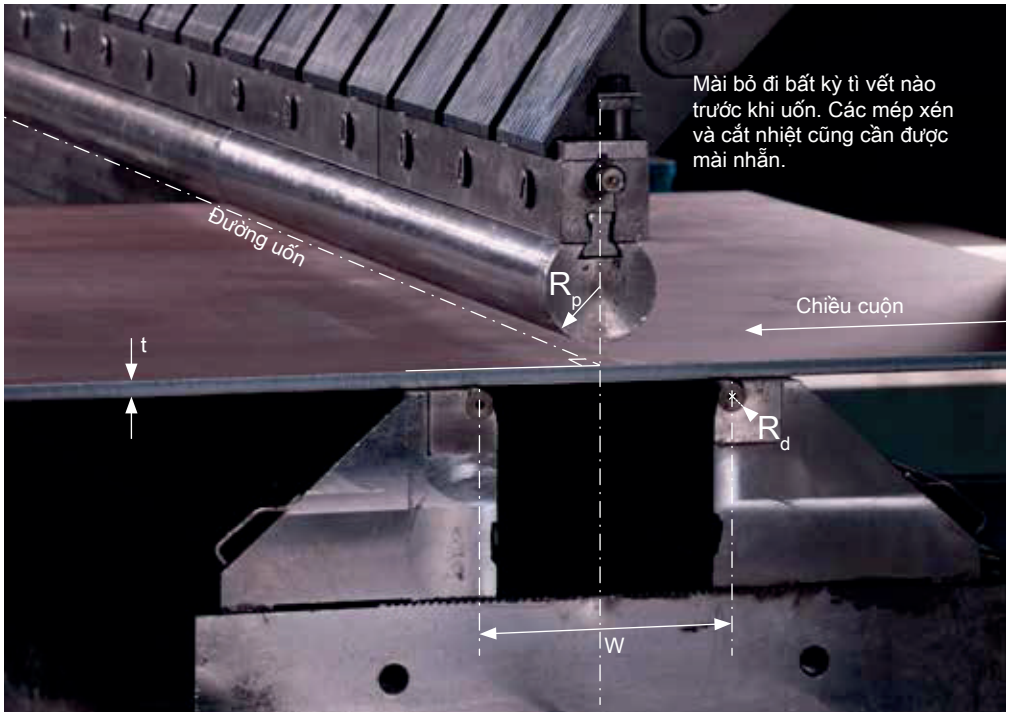
STRENX VÀ HARDOX
- UỐN THÉP CƯỜNG ĐỘ CAO

Tài liệu này đề cập đến gia công uốn thép cường độ cao đối với các nhãn hiệu Strenx và Hardox. Nội dung của tài liệu nhằm mục đích hướng dẫn và bao gồm các gợi ý chung về cách để có được kết quả tốt nhất trong gia công uốn. Việc uốn tấm thép và thép tấm cường độ cao hiếm khi là khó khăn, tuy nhiên, có một số thông số nhất định phải được xem xét và tài liệu này đề cập đến các thông số đó. Vật liệu có độ nguyên chất cao với ít tạp chất là nền tảng quan trọng để có được kết quả gia công uốn tốt. Quy trình sản xuất hiện đại của SSAB cho phép đạt được 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, hãy xoay hướng cán vuông góc với đường uốn. Thép tấm thường có thể uốn với góc nhỏ hơn theo cách này, so với đường uốn song song hướng cán, hình 1.
- Kiểm tra chất lượng bề mặt của tấm thép. Hư hỏng bề mặt có thể làm giảm khả năng uốn cong vì đó có thể là nguyên nhân gây ra các vết nứt. Đối với những tấm dày, thường có thể khắc phục các hư hỏng trên tấm như các vết trầy xước và rỉ sét bằng cách mài cẩn thận. Đường mài tốt nhất nên đặt vuông góc với đường uốn.
- Các mép cắt nhiệt và cắt cơ học cần phải được mài nhẵn và đánh ba via bằng máy mài.
- Kiểm tra tình trạng công cụ.
- Để tránh làm mòn công cụ quá mức, công cụ phải cứng hơn chi tiết gia công.
- Kiểm tra xem các công cụ và thông số thiết lập có phù hợp với các khuyến nghị đã nêu trong tài liệu này không.

HÌNH 1 Uốn vuông góc với hướng cán.



Mép cối phải luôn cứng bằng hoặc hơn tấm thép được uốn, để tránh hư hỏng quá mức lên cối.

Một cách đơn giản để làm được việc này là phay các rãnh ở mép cối và lắp các thanh suốt đã bôi trơn, ví dụ, bằng thép tôi, vào rãnh.

Bán kính mép cối ít nhất phải bằng một nửa độ dày của tấm thép.

CÂN NHẮC

- Chú ý đến an toàn và tuân theo các chỉ dẫn an toàn sở tại. Chỉ những người có đủ kỹ năng mới có thể đứng cạnh hoặc ở gần máy. Khi uốn thép cường độ cao, không ai được đứng phía trước máy chấn.
- Kiểm tra để đảm bảo rằng dao chấn cùng với chi tiết gia công không chạm đáy cối.
- Cân nhắc hiệu ứng đàn hồi. Tránh uốn lại để điều chỉnh góc biên dạng. Vật liệu đã làm việc trong các quá trình tạo hình trước đó sẽ bị giảm đáng kể khả năng uốn.
- Lực uốn, hiệu ứng đàn hồi và bán kính dao chấn khuyến nghị tối thiểu nói chung sẽ tăng theo cường độ của thép.
- Trong nhiều trường hợp đối với các sản phẩm thép tấm Strenx và Hardox, thông số nhận diện của tấm thép được dập vuông góc với hướng cán. Tránh đặt vị trí dập nằm trong đường uốn, sẽ có nguy cơ gây nứt.
- Làm sạch bằng phun bi quá mức có thể gây tác động tiêu cực đến khả năng uốn. Các khuyến nghị đối với các sản phẩm thép tấm Strenx và Hardox được đưa ra dựa trên các thử nghiệm với các bề mặt đã làm sạch và sơn. Các khuyến nghị đối với sản phẩm thép dải Strenx dựa trên các thử nghiệm với bề mặt không phun bi.
- Tốc độ biến dạng cao có thể làm tăng nhiệt độ cục bộ ở vị trí uốn. Điều này có thể có tác động bất lợi đến khả năng uốn, đặc biệt đối với độ dày trên 20 mm. Nếu có thể, giảm tốc độ uốn để giảm chênh lệch nhiệt độ trong chi tiết gia công.

CÔNG CỤ

CHIỀU RỘNG CỐI

Hiệu ứng đàn hồi tăng lên khi chiều rộng cối tăng, trong khi đó lực uốn cần thiết giảm. Đảm bảo rằng góc mở của cối cho phép uốn quá mức mà không bị chạm đáy để bù cho hiệu ứng đàn hồi. Trong nhiều trường hợp, chiều rộng cối tăng lên có thể làm giảm mức độ biến dạng khi uốn. Ngoài ra, hãy đảm bảo đủ chỗ cho dao chấn đã chọn cùng với chi tiết gia công, trong cối, trong quá trình uốn mà không làm biến dạng cối. Chiều rộng cối tối thiểu khuyến nghị được trình bày trong bảng 2 và 3.

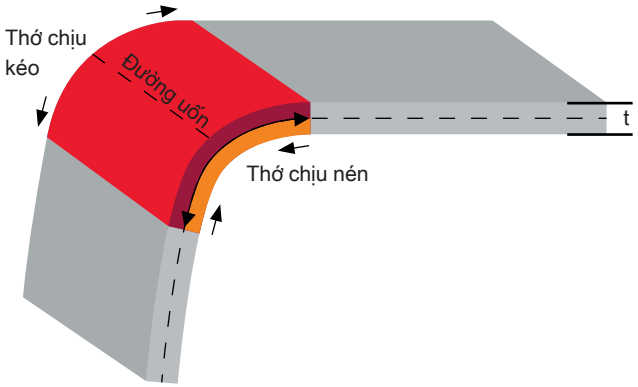
Bán kính mép cối ít nhất phải bằng một nửa độ dày tấm. Ngoài ra, nên tăng chiều rộng cối để giảm thiểu áp lực lên mép cối, và từ đó giảm nguy cơ xuất hiện vết hằn do cối.

DAO CHẤN

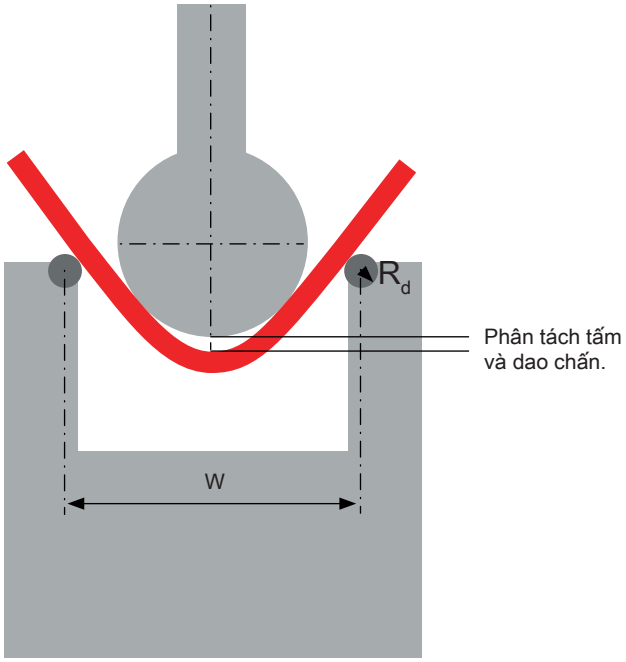
Bán kính dao chấn thích hợp, cùng với chiều rộng cối, là thông số quan trọng nhất. Khi uốn thép cường độ cao, bán kính uốn cuối cùng thường nhỏ hơn một chút so với bán kính của dao chấn, hình 3. Khi ma sát giữa tấm và dụng cụ thấp, hiện tượng này trở nên rõ ràng hơn.

Đối với thép có cường độ chảy trên mức 500 MPa, nên sử dụng bán kính dao chấn có cùng kích thước hoặc lớn hơn một chút so với bán kính uốn mong muốn. Bảng 2 và 3 ở trang 7 cho biết bán kính dao chấn tối thiểu được khuyến nghị khi uốn đến 90°.

HÌNH 2 Uốn.



HÌNH 3 Phân tách tấm và dao chấn.



TÌNH TRẠNG CÔNG CỤ

Do áp lực tiếp xúc giữa tấm thép và công cụ tăng lên khi uốn thép cường độ cao, độ mài mòn của dụng cụ tăng lên đôi chút. Kiểm tra định kỳ để đảm bảo bán kính dao chấn và bán kính mép cối đều không đổi. Đối với các chỗ uốn bị nứt trong một công trình, vết nứt trong nhiều trường hợp lan rộng từ phía chịu nén của vị trí uốn, hình 2. Điều này thường có thể là do tình trạng dao chấn không tốt. Các mép của cối phải sạch và không bị hư hỏng.

TÌNH TRẠNG ỔN ĐỊNH MÁY

Lực uốn yêu cầu thường cao khi uốn thép cường độ cao. Hệ số ma sát tĩnh thường cao hơn động học. Điều này có thể làm cho tấm thép bị khóa trên cạnh một phía của mép cối, đồng thời, trượt ở mép bên kia. Theo đó, chi tiết gia công bị uốn xuống khuôn một cách không liên tục trong quá trình uốn. Hiện tượng này, được gọi là sự trượt-dính, có thể dẫn đến biến dạng lớn hơn ở vị trí uốn. Sử dụng máy ổn định và dụng cụ cố định chắc chắn. Bôi trơn mép cối hoặc sử dụng mép cối dạng con lăn có thể hữu ích, tránh hiện tượng trượt-dính và cũng làm giảm lực uốn.

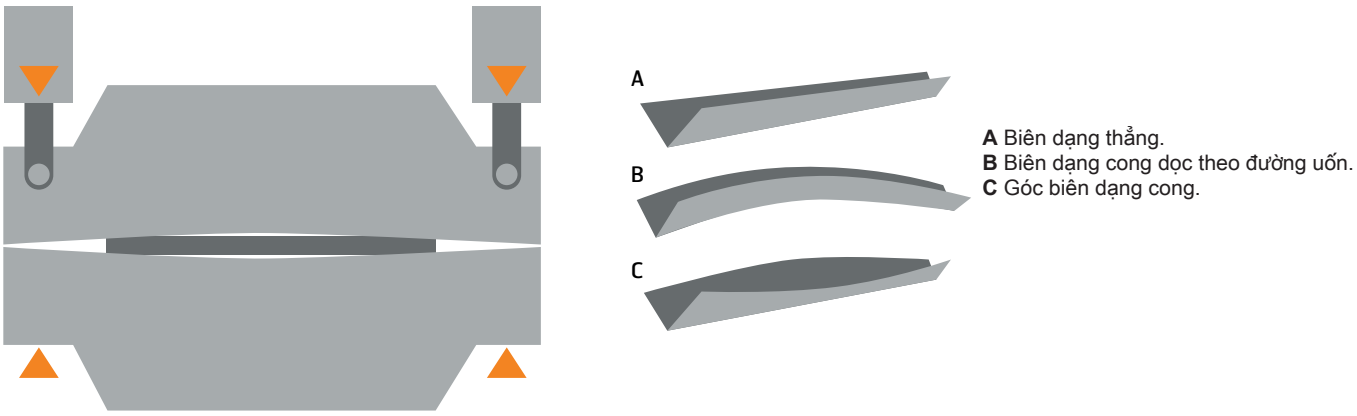
TẠO ĐỘ VỒNG

Tạo độ vồng bù cho độ võng đàn hồi của máy uốn khi chịu tải, hình 4. Phần trung tâm của dao chấn và cối bị lệch nhiều nhất. Bằng cách tạo độ vồng, độ võng (C) có thể được bù lại, từ đó đạt được cùng một góc uốn dọc theo toàn bộ chiều dài chi tiết gia công. Nếu biên dạng chỗ uốn cong lên dọc theo đường uốn (B) thì hiện tượng này không thể bù được bằng cách tạo vồng.

Sau khi dỡ tải, ứng suất nén phát sinh ở mặt kéo, đồng thời với ứng suất kéo xuất hiện ở mặt chịu nén, hình 2. Sự phân bố ứng suất trên bề dày tấm thếp gây ra ứng suất theo chiều dọc. Chính những ứng suất đó có xu hướng làm cong biên dạng. Độ lớn của độ cong phụ thuộc chủ yếu vào chiều cao của bản cánh và độ cứng chắc của tấm thép.

Cần cân nhắc bổ sung khi thiết lập tạo độ vồng tại các bước khi uốn các biên dạng dài.

HÌNH 4 Tạo vồng.



A Biên dạng thẳng.
B Biên dạng cong dọc theo đường uốn.
C Góc biên dạng cong.

LỰC UỐN

Để ước tính lực cần thiết trong quá trình uốn, chúng ta cần chú ý đến không chỉ chiều dài uốn, độ dày tấm, chiều rộng cối và cường độ chịu kéo, mà còn cả cánh tay đòn thay đổi trong quá trình uốn. Lực uốn lớn nhất được cho là đạt được tại góc mở 120° với ma sát bình thường (không bôi trơn). Việc uốn thử nghiệm luôn được khuyến nghị.

$$P \quad \frac{b \cdot t^2 \cdot R_m}{(W - R_d - R_p) \cdot 9800}$$

P = Lực uốn, tấn (hệ mét)
t = Độ dày tấm, mm
W = Chiều rộng cối, mm (hình 1)
b = Chiều dài uốn, mm
R_m = Cường độ kéo, MPa (bảng 1)
R_d = Bán kính mép cối, mm
R_p = Bán kính dao chấn, mm

Công thức Uốn SSAB© được xác minh bằng các thử nghiệm đối với góc uốn 90°, xem hình 5.

BẢNG 1 Các giá trị cường độ kéo điển hình để tính toán lực uốn.

LOẠI THÉP	CƯỜNG ĐỘ CHỊU KÉO ĐIỂN HÌNH (MPa)
S355	550
Strenx 600 MC	760
Strenx 650 MC	800
Strenx 700, 700 MC, 700 PLUS	860, 850, 840
Strenx 900, 900 MC, 900 PLUS	1010, 1150, 1060
Strenx 960, 960 MC, 960 PLUS	1060, 1200, 1120
Strenx 1100, 1100 MC	1440, 1320
Strenx 1300	1530
Hardox 400	1250
Hardox 450	1400
Hardox 500	1650

VÍ DỤ 1

Một máy chấn cụ thể chỉ có khả năng uốn một tấm thép EN10025 – S355 dày 20 mm với chiều rộng cối 200 mm và bán kính mép cối là 15 mm. Bán kính dao chấn là 40 mm.

Vẫn sử dụng cối và dao chấn đó với chiều dài uốn như nhau, thì một tấm Hardox 400 mà máy chấn có thể uốn được dày bao nhiêu?

Lực uốn phải giống nhau và chỉ có độ dày tấm (t) và cường độ chịu kéo (R_m) là khác nhau. Thay vào công thức trên và rút gọn:
$20^2 \times 550 = t^2 \times 1\,250$

Độ dày (t) của tấm Hardox sẽ là 13,3 mm.
Khi đó tỷ lệ R/t sẽ là 40/13,3 = 3,0. Theo bảng 2, tấm Hardox 400 có thể uốn được theo chiều vuông góc với hướng cán với bán kính dao chấn như vậy. Tỷ lệ W/t đối với tấm Hardox 400 sẽ là 200/13,3 = 15,0, theo bảng 2, là đạt yêu cầu.

VÍ DỤ 2

Cần tạo một bệ đỡ dài 2000 mm bằng cách uốn tấm. Lựa chọn nằm giữa việc sử dụng:

a) Tấm EN10025 – S355 dày 10 mm với cường độ chịu kéo điển hình 550 MPa,

hoặc

b) Tấm Strenx 700 dày 7 mm với cường độ chịu kéo điển hình 860 MPa.

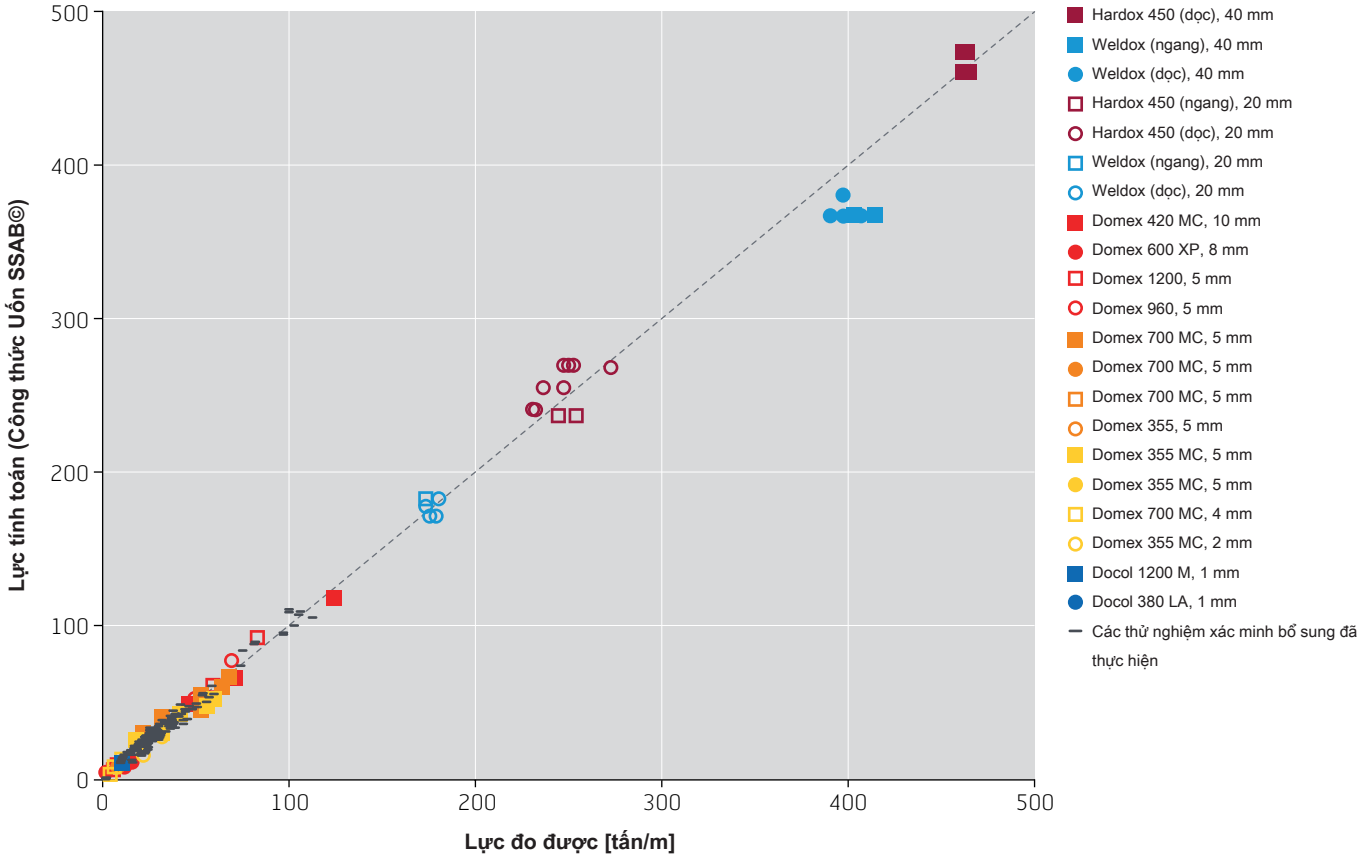
Trong cả hai trường hợp, sử dụng cối độ rộng 100 mm và bán kính mép cối là 10 mm. Bán kính dao chấn là 14 mm trong cả hai trường hợp. Lực nén nào sẽ cần thiết cho mỗi mác thép?

$$\text{Đối với S355 } P = \frac{2000 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 550}{(100–10–14) \cdot 9\,800} = 148 \text{ tấn}$$

$$\text{Đối với Strenx 700 } P = \frac{2000 \cdot 7 \cdot 7 \cdot 860}{(100–10–14) \cdot 9\,800} = 113 \text{ tấn}$$

Do độ dày tấm có ảnh hưởng lớn hơn cường độ nên lực cần thiết để uốn tấm Strenx trong trường hợp cụ thể này thấp hơn.

HÌNH 5 Lực uốn



Công thức Uốn SSAB© được xác minh bằng các thử nghiệm được thực hiện trong phạm vi độ dày và mác thép khác nhau, các mẫu thử được uốn đến 90°. Các thiết lập công cụ phù hợp với khuyến nghị uốn của SSAB.

HIỆU ỨNG ĐÀN HỒI

Hiệu ứng đàn hồi tăng theo cường độ thép và tỷ lệ giữa chiều rộng cối và độ dày tấm (W/t). Cường độ chảy của vật liệu có ảnh hưởng lớn hơn cả.

Khi uốn, sự phân bố ứng suất dư khác nhau đạt được trên tiết diện uốn. Mức độ biến dạng dẻo và sự phân bố của các ứng suất này sẽ kiểm soát xu hướng hiệu ứng đàn hồi. Hiệu ứng đàn hồi mang tính đàn hồi toàn phần.

Để bù cho hiệu ứng đàn hồi, cối phải được tạo hình sao cho có thể uốn vượt mức mà không chạm đáy.

Rất khó dự đoán chính xác hiệu ứng đàn hồi của vật liệu khi uốn, vì điều này phụ thuộc phần lớn vào từng thiết lập công cụ riêng biệt. Đó là lý do tại sao các việc uốn thử nghiệm được khuyến nghị. Đối với tấm mỏng (t < 10 mm), có thể ước tính hiệu ứng đàn hồi của vật liệu theo độ bằng cách chia cường độ chịu kéo (MPa) cho 100.

Điều kiện tiên quyết là chiều rộng cối xấp xỉ 10–12 x độ dày tấm.

CÁC THÔNG SỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN HIỆU ỨNG ĐÀN HỒI:

- Cường độ chảy của vật liệu – cường độ chảy cao hơn gây ra hiệu ứng đàn hồi lớn hơn.
- Bán kính dao chấn – bán kính dao chấn tăng sẽ tạo ra hiệu ứng đàn hồi lớn hơn.
- Chiều rộng cối – chiều rộng cối lớn hơn gây ra hiệu ứng đàn hồi lớn hơn.
- Sự cứng nguội của vật liệu.

KHUYẾN NGHỊ UỐN

Do các sản phẩm của SSAB được phát triển và chuyên biệt cho các loại hình sử dụng khác nhau nên các thử nghiệm uốn và đánh giá các sản phẩm này có phần khác nhau.

Đối với các sản phẩm thép tấm, tỷ lệ khuyến nghị tối thiểu giữa bán kính dao chấn và độ dày tấm (R/t) được trình bày ở bảng 3.

Đối với các sản phẩm thép dải Strenx, tỷ lệ giữa bán kính uốn trong tối thiểu và độ dày tấm (Ri/t) được trình bày ở bảng 2.

Các khuyến nghị uốn này dựa trên các thử nghiệm uốn một bước 90° sau khi dỡ tải. Chiều rộng cối có thể thay đổi phần mà không làm ảnh hưởng đến kết quả uốn.

Bảng 2 và 3 thể hiện một phần nhỏ trong phạm vi sản phẩm của SSAB. Để biết thông tin về các tài liệu khác và thông tin kỹ thuật khác, vui lòng liên hệ với bộ phận Hỗ trợ Kỹ thuật hoặc truy cập www.ssab.com.

Strenx và Hardox được cung cấp với hiệu suất uốn được đảm bảo theo Thông số Đảm bảo của Strenx và Hardox. Để biết thêm thông tin, vui lòng liên hệ với đại diện SSAB tại nước sở tại của quý vị.

BẢNG 2 Các khuyến nghị uốn đối với các sản phẩm thép dải Strenx với mép cối cố định và ma sát thông thường (không bôi trơn). R_i/t áp dụng cho tất cả các hướng uốn. R_i/t là viết tắt của bán kính uốn trong của tấm (Ri) chia cho độ dày của tấm (t).

		ĐỘ DÀY (t) (mm)	THEO HƯỚNG CÁN Ri/t TỐI THIỂU	CHIỀU RỘNG CÓI (W) W/t TỐI THIỂU
DẢI CÁN NÓNG	Strenx 600 MC	t ≤ 3 3 < t ≤ 6 t > 6	0,7 1,1 1,4	10 10 10
	Strenx 650 MC	t ≤ 3 3 < t ≤ 6 t > 6	0,8 1,2 1,5	10 10 10
	Strenx 700 MC	t ≤ 3 3 < t ≤ 6 t > 6	0,8 1,2 1,6	10 10 10
	Strenx 700 MC PLUS	3 ≤ t ≤ 10 t > 10	1,0 1,5	10 10
	Strenx 900 MC	3 ≤ t ≤ 8 t > 8	3,0 3,5	12 12
	Strenx 900 PLUS	3 ≤ t ≤ 6	3,0	12
	Strenx 960 MC	3 ≤ t ≤ 10	3,5	12
	Strenx 960 PLUS	3 ≤ t ≤ 6	3,5	12
	Strenx 1100 MC	3 ≤ t ≤ 8	4,0	14

BẢNG 3 Các khuyến nghị uốn đối với các sản phẩm thép tấm Strenx và Hardox với mép cối có con lăn và ma sát thông thường (không bôi trơn). R/t là viết tắt của bán kính trục uốn (R) chia cho độ dày của tấm (t).

		ĐỘ DÀY (t) (mm)	VUÔNG GÓC HƯỚNG CÁN R/t TỐI THIỂU	THEO HƯỚNG CÁN R/t TỐI THIỂU	CHIỀU RỘNG CÓI (W) W/t TỐI THIỂU
TẤM CÁN NÓNG	Strenx 700	t < 8 8 ≤ t < 15 15 ≤ t < 20 t ≥ 20	1,5 1,5 2,0 2,0	2,0 2,0 2,5 2,5	10 10 12 12
	Strenx 900/960	t < 8 8 ≤ t < 15 15 ≤ t < 20 t ≥ 20	2,5 2,5 2,5 3,0	3,0 3,0 3,0 3,5	12 14 14 16
	Strenx 1100	t < 8 8 ≤ t < 15 15 ≤ t < 20 t ≥ 20	3,0 3,0 3,0 3,5	3,5 3,5 3,5 4,0	12 14 14 16
	Strenx 1300	t < 8 8 ≤ t < 15	3,5 4,0	4,0 4,5	14 14
	Hardox 400	t < 8 8 ≤ t < 15 15 ≤ t < 20 20 ≤ t < 50	2,5 3,0 3,0 4,0	3,0 4,0 4,0 5,0	12 14 14 16
	Hardox 450	t < 8 8 ≤ t < 15 15 ≤ t < 20 t ≥ 20	3,0 3,5 3,5 4,5	3,5 4,5 4,5 5,0	12 14 14 16
	Hardox 500	t < 8 8 ≤ t < 15 15 ≤ t < 20 t ≥ 20	3,5 4,0 4,5 5,5	4,5 4,5 5,0 6,0	14 14 16 18
DẢI CÁN NÓNG	Hardox 400	2 ≤ t < 4 4 ≤ t ≤ 8	3,0 3,0	4,0 3,5	12 12
	Hardox 450	2,5 ≤ t < 4 4 ≤ t ≤ 8	3,0 3,0	4,0 3,5	12 12
	Hardox 500	3 ≤ t ≤ 6,5	3,5	4,0	14