

General information and edge radius

برای رسیدن به نتیجه مطلوب در حین شکل دهی سرد ورق های Durostat با سختی های 400، 450 و 500 برینل باید به برخی نکات مهم توجه نمود. شرط لازم برای شکل دهی سرد این ورق ها آماده سازی لبه های برش می باشد. سنگ زنی و یا برش لبه ها با مشعل برای ناحیه خم توصیه می شود. با توجه به سختی بالای ورق ها خم باید آهسته و بصورت پیوسته انجام شود.

DUROSTAT®	Hardness [HB]	Standard values(*)			
		Hardness [HB]	Yield strength R _{p0.2} [MPa]	Tensile strength R _m [MPa]	Fracture Elongation A ₅ [%]
400	360 - 440	400	1,000	1,250	10
450	410 - 490	450	1,100	1,400	9
500	460 - 540	500	1,200	1,550	8
B2	Approx. 500	200	400	650	20

(**) نمونه مقادیر داده شده برای ورق با ضخامت 20 mm

DUROSTAT®	Plate thickness [mm]	Notch impact energy (*) Av [Joule] min. -40 °C	Edging radii Ri min. at 90° edging (s=plate thickness) Position of the bending edge to the rolling direction	
			Longitudinal	Transverse
Guaranteed values				
400	8 ≤ 30	30	-	-
Standard values				
400	-	50	4s	3s
450	-	30	5s	4s
500	-	20	5s	4s

(***) نمونه مقادیر داده شده در آزمون ضربه پذیری برای نمونه هایی با ضخامت 20 mm می باشد.

برای انجام تست خم پذیری مواردی همچون نوع ورق، دستگاه مورد استفاده و نحوه انجام فرآیند بر نتیجه بدست آمده تاثیر دارند که هریک از این موارد خود شامل پارامترهای مختلفی هستند.

در جدول زیر دماهای فرم دهی داغ و عملیات حرارتی برای ورق عملیات حرارت پذیر B2 داده شده است.

DUROSTAT®	Hot forming [°C]	Quenching & Tempering in	
		Water [°C]	Oil [°C]
B2	1100-800	870-900	900-930

1. ورق (Plate)

- نوع ورق فولادی (Steel Grade) با افزایش میزان استحکام ورق، نیروی مورد نیاز برای خم پذیری و همچنین میزان برگشت فنری ورق افزایش می یابد که در نتیجه آن شعاع پانچ نیز افزایش می یابد.
- جهت نورد ورق (Rolling Direction): جهت نورد ورق بر روی خواص بدست آمده پس از فرآیند خم پذیری تاثیر دارد چرا که در راستای عمود بر جهت نورد موقعیت ریزساختار مناسب تر بوده که در نتیجه آن خواصی همچون شکل پذیری ورق در راستای عمود بر جهت نورد افزایش می یابد.

- **ضخامت ورق Plate Thickness:** در حالت کلی برای خم کردن ورقی با ضخامت بیشتر نیاز به سنبه ای با شعاع بزرگتر می باشد.
- **لبه و سطح ورق (Edges):** سنگ زنی لبه های برش خورده ورق قبل از خم کردن ورق توصیه می شود که طول موردنیاز برای سنگ زنی لبه ورق از فرمول زیر محاسبه می شود. وجود نقص بر روی لبه ورق، در صورتی که تحت کشش قرار بگیرد می تواند باعث کاهش میزان خم پذیری گردد پس بهتر است قبل از خم کردن این نقص ها به کمک سمباده و یا دستگاه سنگ زنی برطرف گردد.

2. دستگاه TOOLS

- **شعاع سمبه (R) Punch Radius:** مهمترین پارامتر موثر بر خمکاری ورق می باشد که در جدول 1 مقادیر پیشنهاد داده شده برای خمکاری در جهت عمود و موازی با جهت نورد آورده شده است.
- **شعاع دهانه قالب (W) Die Width:** با افزایش میزان دهانه قالب نیروی خمش کاهش و نیروی عکس العمل افزایش می یابد. میزان شعاع دهانه قالب پیشنهاد داده شده برای هر ورق، در جدول زیر آورده شده است.

Steel Grade	W/t (Longitudinal)	W/t (Transverse)	Spring back
DUROSTAT 400	13	11	~ 10 °
DUROSTAT 450	15	13	~ 13 °
DUROSTAT 500	15	13	~ 16 °

میزان افزایش نیروی عکس العمل به پارامترهای زیر بستگی دارد :

$$L = [(R + t) \times \frac{\pi}{2}]$$

R: شعاع خمش (شعاع انحنا)

T: ضخامت ورق

- افزایش استحکام و یا سختی ورق
- افزایش شعاع دهانه قالب
- افزایش شعاع دستگاه پانچ

3. نحوه انجام فرآیند Procedure

- **اصطکاک Friction:** برای کاهش میزان اصطکاک میان ورق و لبه های قالب می توان از مفتولهای گرد که آزادانه قابل حرکت می باشند، استفاده نمود، همچنین با روغن کاری لبهای قالب می توان اصطکاک را تا حد زیادی کاهش داد.
- **نیروی خمش (F) Force:** نیروی مورد نیاز برای خمش به کمک فرمول زیر محاسبه می شود:

$$F = \left(\frac{t^2 \sigma_y}{4} \right) \left(\frac{t}{(lx - x^2)} \right) b$$

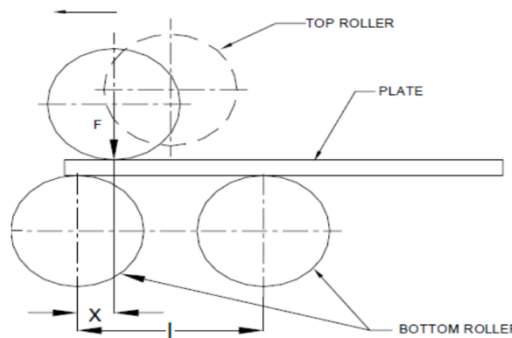
t: ضخامت ورق [mm]

σ_y : استحکام کششی ورق [MPa]

b: طول ورق [mm]

l: فاصله مرکز دو غلطک پایینی (اندازه دهانه پرس) [mm]

X: فاصله مرکز غلطک بالا و پائین



- زاویه خمش **Angle**: تاثیر زاویه خمش بر روی نیروی مورد نیاز نیروی عکس العمل کمتر از اثر پهناى دهانه قالب و نوع فولاد می باشد. مقدار بازگشت را میتوان با چند درجه بیشتر خم کردن جبران نمود.

