

**HARDOX®**  
WEAR PLATE

# UỐN THÉP HARDOX®



**SSAB**

## NỘI DUNG

Chuẩn bị trước khi uốn	4
Cân nhắc	5
Dụng cụ	5
Tình trạng dụng cụ	7
Độ ổn định của máy	7
Bù chống võng	7
Lực uốn	8
Độ hồi ngược	8
Khuyến nghị khi uốn	9
Thép tấm chịu mài mòn Hardox®, khuyến nghị khi uốn	10
Thép lá chịu mài mòn Hardox®, khuyến nghị khi uốn	11

# UỐN THÉP HARDOX®

Tài liệu này đưa ra các khuyến nghị về uốn thép tấm chịu mài mòn Hardox®. Tài liệu này mang tính chất hướng dẫn và đưa ra các đề xuất chung để đạt hiệu quả uốn tốt nhất.

Việc uốn thép tấm và thép lá cường độ cao hiếm khi được coi là công việc khó khăn. Tuy nhiên, có một số thông số nhất định phải được xem xét.

Vật liệu thép đầu vào có độ tinh khiết cao và ít tạp chất là yếu tố căn bản để thu được kết quả uốn tốt. Quy trình sản xuất hiện đại của SSAB giúp đạt được những tiêu chuẩn cao về chất lượng bề mặt, dung sai và đặc tính cơ học.

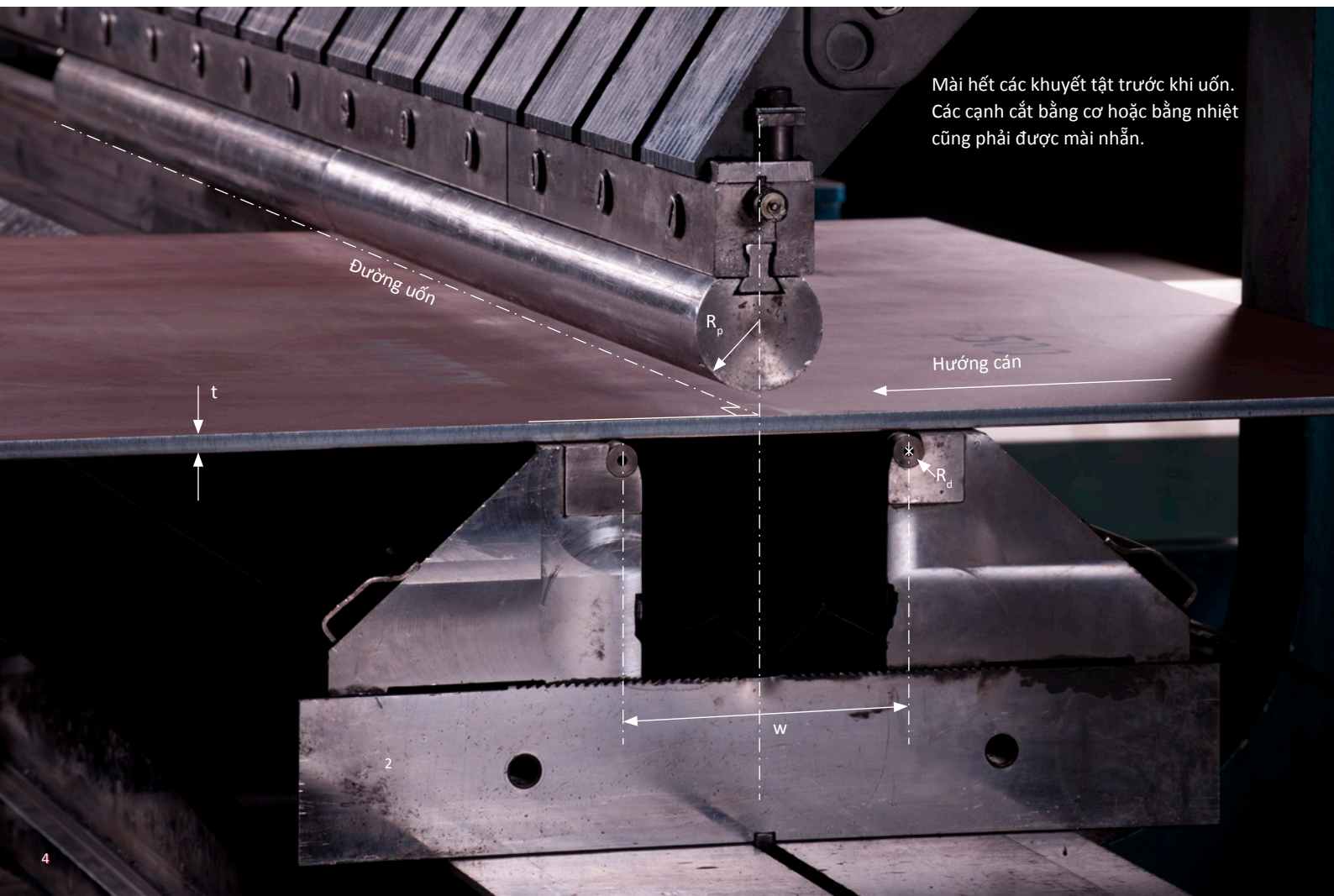
# CHUẨN BỊ TRƯỚC KHI UỐN

- Kiểm tra hướng cán của tấm thép. Nếu có thể, đặt hướng cán vuông góc với đường uốn. Theo chiều này, tấm thép có thể được uốn với góc uốn nhỏ hơn so với khi đường uốn song song với hướng cán. Xem Hình 1.
- Kiểm tra chất lượng bề mặt tấm thép. Hư hại trên bề mặt có thể làm giảm khả năng uốn nén vì nó có thể gây ra các vết nứt. Với những tấm thép dày, có thể loại bỏ các khiếm khuyết như vết trầy xước và rỉ sét bằng cách mài kỹ. Tốt hơn hết, đường mài nên nằm vuông góc với đường uốn.
- Các cạnh cắt bằng cơ hoặc bằng nhiệt nên được mài nhẵn và bo tròn bằng máy mài.
- Kiểm tra tình trạng dụng cụ.
- Để tránh hao mòn dụng cụ quá mức, dụng cụ được chọn phải cứng hơn chi tiết gia công.
- Kiểm tra xem các dụng cụ và thông số thiết lập dụng cụ đã phù hợp với những khuyến cáo đưa ra trong tài liệu này chưa.

HÌNH 1 Uốn vuông góc hướng cán.

Các cạnh của mép cối luôn phải cứng bằng hoặc cứng hơn tấm thép cần uốn để tránh làm hỏng cối quá mức cần thiết.

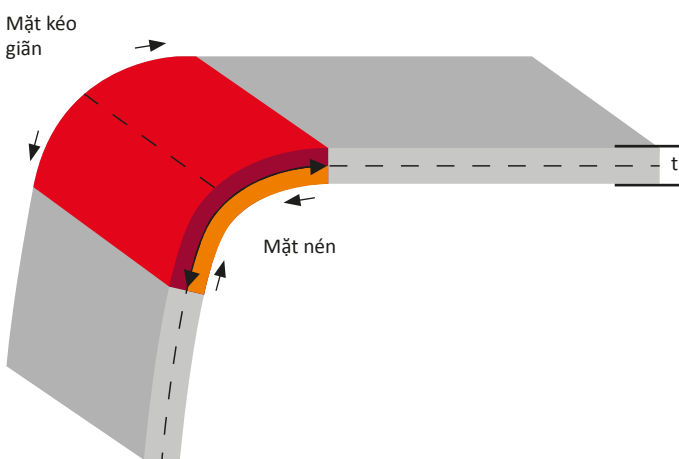
Để đạt được điều này, có một cách đơn giản là phay rãnh trên cạnh của mép cối và lắp các thanh thép tròn đã được làm cứng và bôi trơn vào các rãnh. Bán kính mép cối ít nhất phải bằng một nửa độ dày tấm thép.



## CÂN NHẮC

- Phải luôn thực hiện các biện pháp phòng ngừa và tuân thủ quy định an toàn lao động của địa phương. Chỉ những nhân sự đủ tiêu chuẩn mới được đứng cạnh hoặc đứng gần khu vực máy móc. Trong quá trình uốn thép cường độ cao, không ai được đứng ở phía trước máy chắn.
- Kiểm tra để đảm bảo chày và chi tiết gia công không chạm đáy ở trong cối.
- Cân nhắc độ hồi ngược. Tránh uốn lại để chỉnh sửa góc biên dạng. Các quy trình tạo hình trước đó có thể làm giảm đáng kể khả năng uốn của vật liệu.
- Lực uốn, độ hồi ngược và bán kính đầu chày tối thiểu được khuyến nghị nói chung sẽ tăng khi cường độ thép tăng.
- Trong nhiều sản phẩm thép tấm Hardox®, thông tin nhận dạng tấm thép được đóng dấu vuông góc với hướng cán. Tránh đặt vị trí dập nằm trong đường uốn vì sẽ có nguy cơ bị nứt.
- Việc làm sạch quá mức bằng phương pháp phun bi có thể tác động xấu tới khả năng uốn của sản phẩm. Các khuyến nghị dành cho sản phẩm thép tấm Hardox® dựa trên những bề mặt được làm sạch bằng phương pháp phun bi và sơn.
- Tốc độ biến dạng cao có thể làm tăng cục bộ nhiệt độ tại điểm uốn. Việc này có thể tác động xấu đến khả năng uốn nén của sản phẩm, đặc biệt với tấm thép có độ dày trên 20mm (0,787").
- Nếu có thể, hãy giảm tốc độ uốn để giảm chênh lệch nhiệt độ bên trong chi tiết gia công.

HÌNH 2 Uốn.



## DỤNG CỤ

### CHIỀU RỘNG CỐI

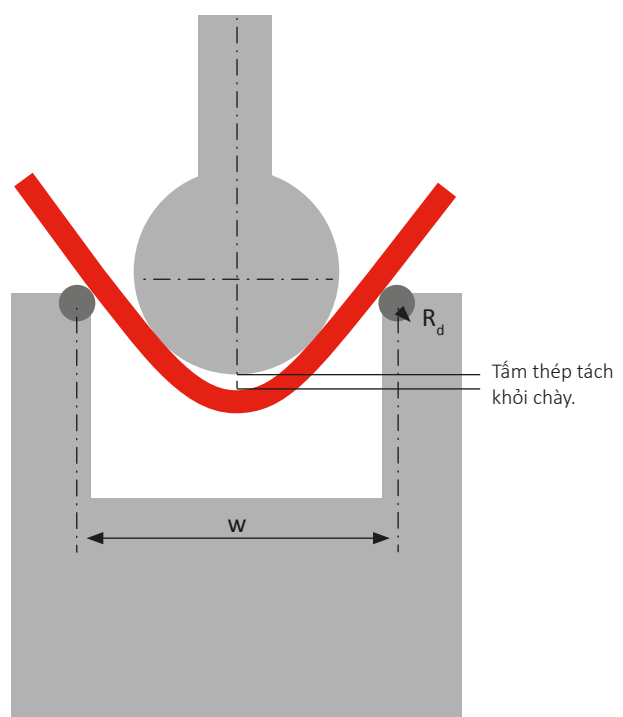
Độ hồi ngược tăng khi chiều rộng cối tăng, còn lực uốn cần thiết sẽ giảm. Hãy đảm bảo góc mở miệng cối cho phép uốn quá mức mà không chạm đáy để bù trừ độ hồi ngược. Trong nhiều trường hợp, việc tăng chiều rộng miệng cối có thể làm giảm mức độ biến dạng khi uốn. Ngoài ra, hãy đảm bảo có đủ chỗ cho chày được chọn và chi tiết gia công trong cối trong khi uốn mà không làm biến dạng cối. Chiều rộng miệng cối tối thiểu được khuyến nghị được trình bày trong Bảng 2 và 3.

Bán kính mép cối ít nhất phải bằng một nửa độ dày tấm thép. Nếu không, nên tăng chiều rộng cối để giảm thiểu áp lực lên mép cối, từ đó giảm nguy cơ tạo vết hàn do cối.

### CHÀY

Bên cạnh chiều rộng cối, bán kính đầu chày phù hợp là thông số quan trọng nhất. Khi uốn thép cường độ cao, bán kính trong cuối cùng thường sẽ nhỏ hơn một chút so với bán kính đầu chày, Hình 3. Khi lực ma sát giữa tấm thép và dụng cụ nhỏ, hiện tượng này trở nên rõ ràng hơn.

HÌNH 3 Sự phân tách của tấm thép trong quá trình uốn.





## TÌNH TRẠNG DỤNG CỤ

Áp lực tiếp xúc giữa tấm thép và dụng cụ tăng khi uốn thép chịu mài mòn cường độ cao Hardox® sẽ phần nào làm tăng hao mòn dụng cụ. Hãy kiểm tra thường xuyên để đảm bảo bán kính chày và bán kính mép cối đều không đổi. Với các điểm uốn đã bị nứt trong chi tiết, trong nhiều trường hợp, vết nứt có thể lan rộng từ mặt nén của điểm uốn, Hình 2. Đây có thể là hệ quả của việc tình trạng chày không đảm bảo. Các mép của cối phải sạch sẽ và không bị hư hại.

## ĐỘ ỔN ĐỊNH CỦA MÁY

Việc uốn thép cường độ cao thường đòi hỏi lực uốn lớn. Hệ số ma sát tĩnh thường cao hơn hệ số ma sát động. Điều này có thể làm cho tấm thép bị kẹt ở một mép của cối và đồng thời trượt ở mép bên kia. Trong trường hợp này, tấm thép sẽ trượt vào trong cối một cách không liên tục trong quá trình uốn. Hiện tượng này, gọi là hiệu ứng trượt-dính, có thể làm tăng mức độ biến dạng ở điểm uốn. Hãy sử dụng máy móc ổn định và kẹp cố định dụng cụ. Việc bôi trơn mép cối hoặc sử dụng mép xoay có thể có ích trong việc tránh hiệu ứng trượt-dính và cũng đồng thời làm giảm lực uốn.

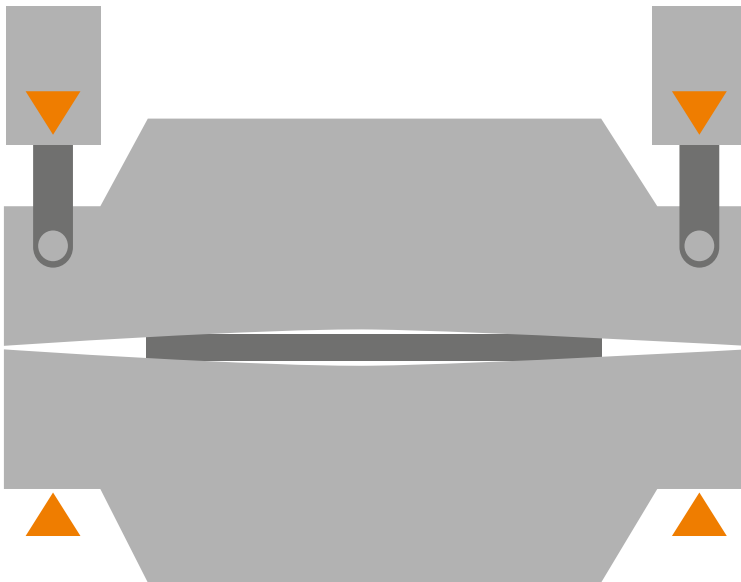
## BÙ CHỐNG VÕNG

Bù chống võng sẽ bù cho độ võng đàn hồi của máy uốn khi chịu tải, Hình 4. Phần trung tâm của chày và cối sẽ bị võng nhiều nhất. Bằng phương pháp bù chống võng, độ võng (C) có thể được bù trừ, nhờ đó thu được cùng một góc uốn dọc theo chiều dài uốn. Nếu biên dạng uốn bị cong dọc theo đường uốn (B), vấn đề này không thể được giải quyết bằng phương pháp bù chống võng.

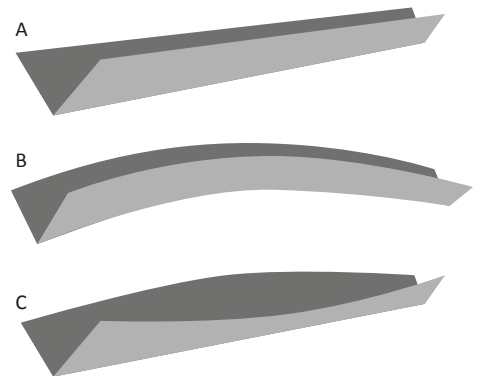
Sau khi dỡ tải, ứng suất nén xuất hiện ở mặt bị kéo giãn, đồng thời ứng suất kéo xuất hiện ở mặt bị nén, Hình 2. Sự phân bố ứng suất trên chiều dày tấm thép sẽ gây ra ứng suất dọc theo chiều dài tấm. Chính những ứng suất này có xu hướng làm biến dạng tấm thép bị cong. Biên độ cong phụ thuộc vào chiều cao bản cánh và độ cứng vững của tấm thép.

Cần phải cân nhắc bổ sung khi thiết lập bù chống võng tại các bước khi uốn các biên dạng thép dài.

HÌNH 4 Bù chống võng.



- A Biên dạng thẳng.
- B Biên dạng cong dọc đường uốn.
- C Biên dạng cong theo góc.



## LỰC UỐN

Để ước tính lực uốn cần thiết, cần xem xét không chỉ chiều dài uốn, độ dày tấm thép, chiều rộng cối và cường độ chịu kéo, mà cả thay đổi của cánh tay đòn trong quá trình uốn. Lực uốn cực đại được cho là đạt được tại góc mở uốn 120° với ma sát thông thường (không bôi trơn). Việc tiến hành các thử nghiệm đánh giá luôn được khuyến nghị.

$$P = \frac{b \cdot t^2 \cdot R_m}{(W - R_d - R_p) \cdot 9 \cdot 800}$$

P = Lực uốn, tấn (hệ mét)  
t = Độ dày tấm, mm  
W = Chiều rộng cối, mm (Hình 1)  
b = Chiều dài uốn, mm  
R<sub>m</sub> = Cường độ chịu kéo, MPa (Bảng 1)  
R<sub>d</sub> = Bán kính mép cối, mm  
R<sub>p</sub> = Bán kính đầu chày, mm

SSAB Bending Formula® được xác nhận cho thử nghiệm uốn với góc uốn 90°, xem Hình 5.

## ĐỘ HỒI NGƯỢC

Độ hồi ngược tăng theo cường độ thép và tỷ lệ giữa chiều rộng cối và độ dày tấm thép (W/t). Cường độ chảy của vật liệu có ảnh hưởng lớn nhất. Khi uốn, có sự phân bố ứng suất dư trên mặt cắt ngang của điểm uốn. Mức biến dạng dẻo và sự phân bố các ứng suất này sẽ kiểm soát xu hướng hồi ngược. Tất cả hiện tượng hồi ngược đều có tính chất đàn hồi hoàn toàn. Để bù trừ độ hồi ngược, hình dạng cối phải cho phép uốn quá mức mà không định hình vật liệu. Rất khó có thể dự đoán chính xác độ hồi ngược của vật liệu khi uốn, vì điều này phụ thuộc rất lớn với từng cách bố trí công cụ riêng biệt. Đó là lý do nên tiến hành uốn thử nghiệm. Với các tấm hoặc lá thép mỏng hơn (t < 10 mm (0,394")), bạn có thể ước lượng độ hồi ngược của vật liệu, theo đơn vị góc, bằng cách chia cường độ chịu kéo (MPa) cho 100. Điều kiện tiên quyết là chiều rộng cối phải xấp xỉ 10–12 lần so với độ dày tấm thép.

Mác thép Hardox®	Cường độ chịu kéo điển hình (MPa)
Hardox® 400	1250
Hardox® 450	1400
Hardox® 500	1650
Hardox® 500 Tuf	1600
Hardox® HiTemp	1250
Hardox® HiAce	1400

**BẢNG 1** Giá trị cường độ chịu kéo điển hình để tính toán lực uốn.

Vui lòng tham khảo ứng dụng SSAB BendCalc để có thể thiết lập thông số uốn chính xác cho thép chịu mài mòn Hardox®. Ứng dụng đầu tiên dự đoán được độ hồi ngược và chiều sâu uốn!

Dựa trên các đặc tính của thép, tính đối xứng của cối và dụng cụ, hình dạng uốn cuối cùng và các điều kiện lực ma sát, ứng dụng sẽ cho bạn kết quả sau vài giây:

- Lực uốn tối đa
- Độ hồi ngược
- Chiều sâu uốn
- Góc uốn tính cả bù độ hồi ngược
- Chiều cao mặt cánh tối thiểu

Bạn có thể lưu kết quả và chia sẻ báo cáo dưới dạng PDF.

## CÁC THÔNG SỐ ẢNH HƯỞNG TỚI ĐỘ HỒI NGƯỢC:

- Cường độ chảy của vật liệu - cường độ chảy càng cao thì độ hồi ngược càng cao.
- Bán kính đầu chày - bán kính đầu chày tăng thì độ hồi ngược tăng.
- Chiều rộng cối - chiều rộng cối tăng thì độ hồi ngược tăng.
- Độ cứng nguội của vật liệu.



# KHUYẾN NGHỊ KHI UỐN

Các thử nghiệm uốn và việc đánh giá các sản phẩm có phần khác nhau. Đối với các sản phẩm thép tấm Hardox®, tương quan tối thiểu được khuyến nghị giữa bán kính đầu chày và độ dày tấm/lá thép (R/t) được trình bày tại Bảng 2, và các khuyến nghị tương ứng cho lá thép được trình bày tại Bảng 3. Những khuyến nghị về độ uốn được căn cứ trên các thử nghiệm uốn một bước tạo góc 90° sau khi dỡ tải. Chiều rộng miệng cối mang tính chất hướng dẫn và có thể thay đổi một chút mà không ảnh hưởng đến kết quả uốn.

Để biết thêm các thông tin kỹ thuật, vui lòng liên hệ bộ phận Hỗ trợ Kỹ thuật hoặc truy cập [www.ssab.com](http://www.ssab.com).

Hardox® được cung cấp với hiệu suất uốn được đảm bảo theo tiêu chuẩn bảo hành Hardox®.

Ngoài ra, bạn cũng có thể liên hệ với đại diện SSAB tại địa phương.



## THÉP TẮM CHỊU MÀI MÒN HARDOX®, KHUYẾN NGHỊ KHI UỐN

**BẢNG 2** Các khuyến nghị uốn cho thép tấm chịu mài mòn Hardox® dựa trên cốt có con lăn và độ ma sát thông thường (không có bôi trơn). R/t là viết tắt của bán kính đầu chày (R) chia cho độ dày tấm thép (t).

Mác thép Hardox®	Khoảng độ dày mm	Tỷ lệ Rp/t tối thiểu cho trường hợp vuông góc hướng cán	Tỷ lệ Rp/t tối thiểu cho trường hợp song song hướng cán	Chiều rộng miệng cối (W) tối thiểu W/t
Hardox® 400	t < 8	2.5	3.0	12
	8 ≤ t < 20	3.0	4.0	14
	20 ≤ t < 50	4.0	5.0	16
Hardox® 450	t < 8	3.0	3.5	12
	8 ≤ t < 20	3.5	4.5	14
	t ≥ 20	4.5	5.0	16
Hardox® 500	t < 8	3.5	4.5	12
	8 ≤ t < 15	4.0	4.5	14
	15 ≤ t < 20	4.5	5.0	14
	t ≥ 20	5.5	6.0	16
Hardox® 500 Tuf	t < 8	3.0	3.5	12
	8 ≤ t < 20	3.5	4.5	14
	t ≥ 20	4.5	5.0	16
Hardox® 550	8 ≤ t < 65	Vui lòng liên hệ bộ phận Hỗ trợ Kỹ thuật của SSAB		
Hardox® 600	6 ≤ t < 65	Vui lòng liên hệ bộ phận Hỗ trợ Kỹ thuật của SSAB		
Hardox® HiTemp	t < 8	3.0	3.5	12
	8 ≤ t < 20	3.5	4.5	14
	t ≥ 20	4.5	5.0	16
Hardox® HiAce	t < 8	3.0	3.5	12
	8 ≤ t < 20	3.5	4.5	14
	t ≥ 20	4.5	5.0	16

Mác thép Hardox®	Khoảng độ dày inch	Tỷ lệ Rp/t tối thiểu cho trường hợp vuông góc hướng cán	Tỷ lệ Rp/t tối thiểu cho trường hợp song song hướng cán	Chiều rộng miệng cối (W) tối thiểu W/t
Hardox® 400	t < 0,315"	2.5	3.0	12
	0,315" ≤ t < 0,787"	3.0	4.0	14
	0,787" ≤ t < 1,969"	4.0	5.0	16
Hardox® 450	t < 0,315"	3.0	3.5	12
	0,315" ≤ t < 0,787"	3.5	4.5	14
	t ≥ 0,787"	4.5	5.0	16
Hardox® 500	t < 0,315"	3.5	4.5	12
	0,315" ≤ t < 0,591"	4.0	4.5	14
	0,591" ≤ t < 0,787"	4.5	5.0	14
	t ≥ 0,787"	5.5	6.0	16
Hardox® 500 Tuf	t < 0,315"	3.0	3.5	12
	0,315" ≤ t < 0,787"	3.5	4.5	14
	t ≥ 0,787"	4.5	5.0	16
Hardox® 550	0,315" ≤ t < 2,560"	Vui lòng liên hệ bộ phận Hỗ trợ Kỹ thuật của SSAB		
Hardox® 600	0,236" ≤ t < 2,560"	Vui lòng liên hệ bộ phận Hỗ trợ Kỹ thuật của SSAB		
Hardox® HiTemp	t < 0,315"	3.0	3.5	12
	0,315" ≤ t < 0,787"	3.5	4.5	14
	t ≥ 0,787"	4.5	5.0	16
Hardox® HiAce	t < 0,315"	3.0	3.5	12
	0,315" ≤ t < 0,787"	3.5	4.5	14
	t ≥ 0,787"	4.5	5.0	16

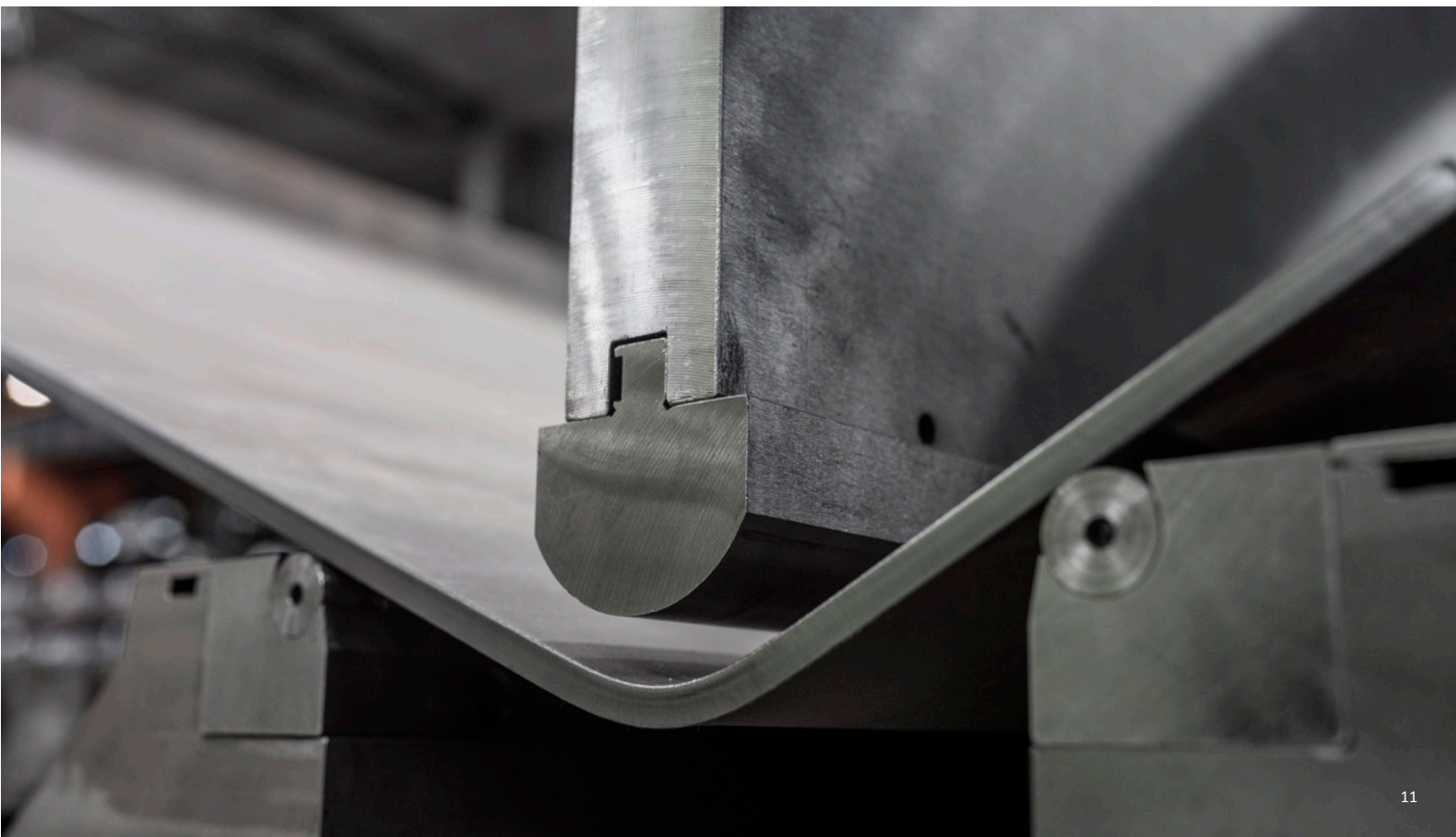
# THÉP LÁ CHỊU MÀI MÒN HARDOX®, KHUYẾN NGHỊ KHI UỐN

**BẢNG 3** Các khuyến nghị uốn cho thép lá chịu mài mòn Hardox® dựa trên cốt có con lăn và độ ma sát thông thường (không có bôi trơn). R/t là viết tắt của bán kính đầu chày (R) chia cho độ dày tấm thép (t).

Mác thép Hardox®	Khoảng độ dày mm	Tỷ lệ Rp/t tối thiểu cho trường hợp vuông góc hướng cán	Tỷ lệ Rp/t tối thiểu cho trường hợp song song hướng cán	Chiều rộng miệng cối (W) tối thiểu W/t
Hardox® 400	$2 \leq t < 4$	3.0	4.0	12
	$4 \leq t \leq 8$	3.0	3.5	12
Hardox® 450	$2 \leq t < 4$	3.0	4.0	12
	$4 \leq t \leq 8$	3.0	3.5	12
Hardox® 450 CR	$0,8 \leq t \leq 2,1$	4.0	4.0	12
Hardox® 500 Tuf	$3 \leq t < 4$	3.0	4.0	12
	$4 \leq t \leq 6,4$	3.0	3.5	12
Hardox® 500	$2 \leq t \leq 7$	3.5	4.0	12
Hardox® 600	$3 \leq t \leq 6$	Vui lòng liên hệ bộ phận Hỗ trợ Kỹ thuật của SSAB		

Mác thép Hardox®	Khoảng độ dày inch	Tỷ lệ Rp/t tối thiểu cho trường hợp vuông góc hướng cán	Tỷ lệ Rp/t tối thiểu cho trường hợp song song hướng cán	Chiều rộng miệng cối (W) tối thiểu W/t
Hardox® 400	$0,079" \leq t < 0,157"$	3.0	4.0	12
	$0,157" \leq t \leq 0,315"$	3.0	3.5	12
Hardox® 450	$0,079" \leq t < 0,157"$	3.0	4.0	12
	$0,157" \leq t \leq 0,315"$	3.0	3.5	12
Hardox® 450 CR	$0,031" \leq t \leq 0,083"$	4.0	4.0	12
Hardox® 500 Tuf	$0,118" \leq t < 0,157"$	3.0	4.0	12
	$0,157" \leq t \leq 0,252"$	3.0	3.5	12
Hardox® 500	$0,079" \leq t \leq 0,276"$	3.5	4.0	12
Hardox® 600	$0,118" \leq t \leq 0,236"$	Vui lòng liên hệ bộ phận Hỗ trợ Kỹ thuật của SSAB		

<sup>1</sup> Kết quả uốn cuối cùng và độ phân tách tấm thép khỏi chày bị ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố khác nhau: chiều rộng dụng cụ bên dưới, điều kiện bôi trơn/ma sát, góc uốn, v.v.



SSAB là công ty thép có trụ sở tại Bắc Âu và Hoa Kỳ. SSAB cung cấp các sản phẩm và dịch vụ gia tăng được phát triển cùng sự hợp tác chặt chẽ với khách hàng để tạo ra một thế giới mạnh mẽ hơn, gọn nhẹ hơn và bền vững hơn. SSAB có nhân viên tại hơn 50 quốc gia. SSAB có các cơ sở sản xuất ở Thụy Điển, Phần Lan và Mỹ. SSAB được niêm yết trên Sàn giao dịch Nasdaq Stockholm và niêm yết cổ phiếu lần hai trên Nasdaq Helsinki. [www.ssab.com](http://www.ssab.com). Hãy theo dõi chúng tôi trên phương tiện truyền thông xã hội: Facebook, Instagram, LinkedIn, Twitter và YouTube.

Khám phá thế giới của thép chịu mài mòn Hardox®



SSAB  
SE-613 80 Oxelösund  
Thụy Điển

T +46 155 25 40 00  
F +46 155 25 40 73  
[contact@ssab.com](mailto:contact@ssab.com)

[www.hardox.com](http://www.hardox.com)

Hardox® là nhãn hiệu của Tập đoàn SSAB.

Mọi quyền được bảo hộ. Thông tin trong tài liệu này chỉ được cung cấp dưới dạng thông tin chung. SSAB AB không chịu trách nhiệm về tính phù hợp hoặc thích đáng của bất kỳ việc ứng dụng nào. Người dùng có trách nhiệm xác định tính phù hợp của tất cả các sản phẩm và/hoặc ứng dụng một cách độc lập, đồng thời kiểm tra và xác minh các sản phẩm và/hoặc ứng dụng đó. Thông tin do SSAB AB cung cấp dưới đây được cung cấp "trực tiếp, nguyên trạng" và người dùng chịu trách nhiệm với tất cả các lỗi, các rủi ro liên quan đến những thông tin đó.

Bản quyền © 2023 SSAB AB. Mọi quyền được bảo hộ.

# SSAB