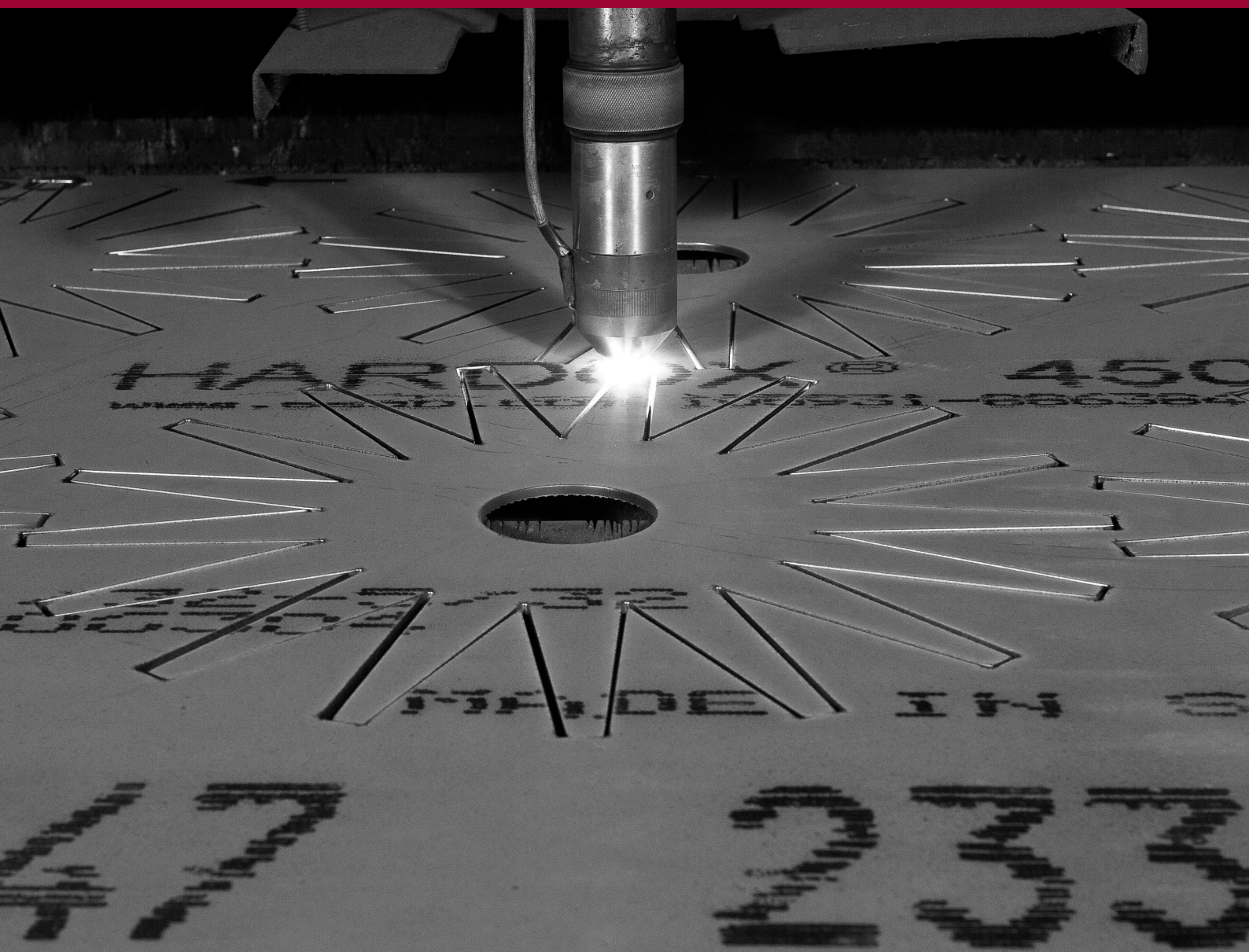


**HARDOX<sup>®</sup>**  
WEAR PLATE

# CẮT THÉP HARDOX<sup>®</sup>



**SSAB**

# NỘI DUNG

Cắt thép tấm chịu mài mòn Hardox®	3
Phương pháp cắt	4
<i>Cắt oxy gas</i>	4
<i>Cắt plasma</i>	5
<i>Cắt laser</i>	6
Đặc tính về độ cứng trong vùng chịu ảnh hưởng của nhiệt (HAZ)	7
Rủi ro trong quá trình cắt	8
<i>Vết nứt do hydro</i>	8
<i>Hydro</i>	12
Các biện pháp để tránh nứt do hydro	12
<i>Gia nhiệt trước</i>	13
<i>Gia nhiệt sau</i>	14
<i>Giảm tốc độ cắt</i>	15
<i>Làm nguội chậm</i>	15
Mềm hóa	16
<i>Giảm nguy cơ mềm hóa</i>	17
Lời khuyên thiết thực	18
<i>Xử lý tấm</i>	18
<i>Gia nhiệt trước và gia nhiệt sau</i>	19

# CẮT THÉP TẤM CHỊU MÀI MÒN HARDOX®



## CÁC MÁC THÉP HARDOX®

Các mác thép Hardox® đều phù hợp với mọi phương pháp cắt nhiệt, bao gồm cắt oxy gas, cắt plasma và cắt laser. Tất nhiên, bạn cũng có thể sử dụng nhiều quy trình cắt nguội thông thường như cưa và cắt tia nước có hạt mài (AWJ).

Hiệu suất cắt nhiệt của các mác thép Hardox® được tăng cường chủ yếu nhờ vào hàm lượng hợp kim thấp cùng với hàm lượng tạp chất rất thấp. Các đặc tính thuận khác như dung sai độ dày nhỏ và bề mặt tấm nhẵn mịn của loại thép này có thể được ứng dụng cho phương pháp cắt laser. Ở độ dày vừa phải, nhiều mác thép Hardox® có thể được cắt nhiệt với các thông số tương tự như thông số khi cắt thép thường. Trong một số trường hợp, bạn cần điều chỉnh các thông số để giảm thiểu nguy cơ nứt hydro. Các vấn đề khác cần lưu ý liên quan đến đặc tính của thép bao gồm:

- ▶ Sự thay đổi về đặc tính cơ học tại vùng chịu ảnh hưởng nhiệt của thép - vùng chịu ảnh hưởng nhiệt (HAZ) do cắt.
- ▶ Một số biến dạng gây ra do quá trình cắt nhiệt. Do có ứng suất cao hơn nên thép tấm Hardox® có xu hướng bị dịch chuyển nhiều hơn trong quá trình cắt nhiệt hơn so với thép thường.

Các loại khí dùng cho từng phương pháp cắt nhiệt khác nhau được lựa chọn và áp dụng theo cách tương tự như với thép không hợp kim và hợp kim thấp với cường độ chảy lên đến 355 MPa. Có nhiều thành phần khí và các thông số ứng dụng khác nhau, phù hợp với các phương pháp cắt nhiệt. SSAB không có bất kỳ khuyến nghị nào khác về điểm này đối với các mác thép Hardox®. Các phương pháp cắt nguội, xén và đột dập được giới hạn cho Hardox® 400 và Hardox® 450 với độ dày tấm lên đến 10 mm (0,394"). Cắt AWJ là phương pháp cắt nguội đảm bảo các đặc tính cơ học thuận lợi vì nó không gây ra HAZ.





# CÁC PHƯƠNG PHÁP CẮT

## CẮT BẰNG OXY GAS

Thép chịu mài mòn Hardox® dễ dàng cắt bằng quy trình cắt oxy gas. Phương pháp cắt bằng oxy gas hầu như không có giới hạn về độ dày vật liệu, vì vậy, phương pháp này có thể cắt với độ dày vật liệu lên tới 1000 mm (39,370"). Độ dày tối thiểu khuyến cáo cho phương pháp cắt này là 10 mm (0,394). Đối với các vật liệu mỏng hơn, nên cắt bằng các phương pháp nhiệt thấp như cắt plasma hoặc laser để giảm thiểu nguy cơ biến dạng và mất độ cứng. Các đặc điểm chung của phương pháp cắt bằng oxy gas có tại Bảng 1.

Một cách hiểu sai phổ biến là bạn cần áp suất oxy cao hơn để cắt thép cứng hơn. Cắt bằng oxy gas là quá trình sử dụng nhiệt có hiệu suất không bị ảnh hưởng bởi độ cứng của thép. Thép tấm chịu mài mòn Hardox® có hàm lượng hợp kim thấp, đặc tính này kết hợp với độ sạch của thép giúp việc cắt trở nên dễ dàng hơn.

Phương pháp cắt	Khe hở cắt	Vùng chịu ảnh hưởng nhiệt (HAZ)	Dung sai kích thước
Cắt bằng oxy gas	2-5 mm (0,079-0,197")	4-10 mm (0,157-0,394")	± 2,0 mm (0,079")

**Bảng 1:** Các tính năng chung đối với cắt bằng oxy gas.



## CẮT PLASMA

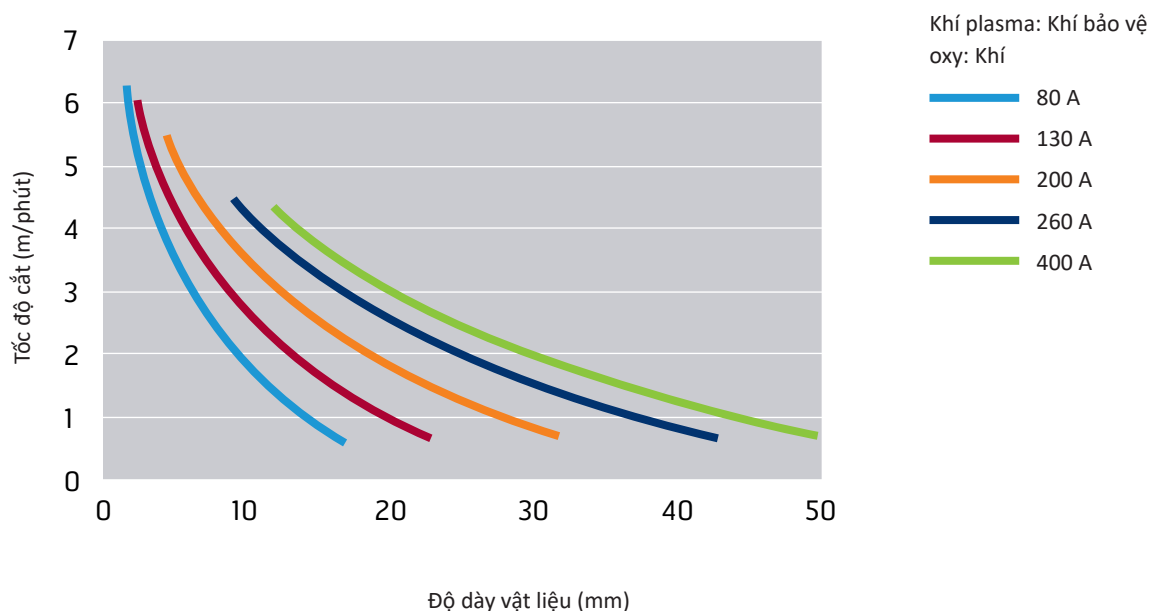
Thép Hardox® có thể cắt dễ dàng bằng quy trình cắt plasma. Phương pháp cắt plasma có giới hạn về độ dày vật liệu. Độ dày chính cần cắt phải dưới 50 mm (1,969") (tùy thuộc vào loại máy cắt plasma). Các đặc điểm chung đối với cắt plasma có tại Bảng 2.

Hình 1 thể hiện tốc độ cắt là một hàm theo độ dày vật liệu và công suất khả dụng để cắt plasma.

Không có sự khác biệt nào trong việc cắt plasma thép chịu mài mòn Hardox® so với thép thường. Có sự giảm về nhu cầu gia nhiệt trước hoặc gia nhiệt sau khi cắt plasma so với phương pháp cắt bằng oxy gas. Tuy nhiên, khi cắt plasma thép tấm Hardox® dày với oxy được sử dụng làm khí plasma, có thể cần gia nhiệt trước hoặc gia nhiệt sau. Sử dụng các thông số tương tự như đối với phương pháp cắt bằng oxy gas (Bảng 6) để tránh nứt cạnh cắt.

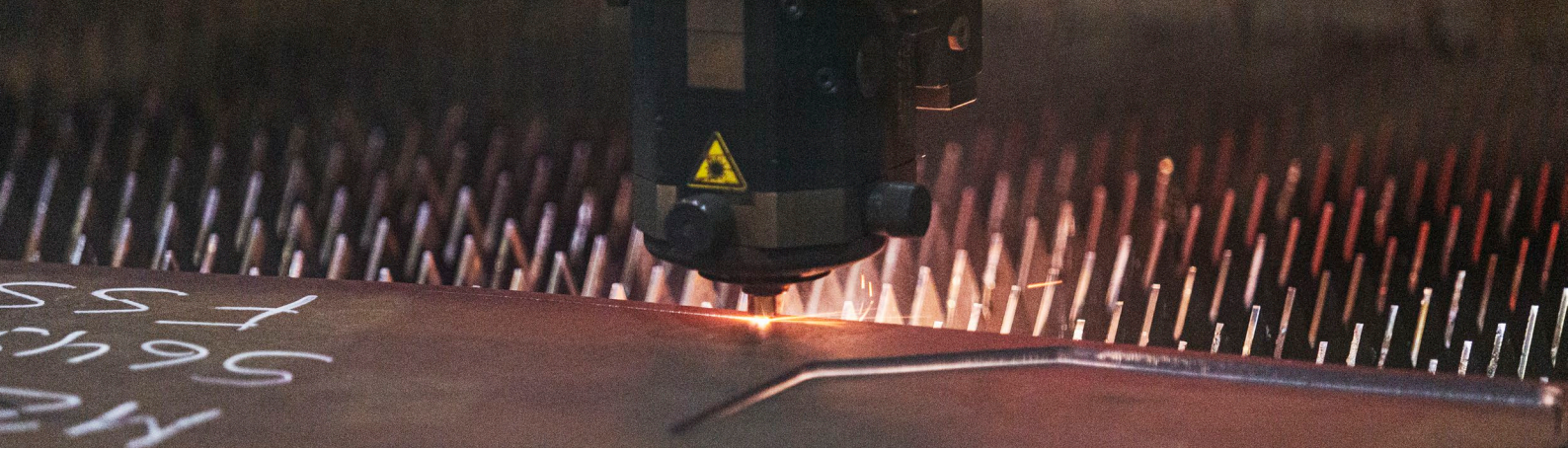
Phương pháp cắt	Khe hở cắt	Vùng chịu ảnh hưởng nhiệt (HAZ)	Dung sai kích thước
Cắt plasma	2-6,5 mm (0,079-0,256")	2-6,5 mm (0,079-0,256")	± 1,0 mm (0,039")

Bảng 2: Các tính năng chung đối với cắt bằng oxy gas.



Hình 1: Tốc độ cắt chung cho các nguồn điện plasma khác nhau.





## CẮT LASER

Có thể dễ dàng thực hiện cắt laser vật liệu Hardox® bằng cách sử dụng các thông số xử lý thông thường theo từng độ dày vật liệu nhất định. Độ dày cắt tối đa là xấp xỉ 30 mm (1,181”), tùy từng vào thiết bị cắt laser. Độ dày cắt phổ biến nhất là các độ dày dưới 25 mm (0,984). Các đặc điểm chung đối với phương pháp cắt laser có tại Bảng 3.

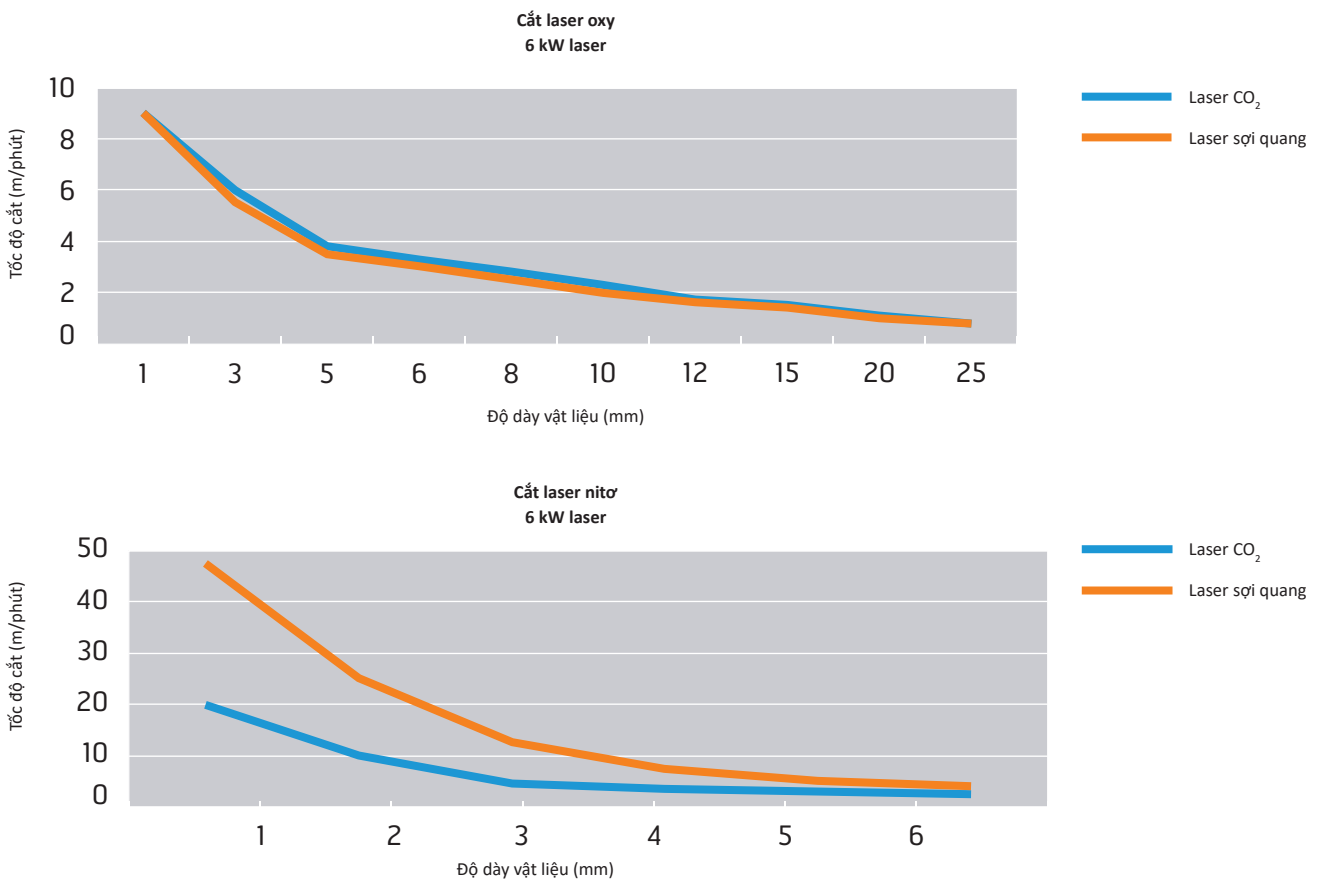
Một trong những ưu điểm của phương pháp cắt laser là tốc độ cắt cao. Hình 2 thể hiện tốc độ cắt là một hàm theo độ dày vật liệu, loại và công suất laser.

Do độ dày tương đối nhỏ và tác động nhiệt nhỏ nên không cần gia nhiệt trước hoặc gia nhiệt sau trong quá trình cắt laser thép Hardox®. Thay vào đó, việc gia nhiệt trước còn gây ảnh hưởng đến chất lượng cạnh cắt.

Không có sự khác biệt trong việc cắt laser thép Hardox® so với thép thường, vì vậy, bạn có thể sử dụng các thông số quy trình tương tự. Sơn lót làm giảm tốc độ cắt, nhưng điều này có thể được giải quyết bằng cách làm bay hơi sơn lót trước rồi cắt đường viền với tốc độ tối đa.

Phương pháp cắt	Khe hở cắt	Vùng chịu ảnh hưởng nhiệt (HAZ)	Dung sai kích thước
Cắt laser	< 1 mm (0,039")	0,2-2 mm (0,008-0,079")	± 0,2 mm (0,008")

**Bảng 3:** Các tính năng chung đối với phương pháp cắt laser.



**Hình 2:** Tốc độ cắt laser.

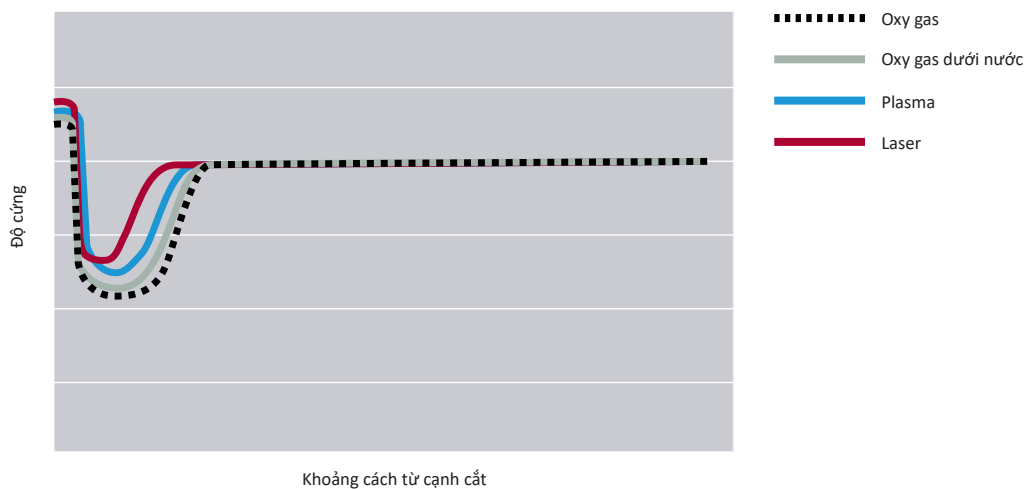


# ĐẶC TÍNH VỀ ĐỘ CỨNG TRONG VÙNG CHỊU ẢNH HƯỞNG NHIỆT (HAZ)

Các đặc tính của HAZ phụ thuộc vào:

- ▶ Thép có được tôi luyện trong quá trình sản xuất hay không, nếu có thì quá trình này được thực hiện như thế nào
- ▶ Thành phần hóa học của thép
- ▶ Tác động của việc xử lý nhiệt từ quá trình cắt

Bề rộng của HAZ tăng lên khi tăng tác động nhiệt trong quá trình cắt. Chẳng hạn, quá trình cắt với cùng công suất và giảm tốc độ cắt sẽ dẫn đến HAZ rộng hơn. Các quy trình cắt nhiệt khác nhau tạo ra tác động nhiệt khác nhau, dẫn đến HAZ rộng hơn hoặc hẹp hơn. Phương pháp cắt bằng oxy gas có tác động nhiệt cao nhất, tiếp theo là cắt plasma và cắt laser. Hình 3 minh họa HAZ theo từng mức thép Hardox® được cắt bằng các phương pháp cắt nhiệt khác nhau.



Hình 3: Sơ đồ độ cứng trong HAZ sau khi cắt nhiệt thép chịu mài mòn Hardox® với các phương pháp cắt khác nhau.

# RỦI RO TRONG QUÁ TRÌNH CẮT

## VẾT NỨT DO HYDRO

Vết nứt cạnh cắt là hiện tượng có liên quan chặt chẽ đến vết nứt do hydro tại các mối hàn và thường xảy ra nhất khi sử dụng các phương pháp cắt nhiệt. Trường hợp xảy ra hiện tượng nứt cạnh cắt, chúng sẽ có thể nhìn thấy bằng mắt thường trong khoảng từ 48 giờ đến vài tuần sau khi cắt. Nguy cơ nứt cạnh cắt tăng theo độ cứng của thép và độ dày của tấm thép, như minh họa tại Bảng 4. Tình trạng nứt cạnh cắt thường liên quan đến quá trình cắt nhiệt song nó cũng có thể phát sinh từ việc cưa hoặc cắt tia nước có hạt mài ở các vật liệu rất cứng.

Trong giai đoạn mới hình thành vết nứt, các vết nứt nhỏ hình thành ở trung tâm của tấm và chạy ngang trong vùng HAZ. Các vết nứt này hình thành ngay sau cạnh cắt và thường xuất hiện trong vòng vài giờ sau khi cắt. Chúng không thể nhìn thấy bằng mắt thường ở giai đoạn này.

Ở giai đoạn thứ hai, thường là sau vài ngày, các vết nứt sẽ lan đến bề mặt cạnh cắt và hình thành các vết nứt ngang dài hơn, thường lên tới 5-10 cm (1,969-3,937”).

Ở giai đoạn thứ ba (nếu có), thường là sau vài tuần, các vết nứt sẽ tiếp tục lan, đổi hướng và lan đến bề mặt tấm. Mặc dù các vết nứt dọc là không thường xuyên, nhưng nguy cơ này cũng tăng lên khi độ cứng và độ dày của thép tăng lên. Các vết nứt hydro do quá trình cắt được minh họa ở Hình 4.

**Bảng 4:** Nguy cơ xảy ra nứt cạnh nhiệt

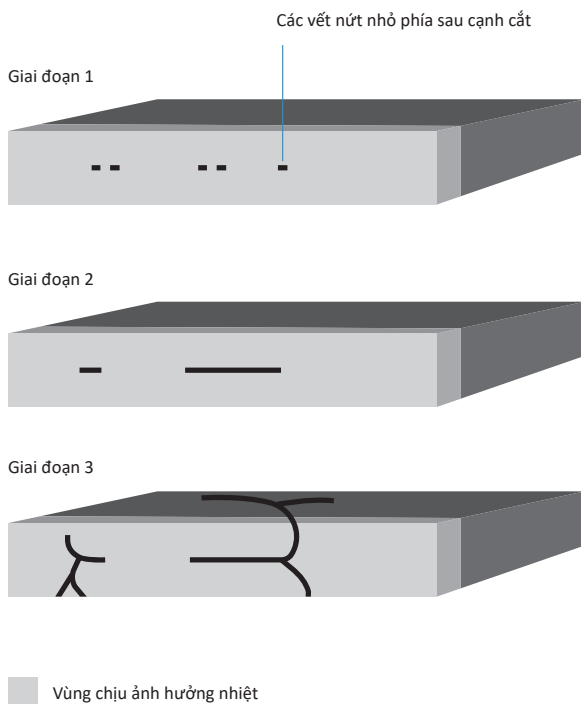
Độ dày tấm mm (in.)	10 (0,394)	15 (0,591)	20 (0,787)	30 (1,181)	40 (1,575)	50 (1,969)	60 (2,362)	70 (2,756)	80 (3,150)	90 (3,543)	100 (3,937)	125 (4,921)	160 (6,299)
Hardox® HiTemp	Không nhạy	Ít nhạy hơn	Nhạy hơn	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao
Thép Hardox® HiTuf	Không nhạy	Ít nhạy hơn	Nhạy hơn	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao
Hardox® 400	Không nhạy	Ít nhạy hơn	Nhạy hơn	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao
Hardox® 450	Không nhạy	Ít nhạy hơn	Nhạy hơn	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao
Hardox® HiAce	Không nhạy	Ít nhạy hơn	Nhạy hơn	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao
Hardox® 500	Không nhạy	Ít nhạy hơn	Nhạy hơn	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao
Hardox® 550	Không nhạy	Ít nhạy hơn	Nhạy hơn	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao
Hardox® 600	Không nhạy	Ít nhạy hơn	Nhạy hơn	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao
Hardox® Extreme	Không nhạy	Ít nhạy hơn	Nhạy hơn	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao	Độ nhạy cao

	Không nhạy
	Ít nhạy hơn
	Nhạy hơn
	Độ nhạy cao





**Hình 4:** Hình thành các vết nứt hydro tại và xung quanh cạnh cắt.



Nếu cắt một tấm thành các phần thì các ứng suất dư tại chỗ sẽ được xả bớt. Miếng cắt càng nhỏ, ứng suất dư còn lại càng thấp. Một miếng cắt đủ nhỏ sẽ chỉ chứa các ứng suất dư từ quá trình cắt nhiệt. Ngoài ra, một miếng cắt nhỏ có chiều dài cắt ngắn hơn miếng cắt lớn. Do đó, miếng cắt càng nhỏ, nguy cơ càng thấp. Một miếng cắt đủ nhỏ không có nguy cơ bị nứt (Bảng 5).

Các cạnh vát dễ bị nứt cạnh hơn các cạnh vuông.

Do tính chất xác suất nên không thể dự đoán chính xác vết nứt ở các cạnh cắt nhiệt. Nhưng chúng ta có thể tác động lớn đến khả năng bị nứt bằng cách lựa chọn quy trình cắt phù hợp.

Để hình thành các vết nứt hydro trong thép cần hội đủ ba điều kiện cùng lúc. Chúng là:

- ▶ Hàm lượng nguyên tố hợp kim tương đối cao.
- ▶ Ứng suất kéo lớn.
- ▶ Hàm lượng hydro trong vật liệu tương đối cao.

Các yếu tố này sẽ kết hợp với nhau. Giữ mức độ của chúng ở mức thấp phù hợp sẽ giúp giảm thiểu nguy cơ xảy ra nứt hydro.

**Bảng 5:** Ảnh hưởng của kích thước miếng cắt đến xác suất xảy ra các vết nứt cạnh cắt trong miếng đó

Kích thước miếng cắt	200x200 mm (7,874x7,874")	400x400 mm (15,748x15,748")	800x800 mm (31,496x31,496")	1600x1600 mm (62,992x62,992")	Lớn hơn
Rủi ro nứt cạnh tương đối đối với một miếng cắt	1	10	100	1000	5000



## Ảnh hưởng từ các nguyên tố hợp kim trong thép

Ảnh hưởng của các nguyên tố hợp kim là như nhau đối với quá trình cắt nhiệt và hàn. Điều này có nghĩa là các giá trị carbon tương đương cao hơn trong thép sẽ tương ứng với độ nhạy tăng lên đối với các vết nứt hydro. Nhìn chung, lượng cacbon tương đương tăng khi độ dày, độ cứng và cường độ của thép Hardox® tăng lên.

Do đó:

- ▶ Có nhiều hạn chế hơn đối với việc cắt các mác thép Hardox® với giá trị độ cứng tăng dần.

Độ dày tấm lớn hơn của một mác thép Hardox® cụ thể đi liền với nhiều hạn chế hơn trong việc giảm thiểu nguy cơ nứt hydro trong quá trình cắt.

Một số loại hợp kim có thể thúc đẩy sự hình thành các vết nứt hydro. Khi hàm lượng các nguyên tố này tăng, độ nhạy của thép cũng tăng lên, làm tăng các hạn chế cần thiết trong quá trình cắt để giảm thiểu nguy cơ nứt hydro.

Các khuyến nghị để ngăn ngừa vết nứt hydro trong thép chịu mài mòn Hardox® dựa trên các đánh giá kỹ lưỡng do SSAB thực hiện. Mục đích của các nghiên cứu này là đưa ra các khuyến nghị tối ưu liên quan đến các đặc tính riêng của từng mác thép Hardox®.

Để bổ sung cho các khuyến nghị từ SSAB, có thể sử dụng các mô hình chung khác để đánh giá các vết nứt hydro theo từng loại thép cường độ cao khác nhau. Các mô hình được thiết lập mô tả khả năng kháng các vết nứt hydro cho một số thép tấm nhất định theo giá trị carbon tương đương của nó, được tính từ hàm lượng hóa học của tấm thép. Giá trị carbon tương đương thấp hơn tương ứng với khả năng kháng nứt hydro cao hơn.

Có nhiều mô hình khác nhau về giá trị carbon tương đương và mỗi công thức đều xuất phát từ các nghiên cứu dựa trên từng loại thép cụ thể. Các giá trị carbon tương đương quốc tế phổ biến nhất là theo các mô hình CET và CEV.

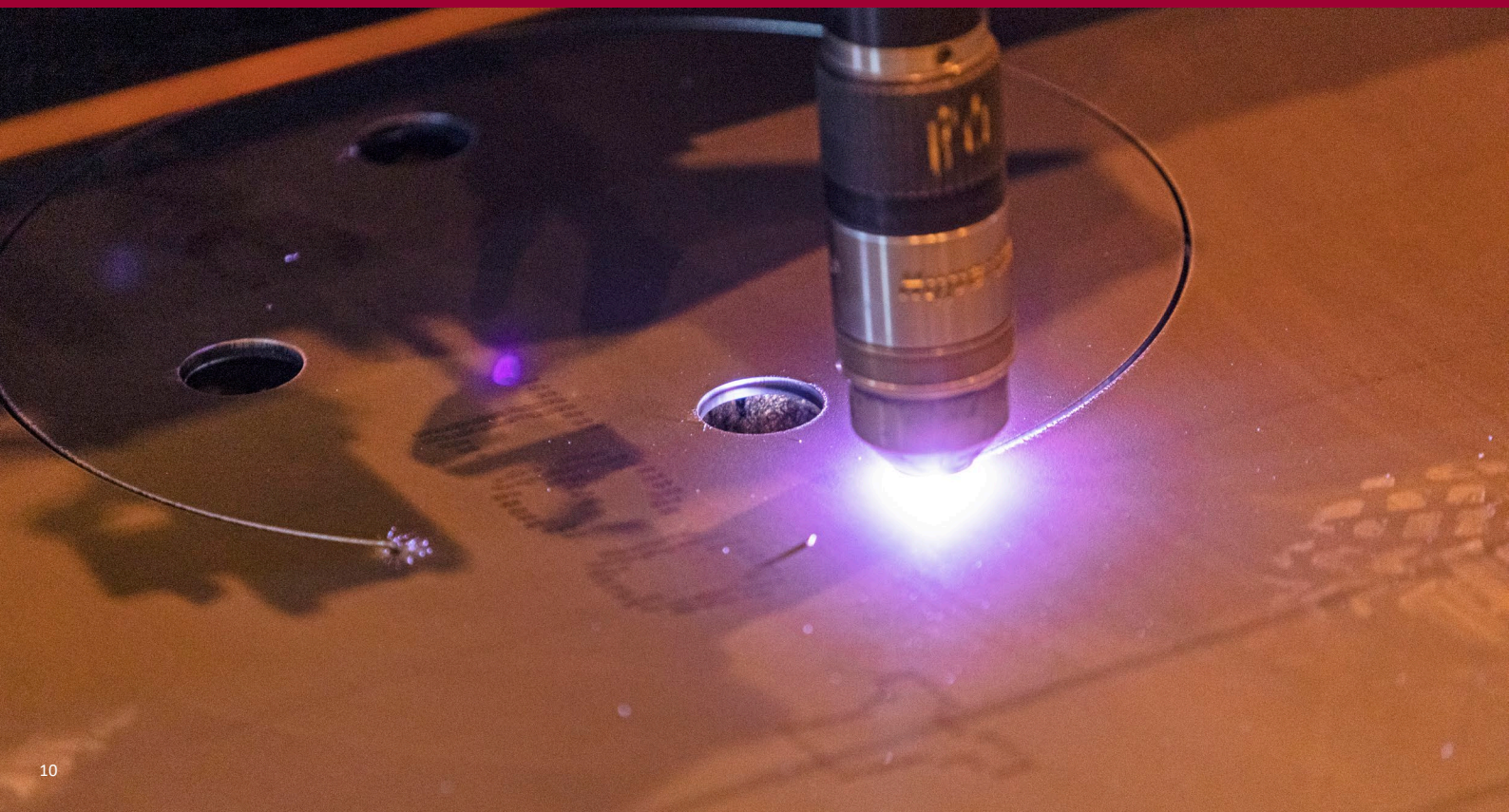
SSAB ưu tiên sử dụng công thức CET cho loại thép chịu mài mòn Hardox® vì giá trị carbon tương đương này được thiết kế đặc biệt phù hợp với các loại thép cường độ cao như thép tấm chịu mài mòn Hardox®. Công thức CEV cũng có giá trị đối với các loại thép cường độ cao; tuy nhiên, giá trị carbon tương đương của công thức này tập trung vào các loại thép không hợp kim và hợp kim thấp có cường độ thấp hơn thép chịu mài mòn Hardox®.

Các công thức để tính giá trị CET và CEV được xác định bên dưới. CEV còn được gọi là CE. Khi tính toán giá trị carbon tương đương, cần sử dụng hàm lượng hợp kim ghi trên giấy chứng nhận chất lượng của tấm. Tất cả các nguyên tố hợp kim được mô tả theo tỷ lệ phần trăm trọng lượng của chúng trong các công thức được trình bày dưới đây.

**CET = C + (Mn + Mo) / 10 + (Cr + Cu) 20+ Ni / 40 [%] Công thức 4.1**

**CEV = C + (Cr + Mo + V) / 5 + Mn / 6 + (Ni + Cu) / 15 [%] Công thức 4.2**

Tính toán giá trị carbon tương đương là phương tiện để xác định liệu có cần gia nhiệt trước để tránh vết nứt hydro hay không và cần gia nhiệt đến mức nào. Các phương pháp xác định nhiệt độ gia nhiệt trước trong bối cảnh này là phương pháp CET và phương pháp CEV, đề cập đến các giá trị carbon tương đương tương ứng. Hai phương pháp này được mô tả trong Tiêu chuẩn Châu Âu EN1011-2.





# Ứng suất

## Ứng suất kéo do cắt

Quá trình cắt gây ra tình trạng xử lý nhiệt không đồng đều giữa cạnh cắt và khu vực xung quanh. Chẳng hạn, nhiệt độ đỉnh trong thép giảm khi khoảng cách từ cạnh cắt tăng lên. Tình trạng xử lý nhiệt không đồng đều này làm cho các đặc tính cơ học trong HAZ thay đổi. Phương pháp cắt nhiệt luôn tạo ra ứng suất kéo trong và xung quanh khu vực cần cắt. Quá trình cắt nhiệt thép chịu mài mòn Hardox® sẽ tạo ra một HAZ có thể được chia thành hai vùng, một vùng tôi và một vùng ủ.

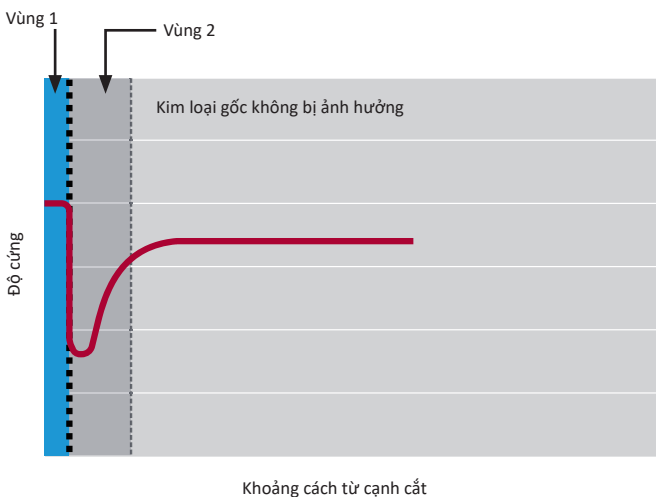
Phần bên ngoài của HAZ, nằm trong khoảng 1-2 mm (0,039-0,079") từ cạnh cắt, đã được gia nhiệt đến trên 900 °C (482 °F) trong quá trình cắt. Sau khi mở cắt đi qua, nhiệt nhanh chóng lan ra khắp tấm, làm nguội vật liệu ở vùng 1 nhanh đến mức vật liệu được tôi lại.

Độ cứng, cũng như cường độ ở khu vực này cao hơn so với các phần khác của HAZ và phần kim loại gốc không bị ảnh hưởng.

Vùng 2 - vùng nằm giữa vùng 1 và vật liệu gốc không bị ảnh hưởng được gia nhiệt đến nhiệt độ dưới 900 °C (1,652 °F) trong quá trình cắt. Các giá trị về độ cứng trong vùng này thay đổi tùy thuộc vào mức thép và hiệu suất cắt. Vật liệu trong khu vực này được ủ bằng nhiệt từ hoạt động cắt.

Trong quá trình nguội, vùng 1 sẽ mở rộng theo bề dày trong khi vùng 2 không bị ảnh hưởng hoặc thậm chí co lại. Do đó, ứng suất kéo dư được tạo ra theo hướng bề dày ở vùng 2. Khu vực này có ứng suất kéo cao và là nơi hình thành các vết nứt hydro. Xu hướng chung là các mức ứng suất này tăng lên khi độ dày tấm lớn hơn.

Hình 5 minh họa các vùng khác nhau của HAZ ở Hardox® 450 cắt nhiệt.



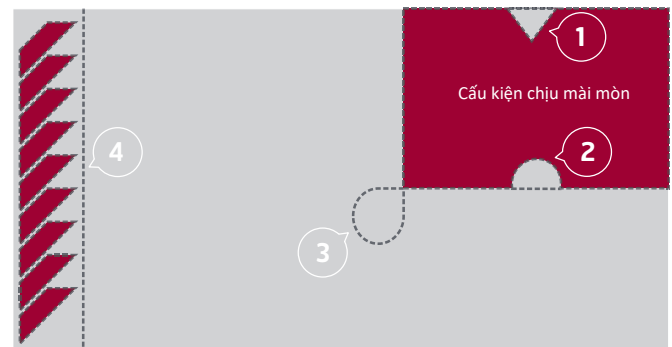
Hình 5: Sơ đồ độ cứng của HAZ do cắt nhiệt Hardox® 450.

## Ứng suất kéo do trường ứng suất chung

Quá trình tôi thép chịu mài mòn tạo ra ứng suất dư. Trong quá trình cắt các phiê có góc sắc, ứng suất dư từ quá trình sản xuất được tập trung ở những khu vực này. Lượng ứng suất tập trung này có thể đủ cao cho việc hình thành các vết nứt hydro, do đó, các góc nhọn sẽ làm tăng nguy cơ nứt cạnh cắt. Điều này đúng với các phương pháp cắt nhiệt và cắt nguội như cắt AWJ. Các hành động sau đây sẽ làm giảm nguy cơ nứt (Xem Hình 6):

1. Nếu có thể, tránh các góc nhọn hướng vào trong.
2. Nếu có thể, sử dụng các dạng hình không có góc nhọn.
3. Khi không thể tránh được các góc nhọn, hãy tạo các vòng tròn quanh các góc hướng ra ngoài, nếu có thể.
4. Nếu bắt buộc phải dùng thao tác cắt (tức là qua dêm), tạo vết cắt xóa để loại bỏ các yếu tố tăng ứng suất.

Ngoại trừ Hardox® HiTuf và Hardox® HiTemp, tất cả các mức thép Hardox® đều nhạy cảm với vết nứt cạnh ở các dạng hình học sắc.



Hình 6: Một quy trình thích hợp để cắt góc. Lưu ý rằng tốc độ cắt cần được giảm tại vị trí chuyển hướng, nơi đường cắt giao nhau, để đạt được hoạt động cắt ổn định.

## HYDRO

Các vết nứt do quá trình cắt có liên quan chặt chẽ đến hydro. Những vết nứt này xảy ra với độ trễ thời gian sau khi cắt. Khi nào tấm còn nóng, khoảng 200 °C (392 °F), thì tấm sẽ không bị nứt. Khi nhiệt độ giảm xuống dưới 200 °C (392 °F), các vết nứt có thể hình thành với độ trễ về thời gian. Trường hợp xảy ra các vết nứt, các vết này sẽ hình thành vài giờ sau khi cắt và quá trình hình thành vết nứt thường sẽ hoàn thành sau hai ngày. Trong trường hợp xấu nhất, việc bắt đầu vết nứt có thể mất vài tuần. Hydro được hòa tan trong tấm thép. Hàm lượng hydro càng thấp, tấm thép càng ít bị nứt. Nếu tấm thép không có hydro, sẽ không xảy ra vết nứt khi cắt. Cho đến ngày nay, nguyên nhân chính xác về cách thức hydro gây ra vết nứt cắt vẫn là một bí ẩn.

Với phương pháp cắt ở nhiệt độ cao, cạnh cắt sẽ nóng trong một khoảng thời gian tương đối dài sau khi cắt. Thép càng nóng, hydro sẽ càng giải phóng ra khỏi vết cắt càng nhanh. Ở nhiệt độ dưới 100 °C (212 °F), quá trình giải phóng hydro chậm đến mức không đáng kể gì. Nếu thép vẫn ở trên 100 °C (212 °F) trong nhiều giờ, hydro sẽ bị đẩy ra khỏi vết cắt và giảm nguy cơ nứt.



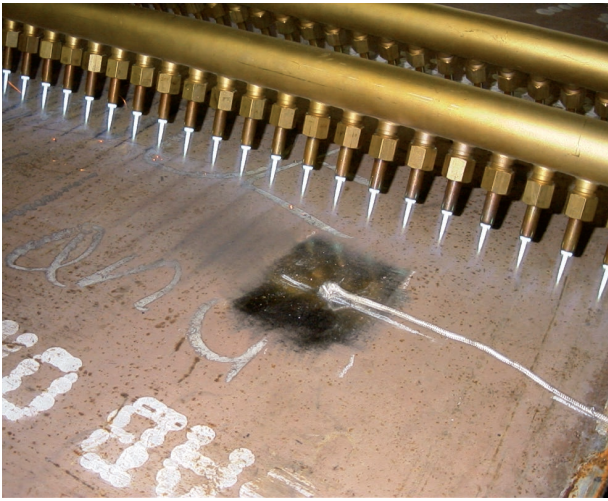
# CÁC BIỆN PHÁP PHÒNG TRÁNH NÚT DO HYDRO

Để tránh nứt cạnh cắt, điều quan trọng là phải duy trì cả hàm lượng hydro lẫn ứng suất kéo trong HAZ càng thấp càng tốt.

Các hành động sau đây có thể giúp giảm thiểu hàm lượng hydro cũng như ứng suất dư trong HAZ.

1. Gia nhiệt trước tấm thép
2. Gia nhiệt sau
3. Giảm tốc độ cắt (oxy gas)
4. Kt hợp giữa gia nhiệt trước, gia nhiệt sau và giảm tốc độ cắt, cùng với quy trình làm nguội kéo dài của HAZ





Hình 7: Gia nhiệt trước bằng giàn

## GIA NHIỆT TRƯỚC

Một phương pháp tránh nứt hydro khi cắt là gia nhiệt trước vật liệu. Nhiệt sẽ giúp giải phóng hydro ra khỏi cạnh cắt nhiều hơn, đồng thời giảm tốc độ làm nguội của cạnh cắt, từ đó giảm các ứng suất kéo tạo ra. Tốt nhất là thực hiện gia nhiệt trước khi cắt bằng oxy gas và cắt plasma với oxy làm khí plasma.

Đối với tất cả các loại cắt laser và cắt plasma với nitơ, không nên gia nhiệt trước do tác động không tốt của khí này đối với chất lượng cạnh cắt.

Tùy từng tình huống, có thể gia nhiệt một phần tấm thép hoặc toàn bộ tấm thép. Một số cách gia nhiệt trước tấm thép phổ biến là:

- ▶ Gia nhiệt lò
- ▶ Gia nhiệt giàn
- ▶ Thảm điện

Gia nhiệt trong lò là cách tốt nhất để gia nhiệt trước tấm vì phương pháp này giúp đảm bảo nhiệt độ đồng đều ở toàn bộ tấm thép. Ngoài ra, có thể tiến hành gia nhiệt giàn đối với tấm chịu mài mòn Hardox®, xem Hình 7. Điều quan trọng là các mỏ nhiệt phải ở trạng thái chuyển động để nhiệt độ của tấm thép không vượt quá nhiệt độ gia nhiệt trước tối đa. Hơn nữa, nhiệt độ gia nhiệt trước được đo ở phía mặt đối diện tại vị trí gia nhiệt trước.

Thảm điện là phương pháp gia nhiệt trước chậm, vì vậy, một thông lệ tốt để gia nhiệt trước đến 150-200 °C (302-392 °F) là gia nhiệt trước qua đêm và bắt đầu thao tác cắt vào sáng hôm sau.

Bảng 6 minh họa một số khuyến nghị gia nhiệt trước cho hoạt động cắt bằng oxy gas.

Bảng 6: Nhiệt độ gia nhiệt trước đối với cắt oxy gas cho các mác thép Hardox®.

Mác thép	Độ dày tấm, mm (in.)	Nhiệt độ gia nhiệt trước tối thiểu, °C (°F)	Nhiệt độ gia nhiệt trước tối đa, °C (°F)
Hardox® HiAce	4 < 25 mm (0,157" < 0,984")	Không gia nhiệt trước	
Hardox® HiTemp	5-51 mm (0,197-2,008")	Không gia nhiệt trước	500 (932)
Thép Hardox® HiTuf	< 90 mm (<3,543")	Không gia nhiệt trước	300 (572)
	≥ 90 mm (≥ 3,543")	100 (212)	
Hardox® 400	< 45 mm (< 1,772")	Không gia nhiệt trước	225 (437)
	45-59,9 mm (1,772-2,358")	100 (212)	
	60-80 mm (2,362-3,150")	150 (302)	
	> 80 mm (> 3,150")	175 (347)	
Hardox® 450	< 40 mm (< 1,575")	Không gia nhiệt trước	225 (437)
	40-49,9 mm (1,575-1,965")	100 (212)	
	50-69,9 mm (1,969-2,752")	150 (302)	
	≥ 70 mm (≥ 2,756")	175 (347)	
Hardox® 500 Tuf	4-25,4 mm (0,157-1")	Không gia nhiệt trước	
Hardox® 500	< 25 mm (< 0,984")	Không gia nhiệt trước	225 (437)
	25-49,9 mm (0,984-1,965")	100 (212)	
	50-59,9 mm (1,969-2,358")	150 (302)	
	≥ 60 mm (≥ 2,362")	175 (347)	
Hardox® 550	< 20 mm (< 0,787")	Không gia nhiệt trước	200 (392)
	20-51 mm (0,787-2,008")	150 (302)	
	> 51 mm (> 2,008")	175 (347)	
Hardox® 600	< 12 mm (< 0,472")	Không gia nhiệt trước	180 (356)
	12-65 mm (0,472-2,559")	170 (338)	
Hardox® Extreme*	8-19 mm (0,315-0,748")	100 (212)	100 (212)

\* SSAB khuyến nghị sử dụng phương pháp cắt AWJ. Nếu chỉ áp dụng được phương pháp cắt bằng oxy gas, hãy làm theo các khuyến nghị trong Bảng 6.

## GIA NHIỆT SAU

Gia nhiệt sau là phương pháp tin cậy giúp tránh nứt cạnh cắt. Có thể thực hiện phương pháp này trong lò hoặc với mỏ cắt. Điều quan trọng là cần thực hiện quá trình gia nhiệt sau càng sớm càng tốt sau khi miếng thép đã được cắt ra. Khoảng thời gian từ khi bắt đầu quy trình cắt cho đến khi bắt đầu quy trình gia nhiệt sau phải càng ngắn càng tốt và không được vượt quá 60 phút.

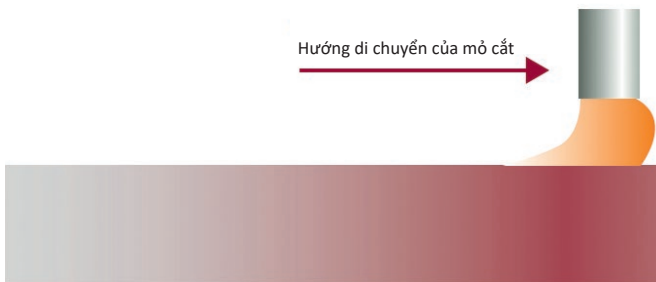
Trường hợp sử dụng lò nung, nhiệt độ không được vượt quá nhiệt độ tối đa cho phép được nêu tại Bảng 6 và tấm thép phải ở trong lò cho đến khi đạt đến nhiệt độ này. Tùy thuộc vào độ dày của tấm thép, thời gian duy trì có thể khác nhau; theo quy tắc ngón tay cái, thời gian gia nhiệt sau cần kéo dài ít nhất 5 phút cho mỗi mm độ dày tấm thép (tức là 50 phút đối với tấm dày 10 mm (0,394)). Quá trình gia nhiệt sau trong lò sẽ cho phép dịch chuyển hydro nhiều hơn từ HAZ cũng như giảm một chút các ứng suất kéo trong HAZ.

Trường hợp sử dụng mỏ cắt (Hình 9), điều quan trọng là không gia nhiệt quá mức. Nhiệt độ của cạnh cắt không được vượt quá 700 °C (1,292 °F), ưu tiên từ 300 đến 500 °C (572-932 °F). Thông thường,

quá trình xử lý gia nhiệt sau sử dụng mỏ cắt được thực hiện thủ công và trong trường hợp này, điều quan trọng là phải biết cách kiểm soát nhiệt độ. Bước này được thực hiện bằng cách quan sát màu sắc của cạnh cắt ở mỏ cắt; màu sắc chỉ nên dừng ở mức bắt đầu phát sáng (đỏ rất đậm). Màu đỏ cherry sáng hoặc màu cam đậm biểu thị nhiệt độ quá cao và quá trình gia nhiệt sau sẽ không thành công, xem Hình 8.

Ngoài ra, có thể kiểm soát nhiệt độ bằng nhiệt kế hồng ngoại, hướng trực tiếp đến cạnh cắt ở ngọn lửa (Hình 10).

Nhiệt từ mỏ cắt sẽ làm dịu vùng tôi của HAZ, giúp giảm ứng suất kéo ở cạnh cắt. Mỏ cắt sử dụng cần có ngọn lửa tương đối lớn với cường độ thấp. Điều này sẽ cho phép nhiệt tiếp cận sâu hơn vào vật liệu mà không gia nhiệt quá nhiều.



Hình 8: Màu của cạnh cắt phía sau mỏ cắt sau khi gia nhiệt.



Hình 9: Gia nhiệt sau theo cách thủ công.



Hình 10: Đo nhiệt độ trong quá trình gia nhiệt sau.



## GIẢM TỐC ĐỘ CẮT

Giảm tốc độ cắt là phương pháp thuận tiện giúp giảm nguy cơ xảy ra vết nứt trong quá trình cắt bằng oxy gas. Khi tốc độ cắt giảm, vật liệu nóng lên xung quanh mặt cắt và vùng chịu ảnh hưởng nhiệt sẽ lan rộng hơn. Điều này ảnh hưởng đến các ứng suất dư theo cách làm giảm nguy cơ nứt cạnh cắt. Tuy nhiên, cần lưu ý rằng giảm tốc độ cắt không đáng tin cậy bằng gia nhiệt trước hoặc gia nhiệt sau và chỉ nên sử dụng làm phương pháp dự phòng khi xưởng không có thiết bị gia nhiệt trước hoặc sau thích hợp (ví dụ).

SSAB khuyến nghị sử dụng phương pháp gia nhiệt trước thay vì giảm tốc độ cắt. SSAB không đảm bảo rằng vết nứt sẽ không xuất hiện bằng giảm tốc độ cắt; tuy nhiên, rủi ro xảy ra các vết nứt này sẽ giảm so với việc cắt ở tốc độ bình thường đối với các tấm thép nguội.

Trường hợp áp dụng phương pháp giảm tốc độ cắt, cần đảm bảo tốc độ cắt không vượt quá tốc độ cắt được nêu tại Bảng 7. Nếu không, sẽ không giảm được rủi ro xảy ra vết nứt.

Không sử dụng vòi phun quá lớn. Theo đó, hãy sử dụng vòi phun 25-50 mm (1-2") thay vì vòi phun 50-100 mm (2-4") cho thép tấm Hardox® dày 50 mm (1,969"). Để có được chất lượng cắt cạnh tốt, cần giảm áp suất oxy khi cắt. Lượng áp suất cần đảm bảo phụ thuộc vào loại và kích thước của vòi phun. Luôn thực hiện cắt thử và điều chỉnh áp suất oxy cắt cho đến khi đạt được chất lượng cạnh cắt như ý muốn.

Đảm bảo tấm thép Hardox® ấm nhất có thể trước khi cắt. Chẳng hạn, trong mùa đông, cần bảo quản các tấm thép trong nhà xưởng một thời gian trước khi cắt.

Phương pháp giảm tốc độ cắt không áp dụng cho cắt plasma.

Độ dày tấm tối đa	Hardox® HiTemp	Hardox® HiTuf	Hardox® 400	Hardox® 450	Hardox® 500	Hardox® 550	Hardox® 600	Hardox® Extreme
12 mm (0,472")	không hạn chế	không hạn chế	không hạn chế	không hạn chế	không hạn chế	không hạn chế	không hạn chế	**
15 mm (0,591")	không hạn chế	không hạn chế	không hạn chế	không hạn chế	không hạn chế	không hạn chế	300	**
20 mm (0,787")	không hạn chế	không hạn chế	không hạn chế	không hạn chế	không hạn chế	không hạn chế	200	**
25 mm (0,984")	không hạn chế	không hạn chế	không hạn chế	không hạn chế	300	270	180	
30 mm (1,181")	không hạn chế	không hạn chế	không hạn chế	không hạn chế	250	230	150	
35 mm (1,378")	không hạn chế	không hạn chế	không hạn chế	không hạn chế	230	190	140	
40 mm (1,575")	không hạn chế	không hạn chế	không hạn chế	230	200	160	130	
45 mm (1,772")	không hạn chế	230	230	200	170	140	120	
50 mm (1,969")	không hạn chế	210	210	180	150	130	110	
60 mm (2,362")		200	200	170	140	*	*	
70 mm (2,756")		190	190	160	135	*	*	
80 mm (3,150")		180	180	150	130			
>80 mm (3,150")		*	*	*	*			

**Bảng 7:** Tốc độ cắt tối đa (mm/phút) (inch/phút) cho cắt bằng oxy gas mà không có gia nhiệt trước. Bản thân phương pháp cắt chậm không đủ để chống các vết nứt cắt ở thép Hardox® Extreme. Nếu phương pháp có sẵn duy nhất là cắt bằng oxy gas, hãy kết hợp quá trình gia nhiệt trước với gia nhiệt sau bằng mỏ cắt.

\*Chỉ áp dụng gia nhiệt trước. \*\* SSAB khuyến nghị cắt AWI.

## LÀM NGUỘI CHẬM

Bất kể các miếng cắt có được gia nhiệt trước hay không, tốc độ làm nguội chậm sẽ làm giảm nguy cơ nứt cạnh cắt. Yêu cầu làm nguội chậm có thể đạt được nếu các miếng cắt được xếp chồng lên nhau trong khi vẫn đủ ấm từ quá trình cắt và được phủ một tấm chắn cách nhiệt. Để các miếng cắt nguội dần đến nhiệt độ phòng.

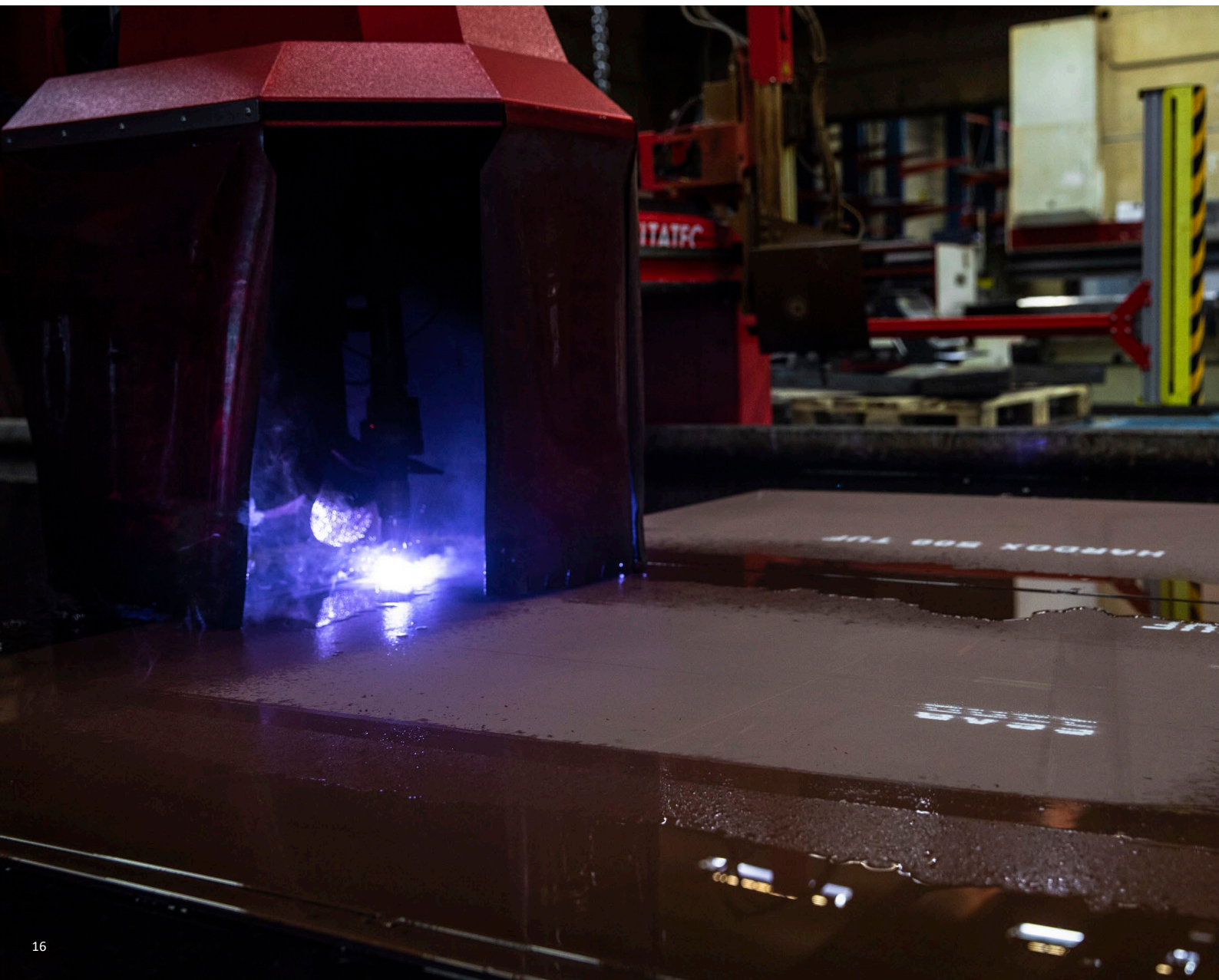


# MỀM HÓA

Khả năng chống mềm hóa của thép phụ thuộc vào đặc tính hóa học, vi cấu trúc của thép và cách thức xử lý. Miếng cắt nhiệt càng nhỏ, nguy cơ toàn bộ miếng bị mềm hóa càng cao. Nếu nhiệt độ của thép quá cao, độ cứng của thép sẽ giảm, như trong Hình 11 (Kiểm tra nhiệt độ tối đa cho phép trong Bảng 6).



Hình 11: Độ cứng bề mặt so với nhiệt độ ủ.





# GIẢM THIỂU NGUY CƠ MỀM HÓA

## Phương pháp cắt

Khi tấm thép được cắt thành các miếng nhỏ, nhiệt từ mỏ cắt và quá trình gia nhiệt trước sẽ được tích lũy trong phôi. Kích thước của miếng cắt càng nhỏ thì nguy cơ mềm hóa càng cao. Khi oxy gas được sử dụng để cắt các tấm dày 30 mm (1,181) hoặc tấm dày hơn, quy tắc chung là: Có nguy cơ mất độ cứng của toàn bộ miếng cắt nếu khoảng cách giữa hai vết cắt dưới 200 mm (7,874). Với độ dày dưới 30 mm (1,181), có thể cắt các mảnh nhỏ hơn mà không làm giảm độ cứng. Một cách thuận tiện để xác định xem miếng cắt có quá nhỏ hay không là đo trực tiếp nhiệt độ của miếng ngay sau khi cắt. Nhiệt độ tối đa cho phép như được nêu tại Bảng 6.

Cách tốt nhất để loại bỏ nguy cơ mềm hóa là sử dụng các phương pháp cắt nguội, chẳng hạn như cắt tia nước có hạt mài. Trường hợp cần thực hiện phương pháp cắt nhiệt, tốt hơn là cắt bằng tia laser hoặc plasma thay vì oxy gas. Lý do là vì cắt bằng oxy gas tạo ra nhiều nhiệt cho phôi hơn so với cắt plasma hoặc laser.

## Cắt chìm

Một cách hiệu quả để hạn chế và giảm thiểu các vùng bị mềm hóa là làm nguội tấm thép và bề mặt cắt bằng nước trong quá trình cắt. Có thể thực hiện bằng cách nhúng tấm thép vào nước (Hình 12) hoặc bằng cách phun nước lên tấm kim loại trong và sau khi cắt.

Ngay cả khi cắt bằng cách ngâm hoặc phun nước lên miếng cắt trong và sau khi cắt thì vẫn có một vùng bị mềm hóa ở cạnh cắt ở khoảng cách khoảng 5-10 mm (0,197 - 0,394”).

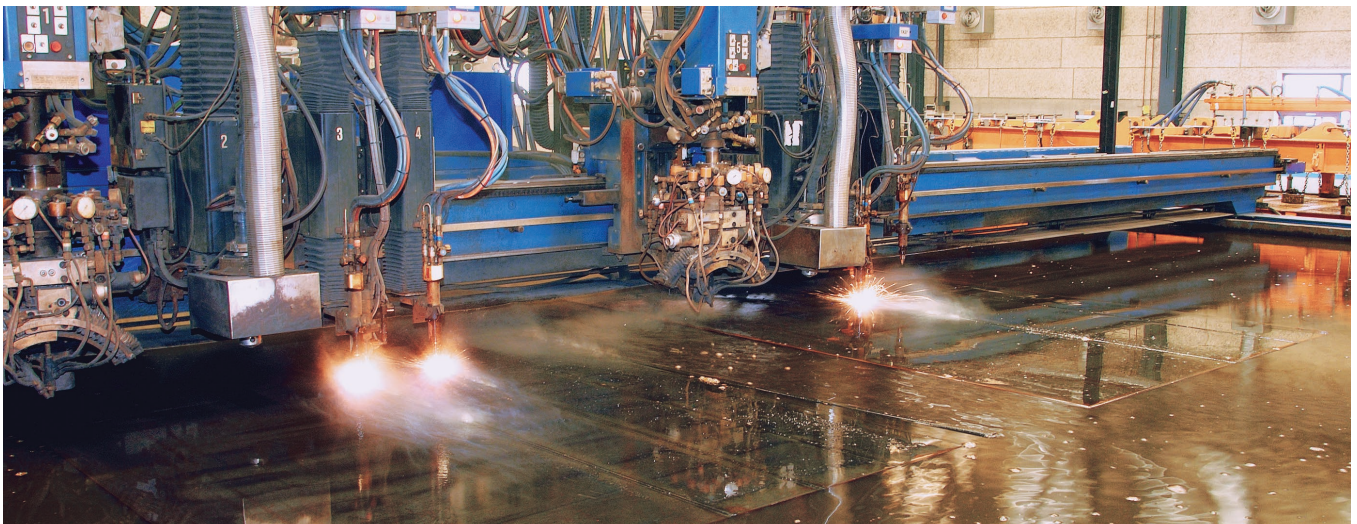
Nước sẽ bị đẩy ra bởi ngọn lửa mồi và tia oxy làm nước không thể làm nguội mặt cắt. Khi nước chạm tới thì cạnh cắt đã bị mềm hóa rồi. Mặt khác, phương pháp làm nguội bằng nước giúp miếng cắt không bị mềm hóa “toàn diện”.

Có thể thực hiện cắt chìm bằng cả phương pháp cắt plasma lẫn cắt bằng oxy gas. Một số ưu điểm của phương pháp cắt chìm như sau:

- ▶ Ngăn tình trạng mất độ cứng của toàn bộ miếng cắt
- ▶ Giảm tình trạng biến dạng miếng cắt
- ▶ miếng cắt được làm nguội trực tiếp sau khi cắt
- ▶ Không có khói hoặc bụi
- ▶ Giảm độ ồn

Vì quá trình gia nhiệt trước không áp dụng cho phương pháp cắt chìm nên các biện pháp duy nhất có thể áp dụng để tránh nguy cơ nứt hydro là gia nhiệt và giảm tốc độ cắt. Khi cắt các mảnh nhỏ từ thép tấm chịu mòn Hardox® dày, việc sử dụng oxy gas có nguy cơ gây mềm hóa cũng như nứt cạnh cắt. Cách tốt nhất để tránh tình trạng này là thực hiện cắt chìm ở tốc độ cắt thấp hoặc thực hiện xử lý gia nhiệt sau đối với các miếng cắt. Quá trình gia nhiệt sau có thể được thực hiện bằng mỏ cắt hoặc trong lò.

Hình 12: Cắt chìm.



# LỜI KHUYÊN THIẾT THỰC

## XỬ LÝ TẤM

Trong khi bảo quản Hardox® 550, Hardox® 600 và Hardox® Extreme, cần đảm bảo rằng các tấm thép không bị uốn cong ba điểm. Tình trạng uốn cong ba điểm có thể xảy ra nếu các tấm được xếp kê lên nhau và gỗ kê không được đặt đúng vị trí. Cần luôn đảm bảo rằng tấm gỗ kê ở mỗi lớp được đặt ngay trên tấm gỗ của lớp bên dưới.



Hình 13a: Các tấm xếp chồng đúng cách.



Hình 13b: Các tấm xếp chồng không đúng cách

Không bao giờ trả về kho khi tấm thép còn có bất cứ góc nhọn nào. Các góc này sẽ hoạt động như các yếu tố tăng ứng suất và có thể gây ra các vết nứt chậm trên tấm thép. Luôn thực hiện vết cắt xóa để loại bỏ các góc nhọn này trước khi đưa tấm trở lại kho. Điều này đúng với tất cả các phương pháp cắt, bao gồm cắt nhiệt và cắt nguội như cắt AWJ. Hardox® 550, Hardox® 600 và Hardox® Extreme đặc biệt nhạy cảm với điều này.



# GIA NHIỆT TRƯỚC VÀ GIA NHIỆT SAU

Một giải pháp đơn giản và tiết kiệm để gia nhiệt trước là sử dụng các miếng gia nhiệt bằng điện và chắn cách nhiệt (Rockwool hoặc sản phẩm cách nhiệt tương tự).

## Giải pháp ứng biến cho gia nhiệt trước



1. Đặt tấm bảo vệ lên sàn (nếu sàn nhạy cảm với nhiệt)



2. Đặt tấm đỡ lên trên (trong trường hợp này là dầm chữ U)



3. Đậy lại bằng tấm cách nhiệt



4. Đặt miếng gia nhiệt bằng điện lên trên



5. Đặt tấm thép lên và đặt các cặp nhiệt để ghi lại nhiệt độ theo thời gian



6. Đậy toàn bộ bằng dụng cụ cách nhiệt

Một giải pháp tiết kiệm và thiết thực khác là thiết kế một chiếc hộp xử lý nhiệt và sử dụng với thiết bị gia nhiệt bằng điện.



Có thể dễ dàng sử dụng thiết bị này cho quá trình gia nhiệt trước, gia nhiệt sau và làm nguội chậm.

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 tấm 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 © 2021 SSAB AB. Mọi quyền được bảo hộ.