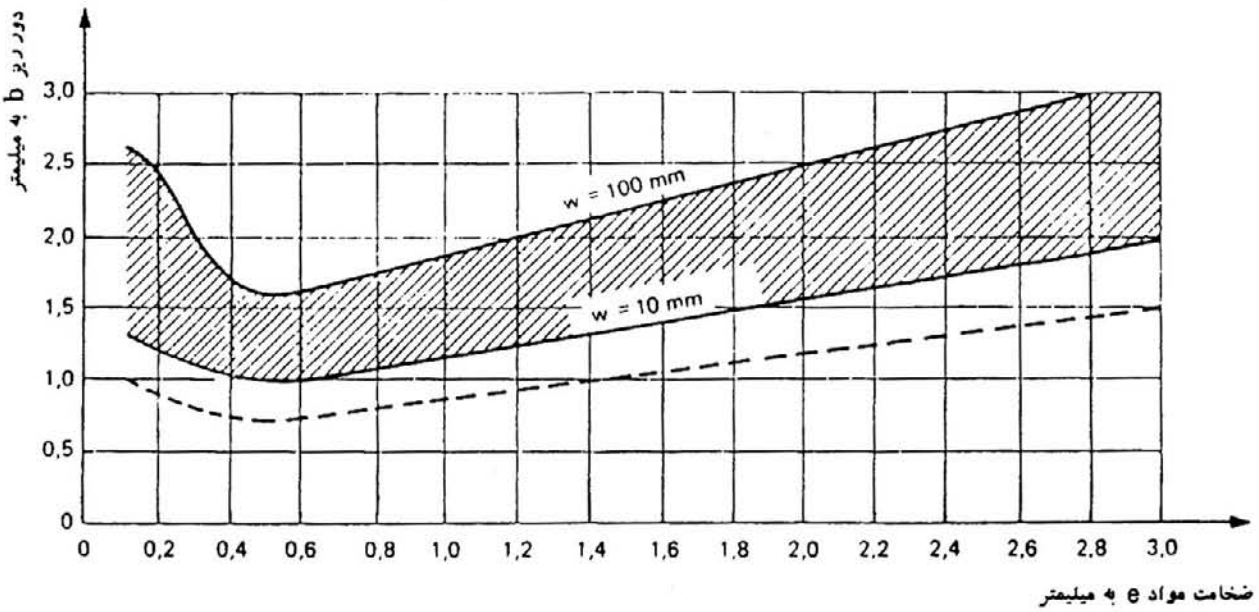
علائم و نشانه‌های استفاده شده در این کتاب

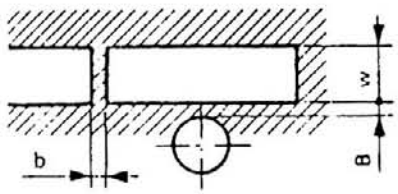
L : طول جسم	mm
l ، عرض جسم	mm
W : عرض گرده	mm
e : ضخامت ورق کارشده	mm
S : سطح مقطع جسم	mm
D : قطر گرده	mm
d : قطر سنبه یا قطر کاسه	mm
d_e : قطر لبهٔ یك جسم لبه‌دار	mm
h : ارتفاع کاسه	mm
r : شعاع جسم	mm
z : شعاع زاویهٔ گرده در کشتهای چهارگوش	mm
t : لقی شعاعی بین سنبه و ماتریس (لقی یکطرف)	mm
J : لقی نسبی $\frac{t-e}{e} \times 100$	%
R_t : تنش کششی فلز	daN/mm^2
R_c : تنش برشی فلز	daN/mm^2
R_e : حد کشسانی (الاستیسیته)	daN/mm^2
A% : درصد ازدیاد طول	%
K : ضریب برگشت فنری	—
F : نیروی ماکزیمم پرس برای فرم دادن به‌جسم	kN
Q : نیروی ماکزیمم جانبی برای فرم دادن به جسم	kN
w : کار و انرژی مورد لزوم هنگام فرم گرفتن قطعات	J
m : ضریب کاهش قطر در کشش $\left(\frac{d}{D}\right)$	—

برش و سوراخکاری

حداقل فاصله‌ای که بین برشهای مختلف در نوار باید رعایت نمود

A1





درمنطقهٔ حدفاصل‌بین W = ۱۰ mm و W = ۱۰۰mm دور ریز «b» بستگی به‌جنس‌مواد و طول فواصل باقیمانـده دارد. در موارد برشهای منحنی، دور ریز «b» با منحنی خط چین مشخص می‌شود.

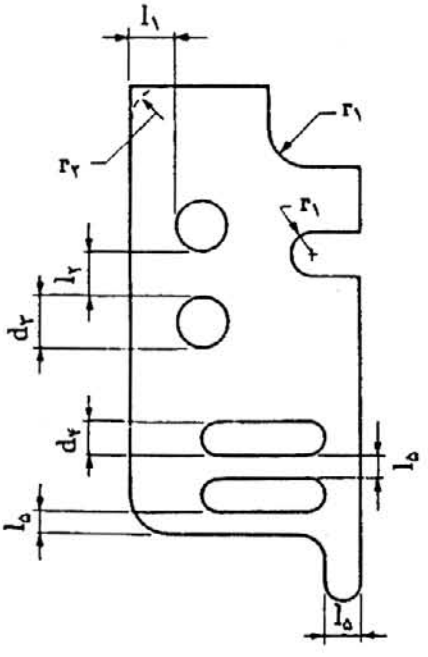
برش و سوراخکاری

اندازه‌های توصیه شده برای فواصل برشها و شعاع اتصال لبه‌ها

A2

r_1	۲e (*) یا ۴mm		
r_2	حداقل		
l_1 یا l_2	e<۱,۵mm	۱,۵<e<۳mm	
	موارد عمومی	آهنی	غیرآهنی
	⩾۱,۶mm	۱,۵e (*) یا ۳mm	۲e
d_3	حداقل ۲,۵ میلیمتر یا یك برابر ضخامت ورق (حداقل ۳ میلیمتر برای آلیاژهای ضدزنگ)		
l_5 یا d_4	e<۰,۸mm	۰,۹mm<e<۳mm	۳mm<e<۱۰mm
	۱,۵mm	۲e	۲,۵e

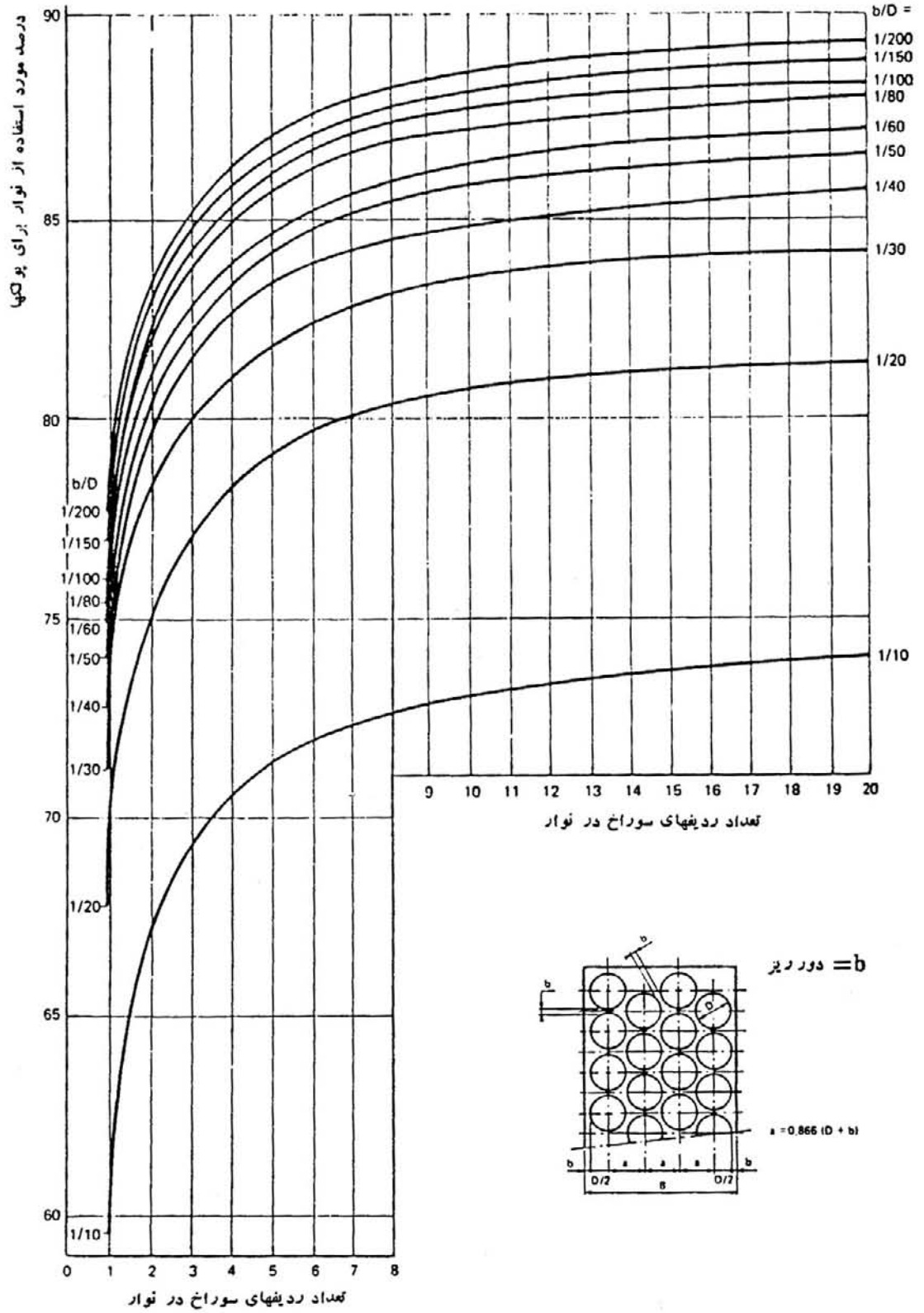
(*) بزرگترین مقدار انتخاب شود.



برش و سوراخکاری

درصد استفاده از سطح نوار
نسبت به تعداد سنبه‌ها در مواقعی که برش به صورت زیگزاگ انجام می‌شود

A3

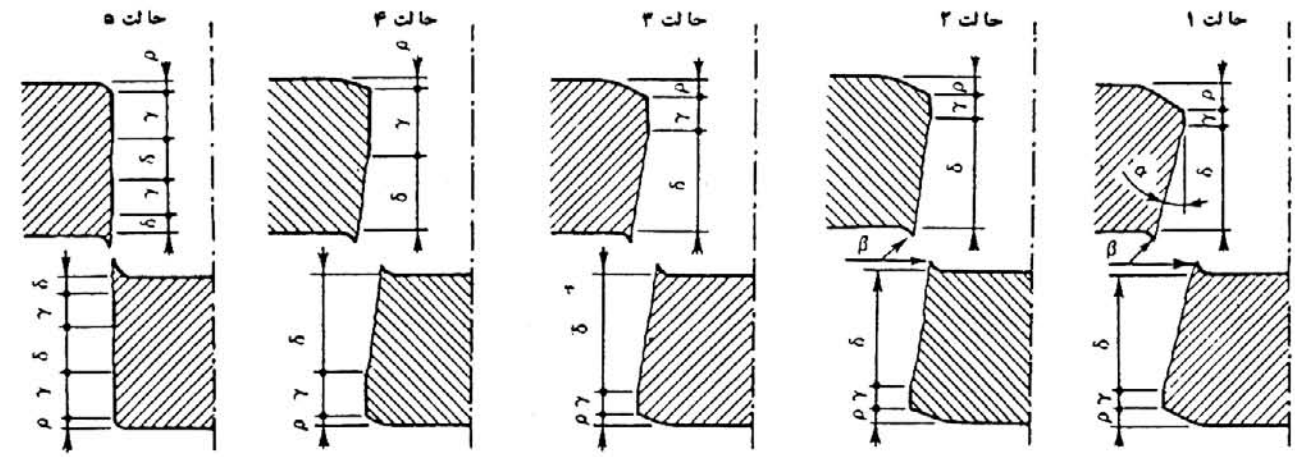


مثال نمونه: تعداد ردیفهای سوراخ در نوار: ۳ ردیف

دور ریز: $b=\frac{1}{20}D$ ⇐ درصد نوار استفاده شده: ٪۷۷

برش و سوراخکاری

اثر لقی برش در لبهٔ سوراخ



(۱) تقریباً نفوذ سنبه قبل از شکست $=\rho+\gamma$
(۲) γ می‌تواند کوچك و نامنظم و یا حتی وجود نداشته باشد
(۳) با اثرات ثانوی قیچی شدن
(۴) دو قسمت صیقلی که با یك نوار شکست از هم جدا شده‌اند
(۵) با سطح ناهموار
(۶) دو قسمت کنده شده با یك نوار صیقلی از هم جدا شده‌اند

علائم:
α = زاویهٔ شکست
ρ = شعاع برش
γ = قسمت صیقلی
δ = قسمت کنده شده
β = پلیه

لقی بین سنبه و ماتریس برای فلزات مختلف در پنج حالتی که در بالا آمده است

جنس ورق فلز	لقی شعاعی (یکطرفه) بر حسب درصدی از ضخامت فلز				
	حالت ۱	حالت ۲	حالت ۳	حالت ۴	حالت ۵
فولاد کم کربن	حداکثر ۲۱	۱۱٫۵ تا ۱۲٫۵	۸ تا ۱۰	۵ تا ۷	۱ تا ۲
فولاد پر کربن	حداکثر ۲۵	۱۷ تا ۱۹	۱۴ تا ۱۶	۱۱ تا ۱۳	۲٫۵ تا ۵
فولاد ضدزنگ	حداکثر ۲۳	۱۲٫۵ تا ۱۳٫۵	۹ تا ۱۱	۳ تا ۵	۱ تا ۲
آلیاژ آلومینیم					
مقاومت کششی $R_t < 23 daN/mm^2$	حداکثر ۱۷	۸ تا ۱۰	۶ تا ۸	۲ تا ۴	۰٫۵ تا ۱
مقاومت کششی $R_t > 23 daN/mm^2$	حداکثر ۲۰	۱۲٫۵ تا ۱۴	۹ تا ۱۰	۵ تا ۶	۰٫۵ تا ۱
برنج تابانده شده	حداکثر ۲۱	۸ تا ۱۰	۶ تا ۸	۲ تا ۳	۰٫۵ تا ۱
برنج نیمسخت	حداکثر ۲۴	۹ تا ۱۱	۶ تا ۸	۳ تا ۵	۰٫۵ تا ۱٫۵
فسفر برنز	حداکثر ۲۵	۱۲٫۵ تا ۱۳٫۵	۱۰ تا ۱۲	۳٫۵ تا ۵	۱٫۵ تا ۲٫۵
مس تابانده شده	حداکثر ۲۵	۸ تا ۱۰	۵ تا ۷	۲ تا ۴	۰٫۵ تا ۱
مس نیم سخت	حداکثر ۲۵	۹ تا ۱۱	۶ تا ۸	۳ تا ۵	۱ تا ۲
سرب	حداکثر ۲۲	۸ تا ۱۰	۶٫۵ تا ۷٫۵	۴ تا ۶	۱٫۵ تا ۲٫۵
آلیاژ منیزیم	حداکثر ۱۶	۵ تا ۷	۳٫۵ تا ۴٫۵	۱٫۵ تا ۲٫۵	۰٫۵ تا ۱

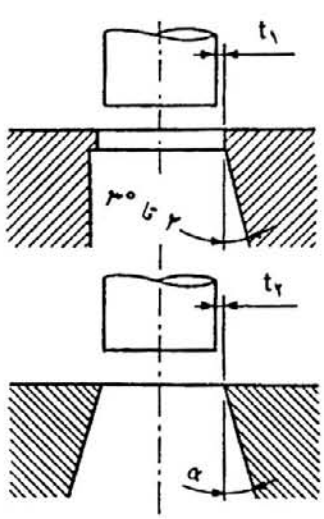
برش و سوراخکاری

لقی برش توصیه شده برای مقاومتهای برشی وضخامتهای مختلف ورقها

A5

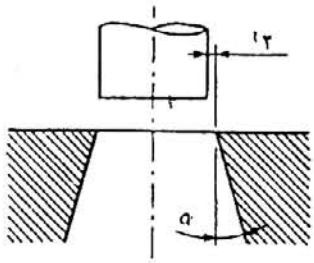
ضخامت ورق به میلیمتر	لقی برش (mm)							
	t_1				t_2			
	$R_c<25$	$25<R_c<40$	$40<R_c<60$	$R_c>60$	$R_c<25$	$25<R_c<40$	$40<R_c<60$	$R_c>60$
۰,۱	۰,۰۰۳	۰,۰۰۴	۰,۰۰۵	۰,۰۰۶	۰,۰۰۲	۰,۰۰۳	۰,۰۰۴	۰,۰۰۵
۰,۲	۰,۰۰۶	۰,۰۰۸	۰,۰۱۰	۰,۰۱۲	۰,۰۰۳	۰,۰۰۵	۰,۰۰۷	۰,۰۱
۰,۳	۰,۰۰۹	۰,۰۱۲	۰,۰۱۵	۰,۰۱۸	۰,۰۰۵	۰,۰۰۸	۰,۰۱۱	۰,۰۱۵
۰,۴ ۰,۵ ۰,۶	۰,۰۱۵	۰,۰۲	۰,۰۲۵	۰,۰۳	۰,۰۱	۰,۰۱۵	۰,۰۲	۰,۰۲۵
۰,۷ ۰,۸	۰,۰۲۵	۰,۰۳	۰,۰۴	۰,۰۵	۰,۰۱۵	۰,۰۲	۰,۰۳	۰,۰۴
۰,۹ ۱	۰,۰۳	۰,۰۴	۰,۰۵	۰,۰۶	۰,۰۲	۰,۰۳	۰,۰۴	۰,۰۵
۱,۵	۰,۰۵	۰,۰۶	۰,۰۸	۰,۰۹				
۲		۰,۰۸	۰,۱۰	۰,۱۲				
۲,۵	۰,۰۸	۰,۱۰	۰,۱۳	۰,۱۵				
۳		۰,۱۲	۰,۱۵	۰,۱۸				
۳,۵	۰,۱۰	۰,۱۴	۰,۱۸	۰,۲۱				
۴	۰,۱۲	۰,۱۶	۰,۲۰	۰,۲۴				
۴,۵	۰,۱۴	۰,۱۸	۰,۲۲	۰,۲۷				
۵	۰,۱۶	۰,۲۰	۰,۲۵	۰,۳۰				

R_c = مقاومت (تنش) برشی ($=0/8R_t$ تنش کششی) برحسب daN/mm^2



برش و سوراخکاری

زاویهٔ آزاد توصیه شده برای ماتریسها
(ماتریسهای مخروطی بدون قسمت استوانه‌ای شکل)



ورق نازك ($e \leqslant 1mm$)، $\alpha \simeq 15'$ تا $8'$

ورق ضخیم‌تر ($e > 1mm$)، $\alpha \simeq 45'$ تا $30'$

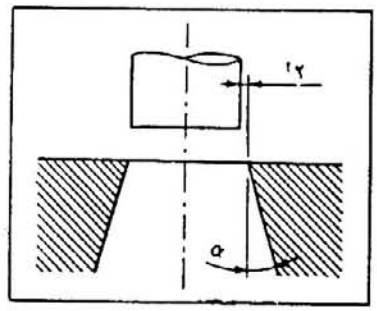
درصورتی‌که فلز نرم باشد، مقادیر حداکثر انتخاب شوند.

برش و سوراخکاری

اثر کفگیری ماتریسهای مخروطی روی ازدیاد لقی

عمق کفگیری (mm)	ازدیاد لقی (*) (mm)				
	$\alpha=8'$	$\alpha=15'$	$\alpha=30'$	$\alpha=45'$	$\alpha=60'$
۲	۰,۰۰۵	۰,۰۰۹	۰,۰۱۷	۰,۰۲۶	۰,۰۳۵
۴	۰,۰۰۹	۰,۰۱۷	۰,۰۳۵	۰,۰۵۲	۰,۰۷۰
۶	۰,۰۱۴	۰,۰۲۶	۰,۰۵۲	۰,۰۷۹	۰,۱۰۵

(*) ازدیاد لقی = عمق کفگیری × تانژانت α

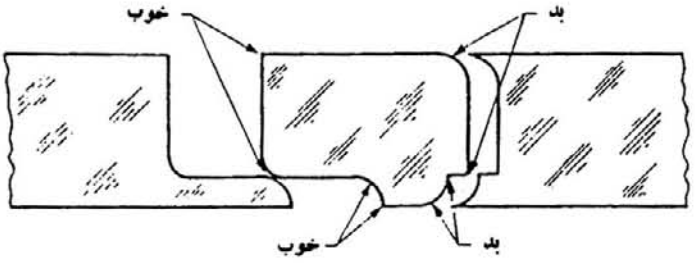


برش و کشش

فرمهای توصیه شده برای برشهای طولی

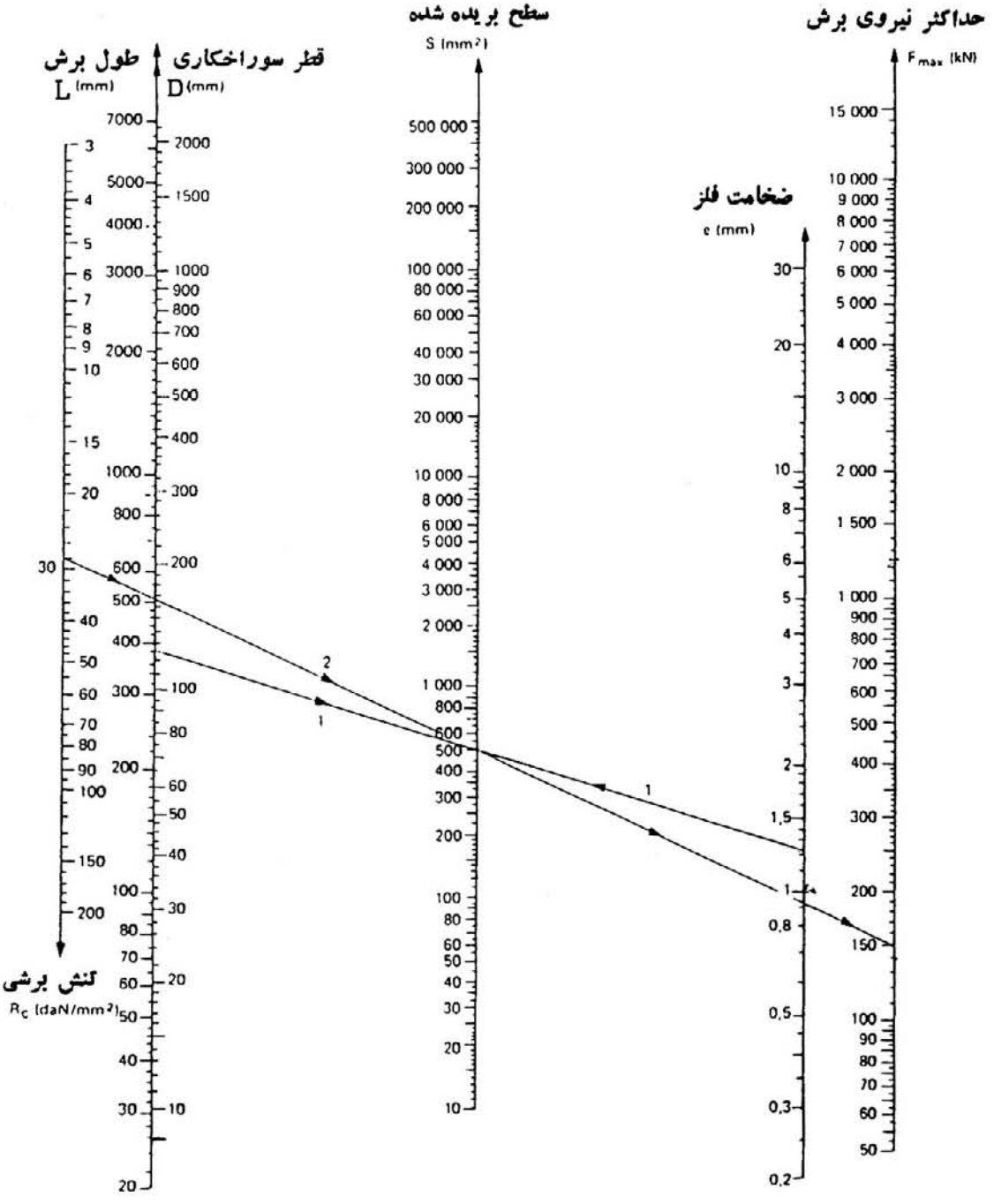
A8

$$r \geq 0{,}75u$$



برش و سوراخکاری

نیروی برش نسبت به‌سطح بریده شده و تنش برشی فلز



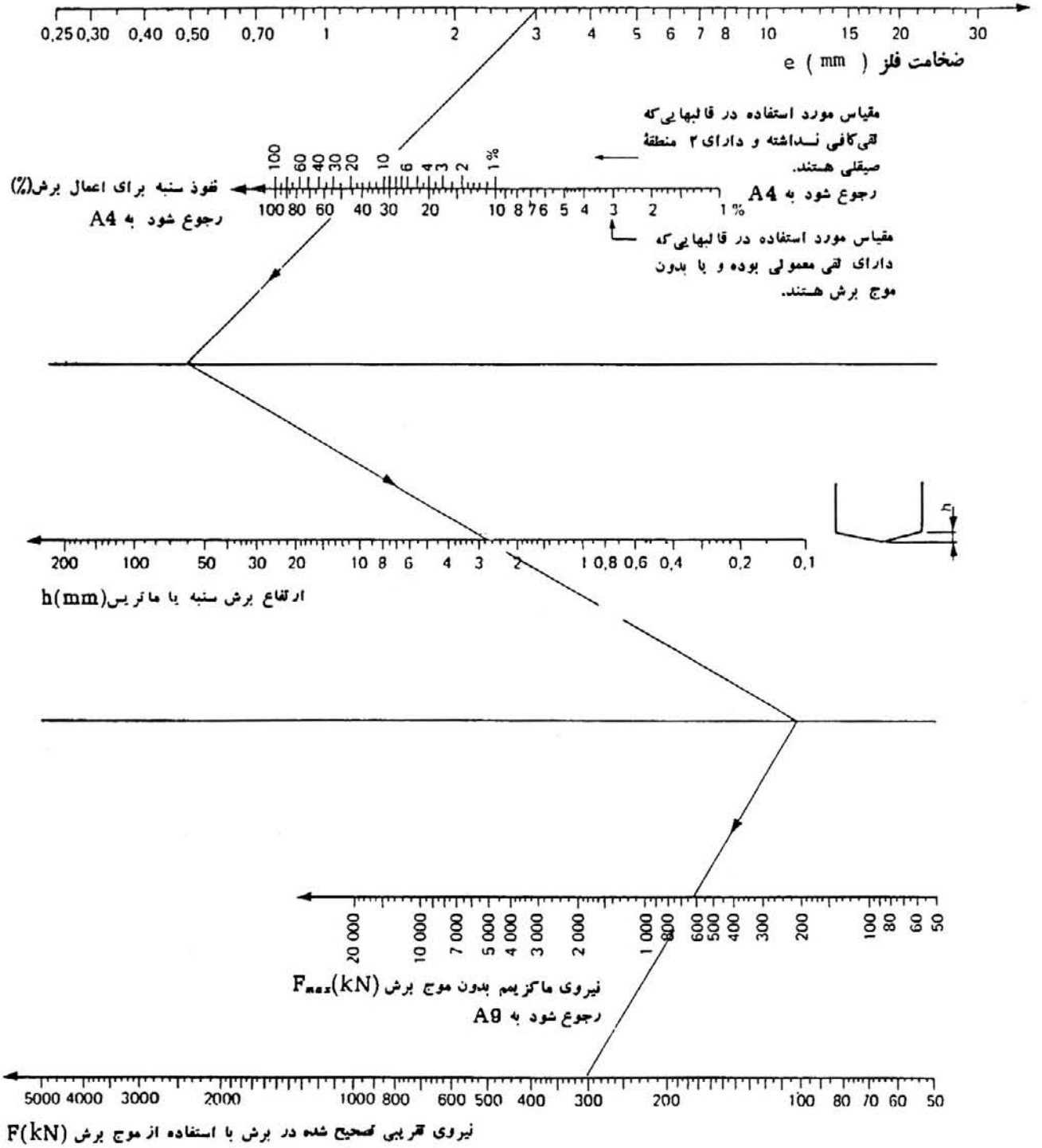
مثال نمونه:

داده‌ها: $L = ۳۹۰$ mm; $e = ۱,۲۵$ mm $\Rightarrow$ $S = ۵۰۰$ mm² (خط ۱)

داده‌ها: $R_c = ۲۸$ daN/mm²; $S = ۵۰۰$ mm² $\Rightarrow$ $F_{max} = ۱۵۰$ kN (خط ۲)

برش و سوراخکاری

اثر زاویهٔ برش (موج برش) روی نیروی برش



مثال نمونه:

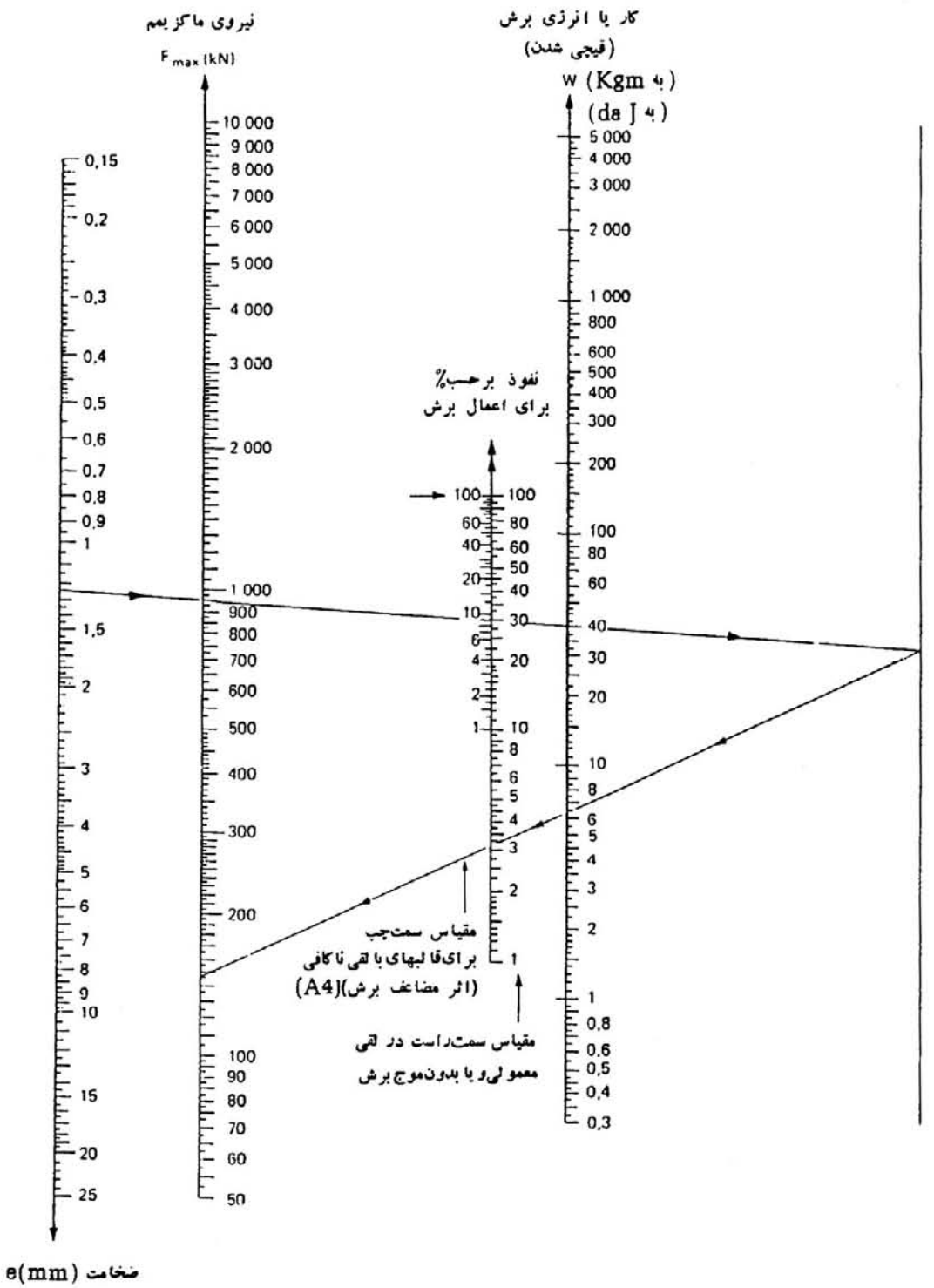
داده‌ها: $e = 3$ mm ، مقدار نفوذ (قالب با لقی معمولی):

$F_{max}=630$kN ، $h=2.5$ mm ، %۴۰ $\Rightarrow$ $F=300$kN

برش و سوراخکاری

انرژی لازم در برش

A11



مثال نمونه:

داده‌ها: $F_{max}=۱۵۰\ kN$، نفوذ: ٪۳۰، $e=۱،۲۵mm$ $\Rightarrow$ $W=۶،۲\ kgm=۶۲\ J$

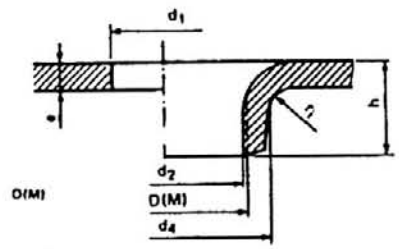
سوراخکاری و لب‌برگردان

لب‌برگردان یك سوراخ به منظور قلاویزکاری، قطر سوراخکاری

B1

قطر سوراخکاری d_1 نسبت به قطر مورد قلاویزکاری و ضخامت ورق

قطر سوراخکاری d_1 ، میلیمتر									h/e	e (mm)
M۱۰	M۷	M۶	M۵	M۴	M۳.۵	M۳	M۲.۵	M۲		
								۱.۱	۲	۰.۵
							۱.۴	۱.۳ ۱.۱ ۰.۸	۱.۶ ۱.۸ ۲	۰.۶
						۱.۹	۱.۸ ۱.۵ ۱.۲	۱.۳ ۱.۰	۱.۶ ۱.۸ ۲	۰.۸
				۲.۳	۲.۶ ۲.۳ ۱.۸	۲.۲ ۱.۹ ۱.۴	۱.۶ ۱.۲	۱.۱	۱.۶ ۱.۸ ۲	۱
			۳	۲.۷ ۲.۳ ۱.۵	۲.۳ ۱.۹	۲ ۱.۵			۱.۶ ۱.۸ ۲	۱.۲
		۳.۶	۳.۵ ۳ ۲.۵	۲.۵ ۱.۸	۲.۱	۱.۷			۱.۶ ۱.۸ ۲	۱.۵
	۴.۶	۴.۲ ۳.۶ ۲.۵	۳.۴ ۲.۷	۲.۳					۱.۶ ۱.۸ ۲	۲
۵.۶	۵.۷ ۴.۹ ۴.۶	۴ ۳	۳.۱						۱.۶ ۱.۸ ۲	۲.۵
۶.۹ ۵.۸ ۵	۵.۱ ۴.۹	۴.۳							۱.۶ ۱.۸ ۲	۳
۶.۸ ۵.۳	۵								۱.۶ ۱.۸ ۲	۴



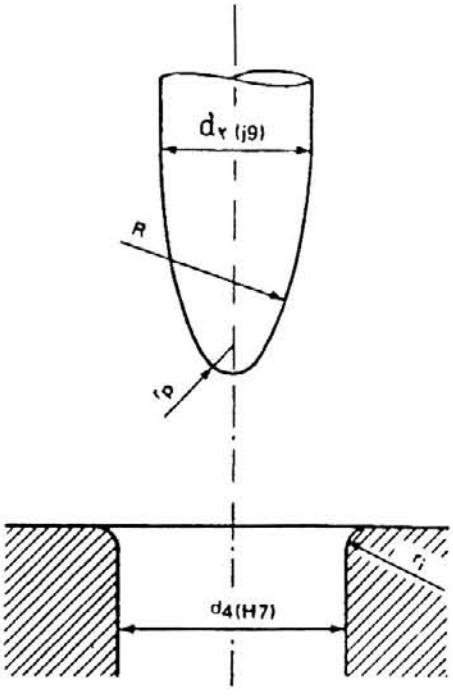
قطر خارجی لبهٔ d_2 و تعداد دندهٔ مفید N_f نسبت به ضخامت (برای موادی که ازدیاد طول در حد گسیختگی آنان حداقل برابر با A% است)

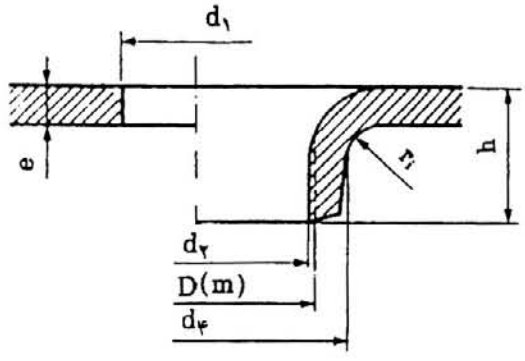
M۱۰			M۸			M۶			M۵			M۴			M۳.۵			M۳			M۲.۵			M۲			e≈		
۱.۵			۱.۲۵			۱			۰.۸			۰.۷						۰.۵			۰.۳۵			۰.۳			≈۴		
۸.۶			۶.۸۵			۵.۱			۴.۲۵			۳.۳۵			۲.۹۵			۲.۵۵			۲.۱			۱.۶۵			d_2(mm)		
N_f	A%	d_1 (mm)	N_f	A%	d_1 (mm)	N_f	A%	d_1 (mm)	N_f	A%	d_1 (mm)	N_f	A%	d_1 (mm)	N_f	A%	d_1 (mm)	N_f	A%	d_1 (mm)	N_f	A%	d_1 (mm)	N_f	A%	d_1 (mm)	h (mm)	h/e	e (mm)
																								۲.۱	۴۰	۲.۲۳	۱	۲	۰.۵
																								۲ ۲.۳ ۲.۷	۱۲ ۲۴ ۴۸	۲.۱۸ ۲.۲۴ ۲.۳	۱ ۱.۱۲ ۱.۲۵	۱.۶ ۱.۸ ۲	۰.۶
																					۲.۳	۳۸	۲.۸	۲.۲ ۲.۶ ۳	۱۳ ۲۶ ۵۰	۲.۷ ۲.۸ ۲.۹	۲.۵ ۲.۹ ۳.۳	۱۶ ۳۲ ۶۳	۲.۱۸ ۲.۳ ۲.۴	۱.۲۵ ۱.۴ ۱.۶	۱.۶ ۱.۸ ۲	۰.۸
																		۲.۷	۴۲	۳.۳۸									
												۲.۴	۴۰	۴.۳۶	۲.۲ ۲.۵ ۲.۸	۱۲ ۲۲ ۴۵	۳.۷۵ ۳.۸۶ ۴.۰	۲.۶ ۳ ۳.۴	۱۳ ۲۶ ۵۳	۳.۲۵ ۳.۳۸ ۳.۵	۲.۹ ۳.۳ ۳.۸	۱۶ ۳۲ ۶۳	۲.۸ ۲.۹ ۳.۰	۳.۲ ۳.۷ ۴.۲	۲۰ ۴۰ ۸۰	۲.۳ ۲.۴ ۲.۵	۱.۶ ۱.۸ ۲	۱.۶ ۱.۸ ۲	۱
									۲.۷	۳۸	۵.۶۰	۲.۳ ۲.۷ ۳	۱۲ ۲۴ ۳۸	۳.۳۵ ۴.۵ ۴.۶۵	۲.۷ ۳.۱ ۳.۵	۱۴ ۲۷ ۵۵	۳.۸۶ ۴.۰ ۴.۱۵	۳.۳ ۳.۷ ۴.۳	۱۶ ۳۲ ۶۳	۳.۳۸ ۳.۵ ۳.۶۵	۳.۶ ۴.۲	۱۹ ۳۸	۲.۹ ۳.۰				۲ ۲.۲۳ ۲.۵	۱.۶ ۱.۸ ۲	۱.۲
						۲.۵ ۲.۹ ۳.۲	۱۲ ۲۴ ۴۸	۵.۳۵ ۵.۶ ۵.۷۵	۲.۵ ۲.۷ ۳.۲	۱۲ ۲۴ ۴۸	۵.۳۵ ۵.۷۵ ۶.۰	۲.۹ ۳.۳ ۳.۶	۱۵ ۳۰ ۶۰	۴.۳۶ ۴.۶۵ ۴.۷۵	۳.۴ ۳.۹	۱۷ ۳۴	۴.۰ ۴.۱۵	۴.۱ ۴.۷	۲۰ ۴۰	۳.۵ ۳.۶۵							۲.۵ ۲.۸ ۳	۱.۶ ۱.۸ ۲	۱.۵
			۲.۷	۳۰	۸.۹۵	۲.۵ ۲.۹ ۳.۴	۱۳ ۲۶ ۵۳	۶.۵ ۶.۷۵ ۷.۰	۳.۲ ۳.۷ ۴.۲	۱۶ ۳۲ ۶۳	۵.۵۳ ۵.۷۵ ۶.۰	۳.۶ ۴.۲	۲۰ ۴۰	۴.۵۶ ۴.۷۸												۳.۱۵ ۳.۵۵ ۴	۱.۶ ۱.۸ ۲	۲
۲.۸	۴۰	۱۱.۲	۲.۶ ۳ ۳.۳	۱۲ ۲۵ ۵۰	۸.۶۵ ۸.۹۵ ۹.۲۵	۳.۲ ۳.۷ ۴.۲	۱۶ ۳۴ ۶۶	۶.۷ ۷.۰ ۷.۳	۴.۱ ۴.۷	۲۰ ۴۰	۵.۷۵ ۶.۰																۴ ۴.۵ ۵	۱.۶ ۱.۸ ۲	۲.۵
۲.۷ ۳.۱ ۳.۴	۱۲ ۲۴ ۴۸	۱۰.۹ ۱۱.۲۵ ۱۱.۵	۳.۳ ۳.۷ ۴.۱	۱۵ ۳۰ ۶۰	۸.۹۵ ۹.۳ ۹.۵	۴.۱ ۴.۷	۲۰ ۴۰	۷.۰ ۷.۳																		۵ ۵.۶ ۶	۱.۶ ۱.۸ ۲	۳
۳.۴ ۳.۹ ۴.۵	۱۶ ۳۲ ۶۳	۱۱.۱ ۱۱.۵۵ ۱۲	۴.۱ ۴.۹	۲۰ ۴۰	۹.۱۵ ۹.۶																						۶.۳ ۷ ۸	۱.۶ ۱.۸ ۲	۴

سوراخکاری و لب‌برگردان

شکلهای توصیه شده برای سنبه‌های لب‌برگردان‌کن

اشکال‌توصیه شده بنا بر نرم DIN ۷۹۵۲



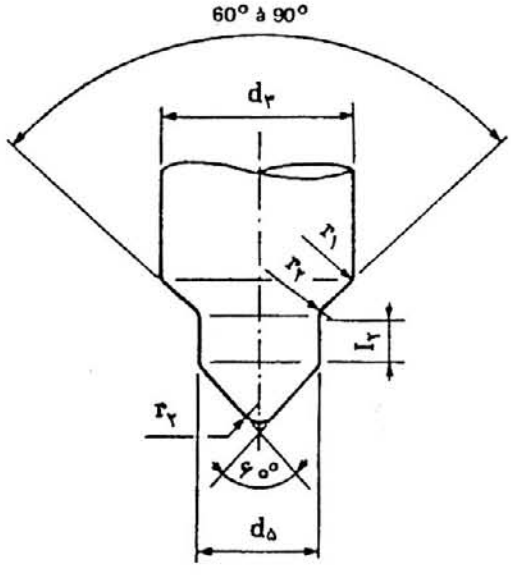


$R = ۲d_۲$

$r_p = ۰/۳d_۲$

$r_۱ = \frac{۱۵e}{A\%}$

سنبه با نوك محدب برای هم مرکزکردن، شکل توصیه شده طبق نرم VDI ۳۳۵۹



$d_۳ = ۰/۰۵ + d_۲$ تا $۰/۰۱ + d_۲$

$d_۵ = d_۱ - ۰/۰۳e$

$l_۲ = ۰/۳ + ۰/۱d_۲$

$r_۱ = ۰/۲۲۵d_۲$

$r_۲ = ۰/۱d_۲$

C1

خمکاری V شکل

شعاع توصیه شده در زاویهٔ خم

مواد		حالت	ضخامت ماکزیمم (mm)	حداقل شعاع
آلیاژهای آلومینیم	AlCuMg (A-U 2 G)	نرم	۲	۱ تا ۳e
		تا بانده	۳	۲,۵ تا ۳e
	AlMgSi (A-GS)	نرم	۱,۲	۰,۸ تا ۱,۲e
		آبداده	۲,۵	۲ تا ۲,۵e
		تا بانده	۳.۵	۲,۵ تا ۳,۵e
	AlMg (AG 06)	نرم	۲	۱ تا ۲e
		نیم‌سخت	۳	۲ تا ۳e
	AlMn (A-Mi)	نرم	۱,۲	۰,۸ تا ۱,۲e
		سخت	۳	۲ تا ۳e
آلیاژهای منیزیم		خم‌شده درحالت سرد	۱۰	۴ تا ۱۰e
		خم‌شده درحالت گرم	۲	>۲e
آلومینیم		نرم	۱	۰,۳ تا ۱e
		سخت	۲	۱ تا ۲e

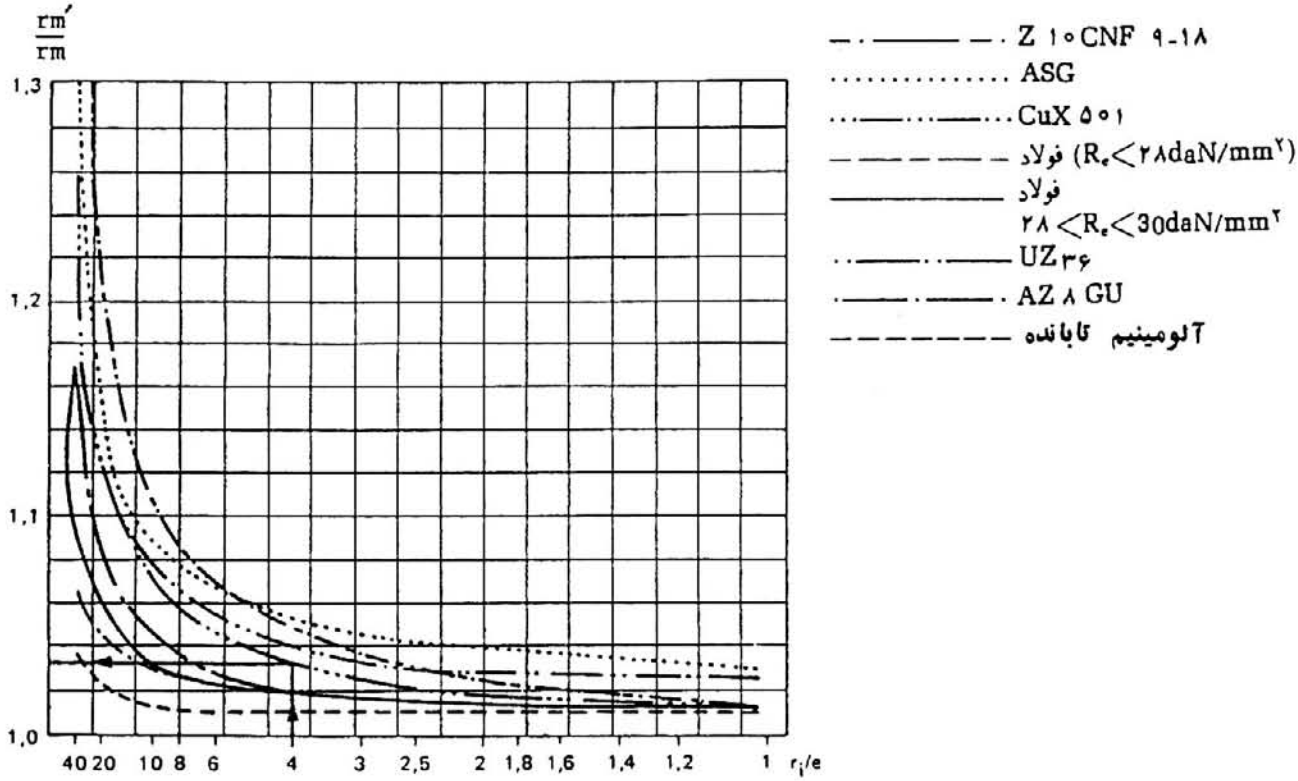
ضخامت (mm)	شعاع حداقل (mm)			
	برنج		ورق آهن	
	نرم	سخت	نوع کششی	نوع معمولی (متداول)
۱	۰,۲	۰,۳	۰,۵	۰,۶
۱,۵	۰,۲۵	۰,۴	۰,۷۵	۰,۸
۲	۰,۳	۰,۶	۱	۱,۲
۲,۵	۰,۴	۰,۸	۱,۲۵	۱,۵
۳	۰,۵	۱	۱,۵	۱,۸
۳,۵	۰,۶	۱,۲۵	۱,۷۵	۲,۱
۴	۰,۷	۱,۵	۲	۲,۶
۴,۵	۰,۸	۱,۷۵	۲,۲۵	۳

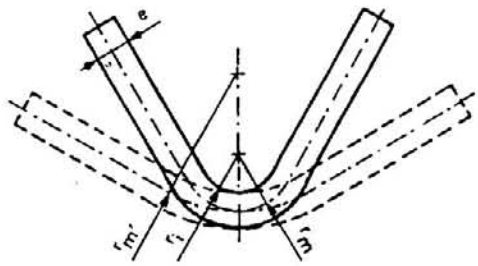
آلیاژهای تیتان	T35 تا بانده	T40 تا بانده	T50 تا بانده	T60 تا بانده	TA5E تا بانده	TU2 تا بانده	TA8DV تا بانده	TA6V تا بانده	TA6V6E2 تا بانده	TV13CA آبداده
شعاع خمکاری حداقل در ۱۸۰°	۱,۵e	۱,۵e	۲e	۲e	۴e	۲e	۴e	۴e	۳e	۳e
شعاع خمش	۰,۵ تا ۱e	۲e	۲e	۲,۵ تا ۳e	—	—	—	—	—	—

خمکاری V شکل

برگشت فنری ورق خم شده به‌شکل V (بدون اعمال ضربه روی شعاع)

C2





مثال نمونه:

داده‌ها: $r_m = 9mm$ ، $e = 2mm$ ، $r_i = 8mm$ CuX×501

نتایج: $\frac{r_i}{e} = \frac{8}{2} = 4 \Rightarrow \frac{r'_m}{r_m} = 1,03 \Rightarrow r'_m = 1,03 \times 9 = 9,27mm$

خمکاری V شکل

برگشت فنری ورقهای خم شده به شکل V از جنس آلیاژهای آلومینیم و فولاد ضدزنگ

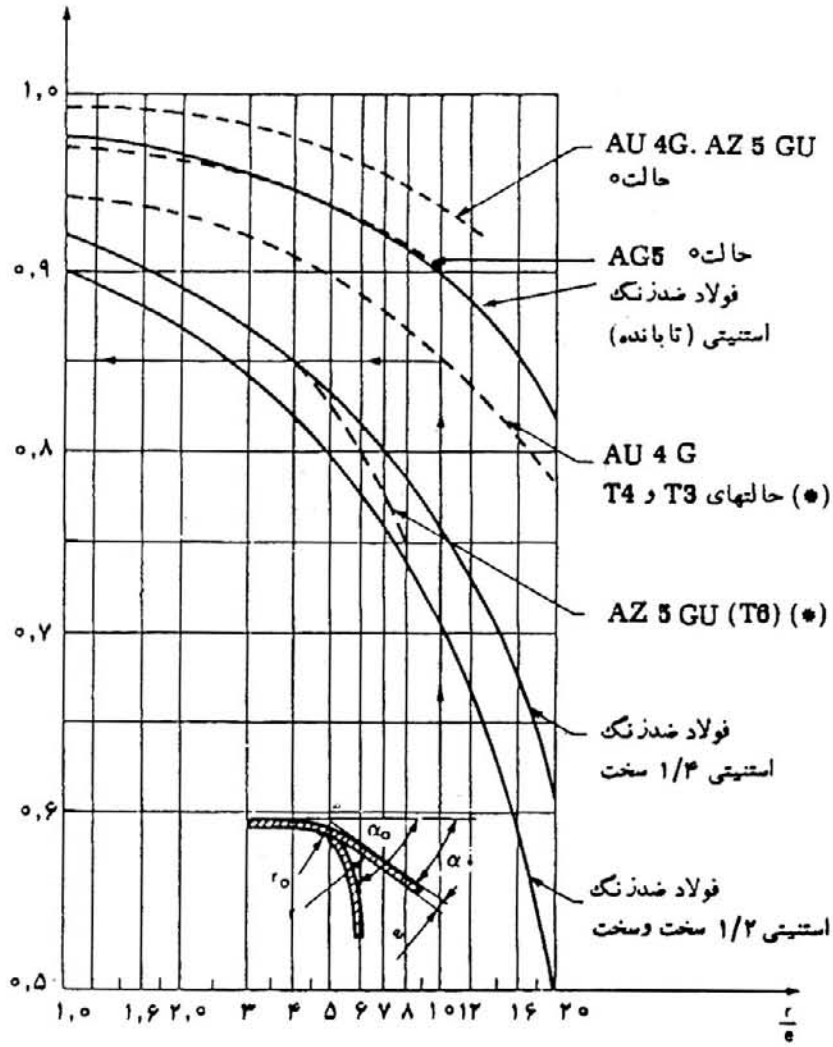
C3

ضریب K

$$K=\frac{\alpha}{\alpha_0}=\frac{r_0+e/2}{r+e/2}$$

نسبت بین شکل قطعهٔ خم شده به‌شکل قالب (ضریب K) بستگی به حالت فلز دارد

r_0 = شعاع قالب
r = شعاع قطعه
a_0 = زاویهٔ قالب
a = زاویهٔ قطعه
e = ضخامت فلز (mm)



مثال نمونه:

داده‌ها: $r=20mm$; $\alpha=30°$ $e=2mm$; ماده: AU4G (حالت T3)

نتایج:

$$\frac{r}{e}=\frac{20}{2}=10\Rightarrow \boxed{K=0,85}$$

$$K=\frac{r_0+\frac{e}{2}}{r+\frac{e}{2}}\Rightarrow r_0=K\left(r+\frac{e}{2}\right)-\frac{e}{2}\Rightarrow \boxed{r_0=0,85\left(20+\frac{2}{2}\right)-\frac{2}{2}\simeq 17mm}$$

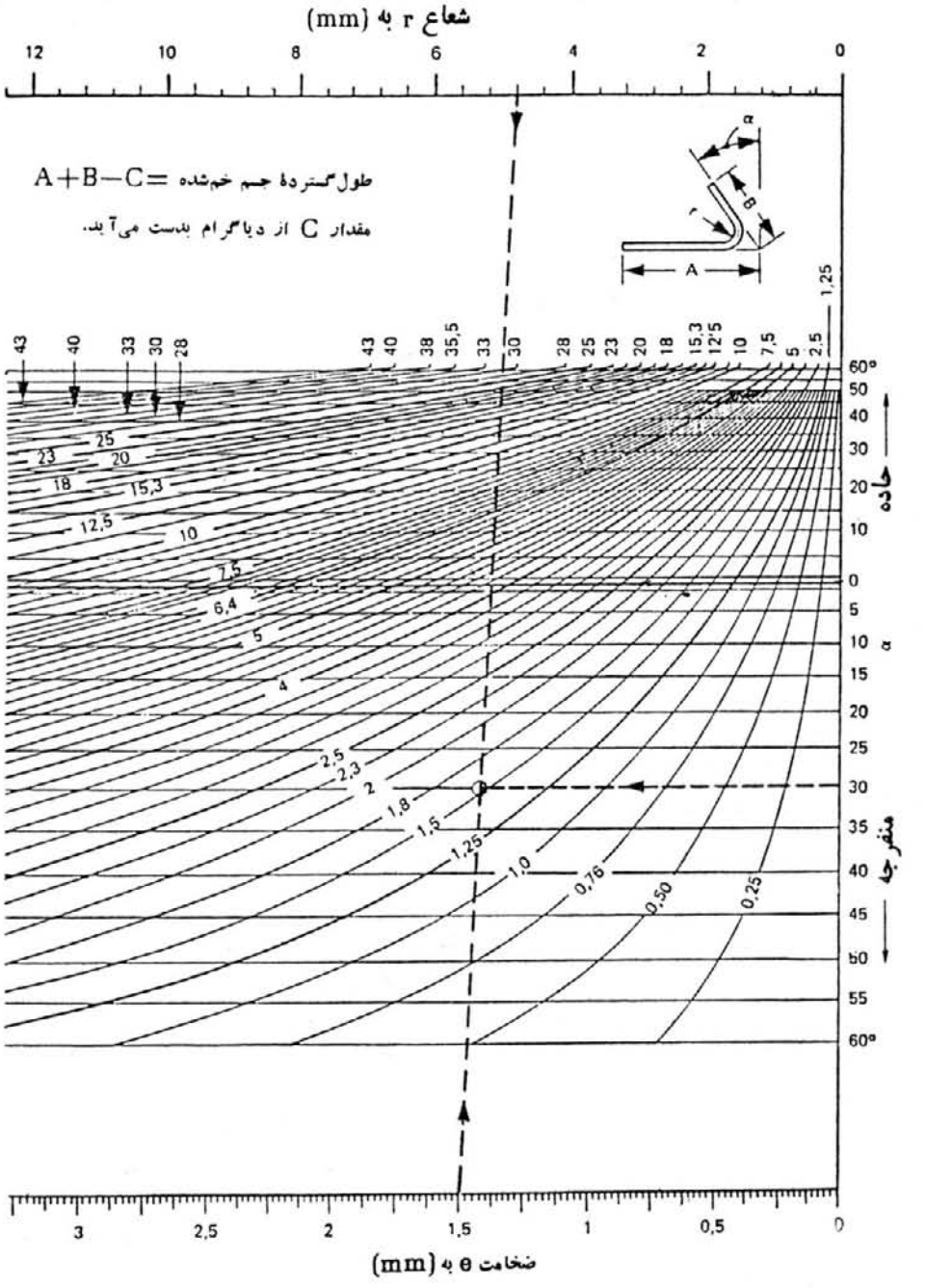
$$K=\frac{\alpha}{\alpha_0}\Rightarrow\alpha_0=\frac{\alpha}{K}\Rightarrow\alpha_0=\frac{30}{0,85}\Rightarrow \boxed{\alpha_0=35°}$$

(*) T = برگشت شده
T3 = برگشت شده درحمام وسردکار
T4 = برگشت شده و به طور طبیعی تنش‌گیری شده
T6 = برگشت شده و به‌طور مصنوعی تنش‌گیری شده

خمکاری V شکل

تعیین طول گستردهٔ یك جسم خم‌شده

C4



مثال نمونه:

داده‌ها:

شعاع خمکاری: $r=5mm$، زاویهٔ خمکاری: (منفرجه) $\alpha=30°$، ضخامت ورق: $e=1,5mm$

نتیجه:

مقدار C از منحنی واقع در تقاطع خطی که مقادیر r و e و خط افقی ماربر α را متصل می‌سازد به‌دست می‌آید: $C=1,5\ mm$