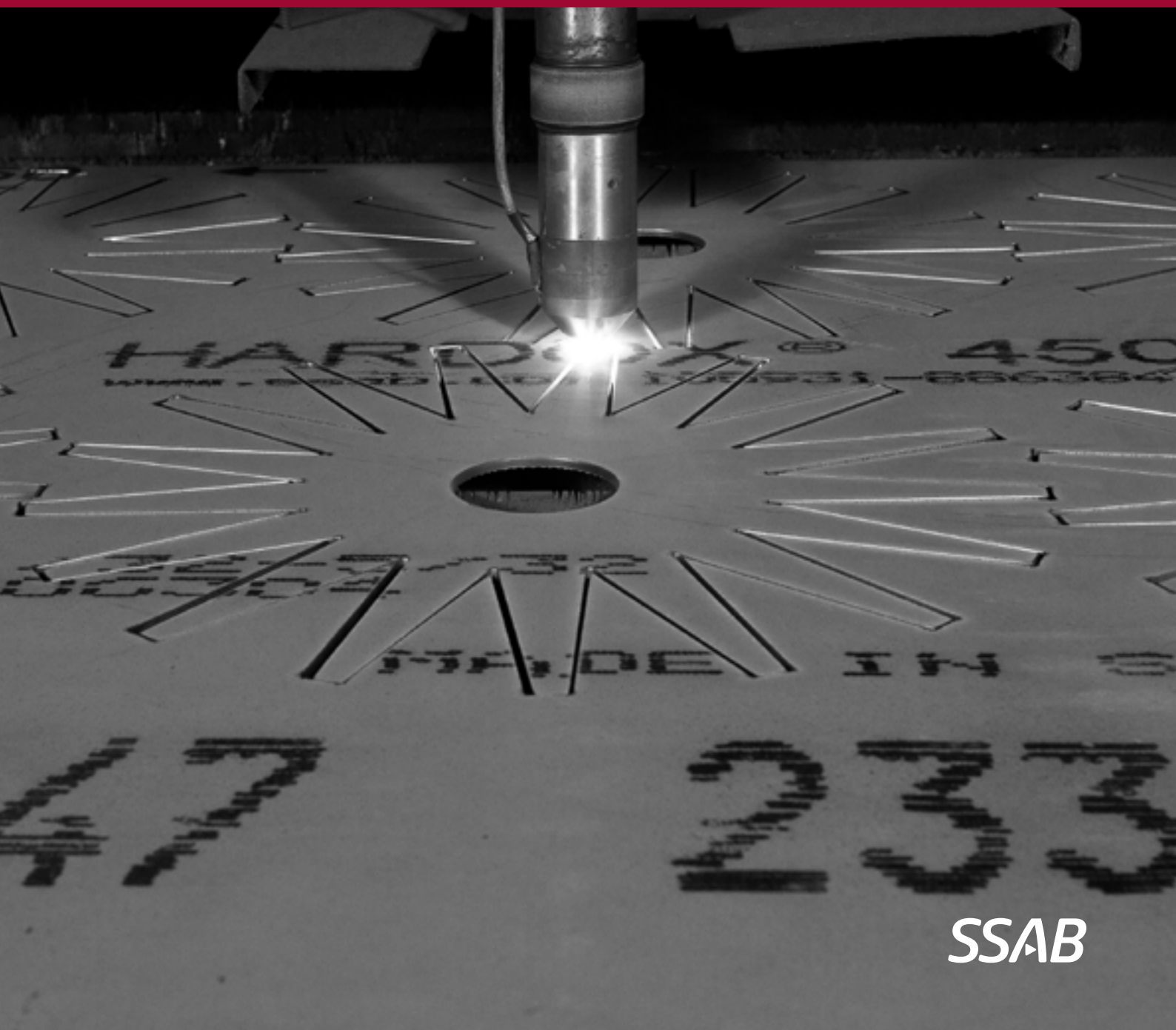


**HARDOX<sup>®</sup>**  
WEAR PLATE

# HARDOX<sup>®</sup> の切断

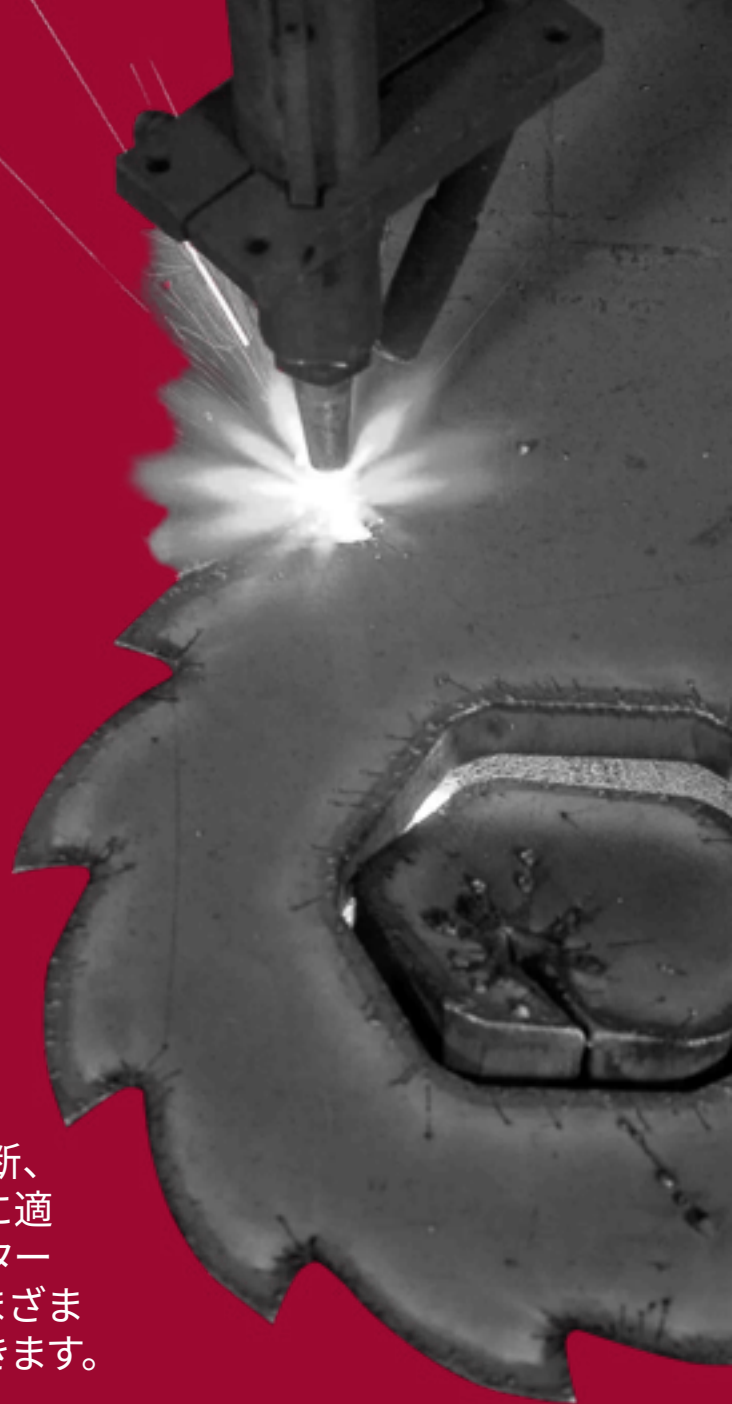


**SSAB**

# 目次

Hardox®耐摩耗鋼板	3
切断方法	4
ガス切断	4
プラズマ切断	5
レーザー切断	6
熱影響部(HAZ)の硬度特性	7
切断リスク	8
水素割れ	8
水素	12
水素割れを防止するための対策	12
予熱	13
後熱処理	14
低速切断	15
徐冷	15
軟化	16
軟化リスクの軽減	17
アドバイス	18
鋼板の取扱い	18
予熱と後熱処理	19

# HARDOX® 耐摩耗鋼板の 切断



## HARDOX®鋼種

Hardox®の各鋼種はガス切断、プラズマ切断、レーザー切断を含むあらゆる熱切断方法に適しています。もちろん、アブレーションウォータージェット(AWJ)切断や通常の切断など、さまざまな一般的な冷間切断方法を行うことができます。

Hardox®鋼種の優れた熱切断性能は主に、低合金含有量と不純物の少なさに由来します。そのほかにも、高精度の板厚公差や滑らかな表面品質など、レーザー切断に適した特性を備えています。Hardox®鋼種の多くは、中程度の厚みであれば、普通鋼と同じパラメータを使用して熱切断が可能です。場合によっては、水素割れのリスクを最小限に抑えるために、パラメータを調整する必要があります。そのほかにも鋼材の特徴に関連して注意すべき点には、以下のものがあります。

- ▶ 切断による鋼の熱影響部分(熱影響領域(HAZ))の機械的特性の変化。
- ▶ 熱切断によって生じる歪み。Hardox®鋼板は従来の鋼板より熱切断の際、高いレベルのストレスにさらされることでより動きが起りやすい素材です。

各種熱切断方法のガスは、最大355 MPaの降伏強度を持つ非合金・低合金鋼と同様に選択・使用できます。熱切断方法には、さまざまなガス組成及び使用パラメータが存在します。Hardox®鋼種のこの点に関するSSABの推奨事項は以上です。冷間切断、せん断、押し抜きは、板厚10 mmまでのHardox® 400およびHardox® 450にのみ行うことができます。AWJ切断はHAZを生じさせないため、有利な機械的特性を実現する冷間切断法です。



# 切断方法

## ガス切断

Hardox®耐摩耗鋼板は、ガス切断で簡単に切断することができます。ガス切断の場合は板厚に制限がなく、最大1000 mmまで切断可能です。推奨最小板厚は10 mmです。これより薄い鋼板の切断は、歪みや硬度の損失のリスクを最小限に抑えるために、プラズマ切断やレーザー切断などの低熱方法で行う必要があります。ガス切断の一般的な特徴は表1に記載されています。

硬い鋼板を切断するにはより高い酸素圧が必要だと考えられがちですが、ガス切断の性能は鋼の硬度の影響を受けません。低合金で高純度であるHardox®耐摩耗鋼板は切断が容易です。

切断方法	切り込み幅	熱影響部(HAZ)	寸法公差
ガス切断	2-5 mm	4-10 mm	± 2.0 mm

1 ガス切断の一般的な特長。

## プラズマ切断

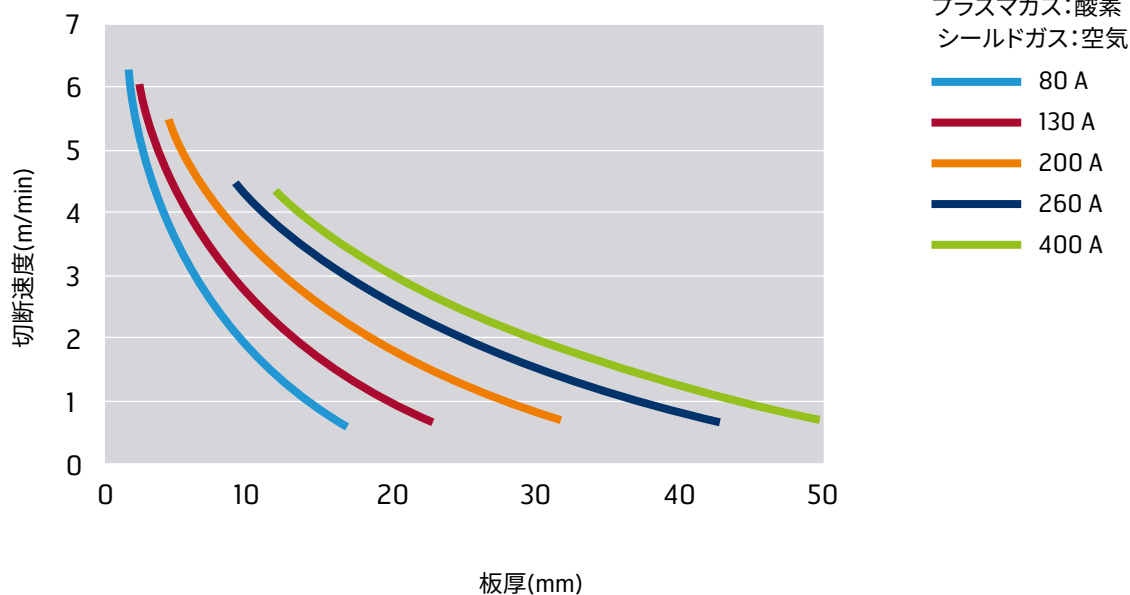
Hardox®鋼板はプラズマ切断で簡単に切断できます。プラズマ切断では、材料の厚みに制限があります。切断する主な厚みは、50 mm未満である必要があります(プラズマ切断機による)。プラズマ切断の一般的な特徴は表2に記載されています。

図1は、板厚とプラズマ切断能力と関連した切断速度を示しています。

プラズマ切断では、Hardox®耐摩耗鋼板と従来の普通鋼に差はありません。プラズマ切断では、ガス切断に比べて予熱や後熱処理の必要性が減少します。ただし、プラズマガスに酸素を使用して厚いHardox®鋼板をプラズマ切断する場合は、予熱または後熱処理が必要となる場合があります。カットエッジの割れを防ぐため、ガス切断と同じパラメータ(表6)を使用してください。

切断方法	切り込み幅	熱影響部(HAZ)	寸法公差
プラズマ切断	2-6.5 mm	2-5 mm	±1.0 mm

2 ガス切断の一般的な特長。



1





## レーザー切断

Hardox®鋼板のレーザー切断は、所定の板厚については通常の加工パラメータを使用して簡単に行うことができます。最大許容板厚は、レーザー切断装置に応じて約30 mmです。最も一般的な切断板厚は25 mm未満です。レーザー切断の一般的な特徴は表3に記載されています。

レーザー切断の利点の一つが高速切断です。図2は、板厚、レーザーの種類、レーザーパワーの関数としての切断速度を示しています。

Hardox®鋼板は板厚が比較的小さく、熱衝撃が小さいため、レーザー切断では予熱や後熱処理は必要ありません。逆に、予熱はカットエッジの品質を損ないます。

レーザー切断では、Hardox®鋼板は従来の普通鋼に差はないため、同じ工程パラメータを使用することができます。防錆塗装は切断速度を下げますが、これは防錆塗装を気化させ、フルスピードで切断することで解決できます。

切断方法	切り込み幅	熱影響部(HAZ)	寸法公差
レーザー切断	< 1 mm	0.2-2 mm	± 0.2 mm

3

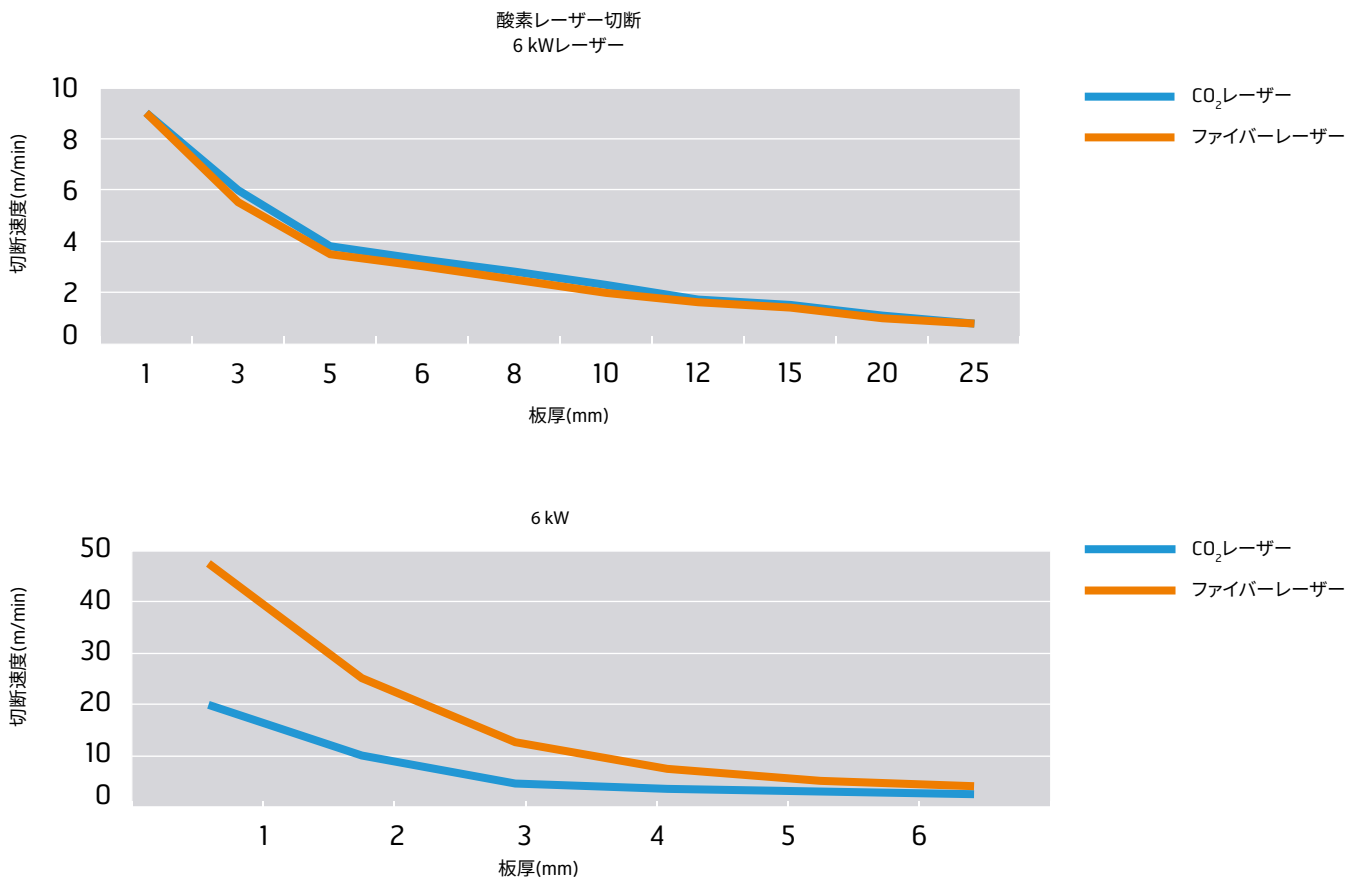


図2:レーザー切断速度。

# (HAZ)

HAZのプロパティは以下に依存します：

- ▶ 加工中に鋼が焼き戻されたかどうか。もし焼き戻った場合でのその対応方法
- ▶ 鋼の化学組成
- ▶ 切断処理の熱処理による影響

HAZの幅は、切断工程の熱量が多くなるにつれて増加します。例えば、同じパワーで切断速度を下げるとHAZが広がります。熱切断工程により熱的影響はさまざまです。そのため、HAZの幅も異なります。ガス切断は、熱量が最も大きく、プラズマ切断とレーザー切断がそれに続きます。図3はさまざまな熱切断方法を使用したHardox®鋼種のHAZを示しています。

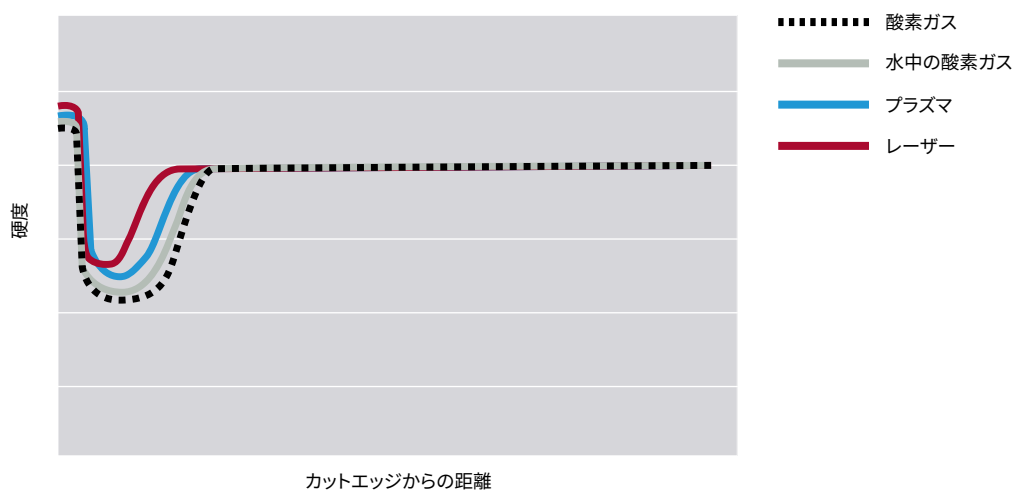


図3: Hardox® 耐摩耗鋼板を各種切断方法により熱切断した後のHAZの硬度プロファイル。

# 切断時のリスク

## 水素割れ

カットエッジ割れは、溶接部の水素割れと密接に関連し、熱切断法を行った場合に最もよく見られる現象です。カットエッジ割れが発生した場合、切断から48時間～数週間を目視できるようになります。表4に示すように、鋼板の硬度と板厚が高くなると、カットエッジ割れのリスクが増加します。通常、カットエッジ割れは熱切断と関連していますが、超硬質材料の切断またはアブレイシブウォータージェット切断によって発生することもあります。

割れ形成の最初の段階では、プレートの中央に小さな亀裂が形成され、HAZ内を水平に走ります。割れはカッティングエッジのすぐ後ろに生じ、切断後数時間以内に現れます。この段階では、裸眼で割れを確認することはできません。

通常数日後に発生する第2段階では、割れがカットエッジ表面に伝播して、長い水平割れ（通常は最大5-10 cm）が発生します。

通常2、3週間後に発生する第3段階では、通常、亀裂の伝播が継続し、方向を変え、プレート表面まで広がります。縦方向の割れは稀ではあるものの、鋼材の硬度と厚みが上がると、この危険性が高まります。切断による水素割れは図4に示されています。

4

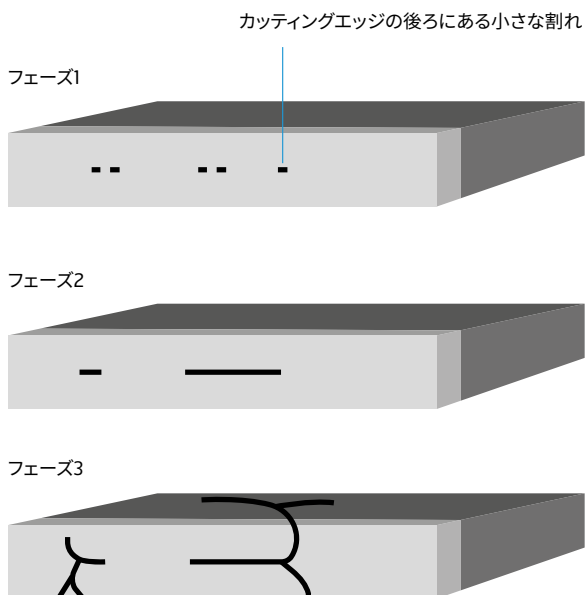
板厚 [mm]	10	15	20	30	40	50	60	70	80	90	100	125	160
Hardox® HiTemp	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない
Hardox® HiTuf	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない
Hardox® 400	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない
Hardox® 450	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない
Hardox® HiAce	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない
Hardox® 500	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない
Hardox® 550	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない
Hardox® 600	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない
Hardox® Extreme	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない	脆弱でない

脆弱でない	脆弱でない
脆弱性が少ない	脆弱性が少ない
脆弱性が高い	脆弱性が高い
非常に脆弱	非常に脆弱





4



カッティングエッジの後ろにある小さな割れ

鋼板をコンポーネントに切断すると、納品時の残留応力が緩和されます。コンポーネントが小さいほど、納品時の残留応力が小さくなります。コンポーネントのサイズが十分に小さい場合は、熱切断による残留応力のみが含まれます。また、小さいコンポーネントは大きいコンポーネントより切断長さが短いため、小さいコンポーネントには割れが生じにくいという特徴が見られます(表5)。

面取りされたエッジは、四角いエッジよりもエッジ割れが発生しやすい傾向があります。

熱切断によるエッジ割れは、その確率的な性質上、正確に予測することはできません。しかし、適切な切断方法を選択することで、割れの可能性を軽減することが可能です。

水素割れが形成されるには、鋼に同時に3つの条件が存在する必要があります：

- ▶ 合金含有量が比較的多い。
- ▶ 引張応力が高い。
- ▶ 鋼板内の水素含有量が比較的多い。

これらの要因は相互に作用します。要因の程度を適度な低さに保つことで、水素割れのリスクを最小限に抑えることができます。

5

コンポーネントサイズ	200x200 mm	400x400 mm	800x800 mm	1600x1600 mm	さらに大きい
1つのコンポーネントの相対的なエッジ割れリスク	1	10	100	1000	5000

## 鋼材の合金元素による影響

合金元素の影響は、熱切断と溶接で同じです。これは、鋼材内の炭素当量値が高くなるほど、水素割れに対する脆弱性が高くなることを意味します。Hardox®鋼種の厚み、硬度、強度が上がると、一般的に炭素当量は増加します。

この結果：

- ▶ Hardox®の各鋼種の切断に関しては、硬度が高くなるほど多くの制約があります。

板厚の厚いHardox®鋼板は、切断時の水素割れのリスクを最小限に抑えるためにより多くの制約があります。

特定の合金は水素割れの形成を促進します。合金の含有量が増加するにつれて、鋼材の影響の受けやすさも高まります。そのため、水素割れのリスクを最小限に抑えるために切断の制約も大きくなります。

Hardox®耐摩耗鋼板の水素割れ防止のための推奨事項は、SSABが実施する慎重な評価に基づいています。こうした評価は、Hardox®の各種鋼板の個々の特性に関して最適な推奨事項を特定するために実施されます。

また、SSABの推奨事項を補完するものとして、その他の一般的な計算モデルを使用して水素割れを評価することができます。既存のモデルは、特定の鋼板の化学成分から計算される炭素当量に基づいて水素割れに対する耐性を示します。炭素当量値が低いほど、水素割れに対する耐性が高くなります。

炭素当量には複数の計算モデルが存在し、各式は特定の鋼を用いた研究から導出されています。最も一般的な国際炭素当量は、CETおよびCEVモデルに沿って計算されています。

SSABでは、Hardox®耐摩耗鋼板等の高強度鋼の炭素当量を計算できるように設計されたCET式をHardox®耐摩耗鋼板に採用しています。CEVは高強度鋼板にも有効ですが、炭素当量はHardox®耐摩耗鋼板より強度の低い非合金・低合金鋼に焦点を合わせたものです。

CETとCEV計算式は、次のように定義されています。CEVはCEとも表記されます。炭素当量値を計算する場合、鋼板の検査証明書に記載された合金含有量を使用してください。全ての合金元素は、下記の計算式に百分率で記載されています。

$$CET = C + (Mn + Mo) / 10 + (Cr + Cu) 20 + Ni / 40 \text{ [%]} \text{ Formula 4.1}$$

$$CEV = C + (Cr + Mo + V) / 5 + Mn / 6 + (Ni + Cu) / 15 \text{ [%]} \text{ Formula 4.2}$$

炭素当量の計算は、水素割れを防ぐためにどの程度の予熱が必要かを判断するための手段です。この場合に予熱温度を判断する方法にはCET法とCEV法があり、それぞれの炭素当量を参照します。この2つの方法は、欧州規格EN1011-2に記載されています。



切断作業では、カットエッジとその周囲の熱処理が不均一になります。例えば、鋼内のピーク温度は、カットエッジからの距離が長くなるほど低下します。この不均一な熱処理はHAZ部の機械特性を低下させます。熱切断は、常に切断する箇所とその周辺部で引張応力を誘発します。Hardox®耐摩耗鋼板の熱切断により、HAZ部は再焼入れ部と焼戻し部の2つのゾーンを生じさせます。

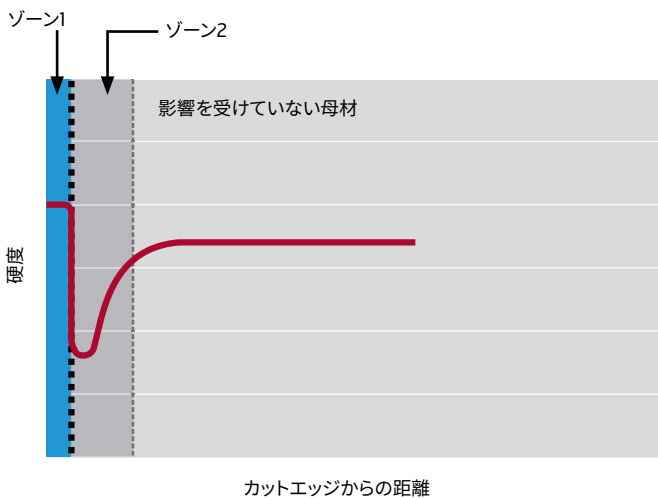
HAZの外側部分は、カットエッジから約1-2 mmの位置にあり、切断中に900°C以上に加熱されます。切断トーチが通過した後、熱は急速に鋼板に広がり、急速にゾーン1内の材料を冷却するため、再焼入れが生じます。

このゾーンの硬度と強度は、HAZの他の部分や影響を受けない母材より高くなります。

ゾーン1と影響を受けない母材との間に位置するゾーン2は、切断中に900°C未満の温度に加熱されます。このゾーンの硬度は、鋼種や切断性能によって異なります。このゾーンの材料は、切断の熱によって焼き戻しされます。

冷却中、ゾーン1は厚み方向に膨張しようとし、ゾーン2は影響を受けない、もしくは収縮する場合があります。その結果、ゾーン2の厚み方向に残留引張応力が生成されます。水素割れは、引張応力の高いこのゾーンで始まります。一般的に、鋼板厚みが大きくなるにつれて引張応力が高くなる傾向があります。

図5は熱切断加工したHardox® 450のHAZの各ゾーンを示しています。



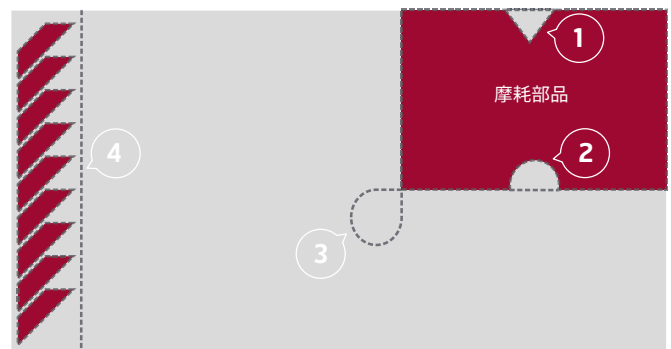
5 Hardox® 450 HAZ

## 広域応力場による引張強度

耐摩耗鋼板の焼き入れは残留応力を発生させます。鋭い角のある加工対象物を切断すると、製造時の残留応力が角のある部分に集中します。こうした集中応力は水素割れを起こすのに十分高い可能性があるため、鋭い角がある場合はカットエッジの割れリスクが高くなります。これは熱切断およびAWJ切断などの冷間切断方法にも当てはまります。以下の方法を検討することで、割れのリスクが減少します(図6を参照)：

1. 可能であれば、内向きの鋭い角は避ける。
2. 可能であれば、凹凸のない形状を使用する。
3. 鋭い角がどうしても必要なら、可能な場合は外向きの角の周辺に輪を作る。
4. 切断作業を停止する必要がある場合(夜間等)は、応力上昇要素を除去するためのクリーンカットを行ってください。

Hardox® HiTufとHardox® HiTempを除くHardox®グレードでは、鋭角な形状で切断されたエッジに割れが生じやすい傾向があります。



6

## 水素

切断割れは水素と密接に関係しています。こうした切断割れは、切断後遅れて発生します。鋼板の温度が約200℃で維持されれば、割れは発生しませんが、温度が200℃を下回ると、時間遅延とともに割れが発生することがあります。割れが発生する場合は、切断後数時間で発生し、通常は2日後に割れの形成プロセスは完了します。最悪の場合、割れがスタートするまでに数週間かかる場合もあります。水素は鋼板内に溶解しています。水素含有量が低いほど、鋼板の割れ感受性は低下します。鋼板に水素が含まれていなければ、切断割れは発生しません。水素がどのように切断割れを引き起こすかは、今日まで厳密に解明されていません。

より高い作業温度で切断することで、カットエッジは切断後も比較的長い間高温が保たれます。鋼が熱くなればなるほど、水素が切断部からより早く拡散します。約100℃未満の温度では、水素拡散は非常に遅く、効果はありません。鋼が100℃を超える状態が長時間続くと、水素が切断部から排出され、割れのリスクを低減します。



# 水素割れを防ぐための対策

カットエッジ割れを防ぐためには、水素含有量とHAZの張力応力の両方を可能な限り低く保つことが重要です。

HAZの水素含有量と残留応力を最小限に抑えるには、以下の対策が有効です。

1. 鋼板の予熱
2. 後熱処理
3. 切断速度の低下(酸素ガス)
4. 予熱、後熱処理、切断速度の低下、HAZの長時間冷却を組み合わせる



7 予熱ランス。

## 予熱

切断時の水素割れを回避する1つの方法は、材料を予熱することです。熱はカットエッジからより多くの水素を拡散させ、カットエッジの冷却速度を低下させ、それによって引張応力を低減します。予熱は、ガス溶断やプラズマ切断時に用いるのが好ましいです。

窒素を使用したレーザー切断やプラズマ切断に時には、予熱がカットエッジの品質に悪影響を及ぼすため推奨致しません。

また、状況に応じて、鋼板の一部または全体を加熱することができます。鋼板の最も一般的な予熱方法は、次の通りです：

- ▶ 加熱炉
- ▶ 予熱ランス
- ▶ 電気マット

加熱炉は、鋼板全体を均一な温度にするため最も適した予熱方法です。Hardox®耐摩耗鋼板の予熱には、予熱ランスを使用できます(図7を参照)。耐摩耗鋼板の温度が最大予熱温度を超えないよう、ランスを動かし続けることが重要です。さらに、予熱温度は、予熱を行う箇所の反対側を測定します。

電気マットはゆっくりと予熱する手段です。そのため、一晩かけて150-200°Cに予熱して、翌朝に切断作業を開始してください。

酸素ガス切断の予熱に関する推奨事項は表6に記載されています。

表6: Hardox®鋼種の酸素ガス切断の予熱温度。

鋼種	板厚 [mm]	最低予熱温度 (°C)	最高予熱温度 (°C)
Hardox® HiAce	< 40	予熱なし	225
	40-49.9	100	
	50-69.9	150	
	≥ 70	175	
Hardox® HiTemp	5-51	予熱なし	500
Hardox® HiTuf	< 90	予熱なし	300
	≥ 90	100	
Hardox® 400	< 45	予熱なし	225
	45-59.9	100	
	60-80	150	
	> 80	175	
Hardox® 450	< 40	予熱なし	225
	40-49.9	100	
	50-69.9	150	
	≥ 70	175	
Hardox® 500 Tuf	4-25.4	予熱なし	
Hardox® 500	< 25	予熱なし	225
	25-49.9	100	
	50-59.9	150	
	≥ 60	175	
Hardox® 550	< 20	予熱なし	200
	20-51	150	
	> 51	175	
Hardox® 600	< 12	予熱なし	180
	12-65	170	
Hardox® Extreme*	8-19	100	100

\*SSABはAWJ切断を推奨しています。酸素ガス切断以外の方法がない場合は、表6の推奨事項に従ってください。

## 後熱処理

後熱処理はカットエッジ割れを防止するための信頼性の高い方法です。加熱炉またはトーチを使用することができます。切断後すぐに後熱処理をできるだけ早く行うことが重要です。切断作業開始から後熱処理開始までの時間はできるだけ短くし、60分を超えないようにしてください。

加熱炉を使用する場合、温度は表6に示す最高許容温度を超えないようにし、この温度に達するまで加熱炉内に鋼板を置いておく必要があります。鋼板の厚みに応じて、滞留時間は異なります。原則として厚み1 mmあたり最低5分とします(例:板厚10 mmでは50分)。炉内で後熱処理することで、HAZからより多くの水素が移動するとともに、HAZ内の引張応力がわずかに減少します。

トーチを使用する場合(図9)、過熱しないようにすることが重要です。カットエッジの温度が700°Cを超えないようにしてくださ

い。300~500°Cが適温です。通常、トーチを使った後熱処理は手動で行います。この場合、温度を管理する方法を把握しておくことが重要です。温度管理はトーチのカットエッジの色を見て行います。カットエッジが赤熱(非常に暗い赤色)し始めます。色が明るいチェリーレッドまたは濃いオレンジの場合、温度が高すぎるため、後熱処理が上手く行きません。図8を参照してください。

また、赤外線温度計をカットエッジに直接向けて温度を管理することもできます(図10)。

トーチの熱がHAZの再焼入れされた部分を焼き戻し、それによりカットエッジの引張応力が低減されます。トーチは、低強度の比較的大きな炎を使用してください。これにより、加熱しすぎることなく熱が材料に到達できます。



8



図9:手動による後熱処理。



図10:後熱処理中の温度測定。

## 切断速度の低減

切断速度の低減は、酸素ガス切断時の割れリスクを軽減できる便利な方法です。切断速度が低下すると、材料の切断面周辺が加熱され、熱影響部がより広がります。こうすることで、残留応力に作用し、カットエッジの割れリスクが軽減されます。ただし、切断速度の低減は予熱や後熱処理ほどの信頼性はないため、適切な予熱用・後熱処理用の装置が作業場がない場合等のようにしてください。

SSABでは、切断速度の低減ではなく予熱を強くお勧めします。SSABは切断速度の低減により割れが生じないことを保証しません。ただし、冷却鋼板を通常で切断した場合と比較すると、割れのリスクは軽減されます。

切断速度を低減する場合は、切断速度が表7に記載されている速度を超えないことが重要です。そうでなければ、切断による割れリスクは軽減しません。

大きすぎるノズルは使用しないでください。板厚50 mmのHardox® 鋼板については、50~100 mmのノズルではなく、25~50 mmのノズルを使用してください。カットエッジの品質を確保するためには、切断酸素圧を下げる必要があります。必要な酸素圧は、ノズルのタイプとサイズによって異なります。必ずテストカットを行い、良好なカットエッジ品質が得られるまで、切断酸素圧を調整してください。

Hardox® 鋼板が切断前にできるだけ温かくなっていることを確認してください。例えば、冬季は、切断前にプレートを作業場内部でしばらく保管します。

切断速度の低減は、プラズマ切断には当てはまりません。

最大板厚	Hardox® HiTemp	Hardox® HiTuf	Hardox® 400	Hardox® 450	Hardox® 500	Hardox® 550	Hardox® 600	Hardox® Extreme
12 mm	制限なし	制限なし	制限なし	制限なし	制限なし	制限なし	制限なし	**
15 mm	制限なし	制限なし	制限なし	制限なし	制限なし	制限なし	300	**
20 mm	制限なし	制限なし	制限なし	制限なし	制限なし	制限なし	200	**
25 mm	制限なし	制限なし	制限なし	制限なし	300	270	180	
30 mm	制限なし	制限なし	制限なし	制限なし	250	230	150	
35 mm	制限なし	制限なし	制限なし	制限なし	230	190	140	
40 mm	制限なし	制限なし	制限なし	230	200	160	130	
45 mm	制限なし	230	230	200	170	140	120	
50 mm	制限なし	210	210	180	150	130	110	
60 mm		200	200	170	140	*	*	
70 mm		190	190	160	135	*	*	
80 mm		180	180	150	130			
>80 mm		*	*	*	*			

表7: 予熱なしでのガス切断時の最大切断速度(mm/min)。Hardox® Extremeについては、低速切断だけでは割れを十分に防ぐことはできません。酸素ガス切断以外に方法がない場合は、予熱と、トーチを使った後熱処理を行ってください。

\* 予熱のみ当てはまります。 \*\*SSABはAWJ切断を推奨しています。

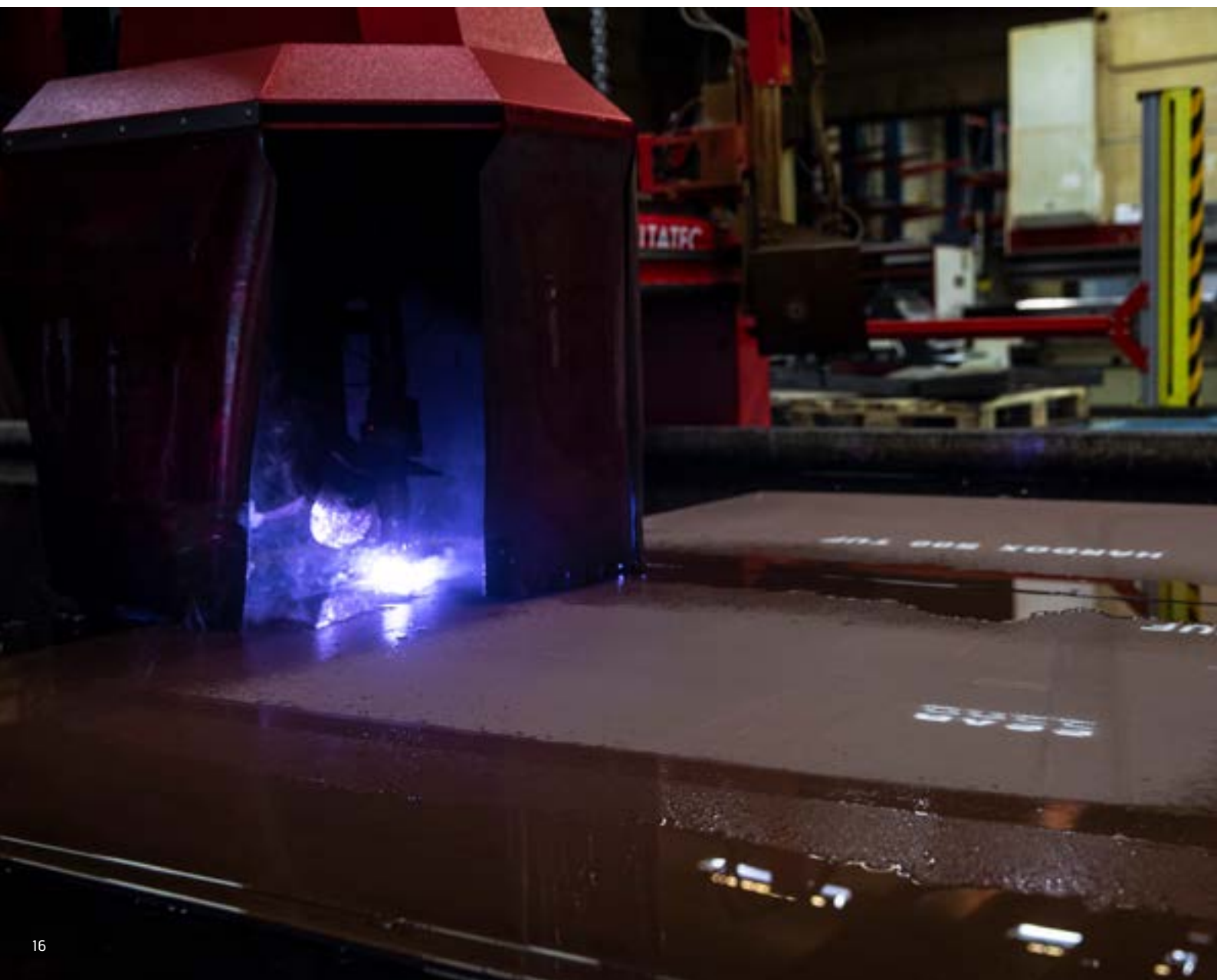


# 軟化

軟化に対する鋼の耐性は、その化学的性質、微細構造、加工方法によって異なります。熱切断するコンポーネントのサイズが小さければ小さいほど、コンポーネント全体が軟化するリスクが高くなります。鋼の温度が高すぎる場合、図11のように鋼の硬度が低下します(表6の最高許容温度を確認してください)。



図11:表面硬度と焼き戻し温度の比較。





## 軟化のリスクの低減

### 切断方法

小さな部品を切断した場合、切断トーチや予熱により供給された熱は加工対象物に蓄積されます。切断部品のサイズが小さければ小さいほど、軟化のリスクが高まります。酸素ガスを板厚30 mm以上の鋼板の切断に使用する場合、以下の原則に沿って行ってください:2つの切断部の距離が200 mm未満の場合、部品全体の硬度が失われるリスクがあります。板厚が30 mm未満の場合は、硬度を損なうことなく小さな部品を切断できます。加工対象物が小さすぎるかどうかは、部品がカットアウトされた直後に部品の温度を測定することで判断することが可能です。最大許容温度は表6に記載されています。

軟化のリスクを排除するには、アブレイブウォータージェット切断などの冷間切断方法が最適です。熱切断を実施する必要がある場合は、ガス切断ではなくレーザー切断またはプラズマ切断をお勧めします。これは、酸素燃料の切断では、プラズマ切断やレーザー切断と比較して、加工対象物により多くの熱が発生するためです。

### 水中切断

ソフトゾーンの範囲を制限および縮小する効果的な方法は、切断作業中に鋼板と切断面を水冷することです。これは、鋼板を水に浸す(図12)か、切断中および切断後に加工対象物に水をスプレーすることで行うことができます。

部品に浸漬または水噴霧により切断を行った場合でも、約5-10 mmのソフトゾーンがカットエッジで発生します。

着火の炎や切断酸素ジェットによって水が押しやられ、水が切断面を冷却できないため、水が最終的に到着する頃にはカットエッジはすでに軟化しています。一方、水冷式は部品を「広域」軟化から守ります。

水中切断は、プラズマ切断とガス切断のいずれでも行うことができます。水中切断には次のような利点があります:

- ▶ コンポーネント全体の硬度低下を防ぐ
- ▶ 切断片の歪みを軽減
- ▶ 加工対象物を切断直後に冷却
- ▶ 煙や埃が発生しない
- ▶ 騒音の軽減

水中切断では予熱を用いることができないため、水素割れのリスクに対処する唯一の手段は、後熱処理と切断速度の低下です。厚みのあるHardox®耐摩耗鋼板から酸素燃料を使用して小片を切断した場合、軟化やカットエッジ割れが生じるリスクがあります。これは、低速での水中切断、または切断部品の後熱処理によって回避することが最適です。後熱処理はトーチまたは加熱炉で行うことができます。



# アドバイス

## 鋼板の取扱い

Hardox® 550、Hardox® 600、Hardox® Extremeを保管する際には、鋼板に3点曲げが生じないようにしてください。段と段の間に荷敷の木材が適切に設置されていないと、3点曲げが発生する可能性があります。木材が下段の木材の上きちんと配置されていることを必ず確認してください。



13a



13b 不適切に積み重ねられた鋼板。

端材の角が鋭利になっている状態で絶対にストックに戻さないでください。このような角は応力を上げるため、遅れ割れが発生する可能性があります。鋼板をストックに戻す前に、必ず鋭い角を除去してください。これは、熱切断とAWJ切断等の冷間切断の両方の方法に当てはまります。Hardox® 550、Hardox® 600、Hardox® Extremeはこのような状況に特に脆弱です。

## 予熱と後熱処理

電気発熱体と絶縁毛布(ロックウールまたは同様の絶縁製品)を使用することで、非常に簡単かつ安価に予熱を行うことができます。

### 簡易予熱法



1. 床に熱保護材を置く  
(床が熱に弱い場合)



2. 上に鋼支柱を置く  
(この場合、Uビーム)



3. 断熱材で覆う



4. 電気発熱パッドの上に置く



5. プレートの上に置き、時間の経過とともに温度を記録するサーマルカップルを設置する



6. すべてを断熱材で覆う

もう1つの安価で実用的な方法は、熱処理ボックスを作り、電気加熱装置と併用することです。



これは、予熱、後熱処理、徐冷に簡単に使用できる可能性があります。

SSABは北欧および米国を拠点に展開する鉄鋼メーカーです。より強く、より軽く、より持続可能な世界の実現を目指して、SSABはお客様との密接な協力のもとで開発した製品を提供しています。SSABには世界50カ国以上で働く人がいます。SSABは生産設備をスウェーデン、フィンランドと米国に抱えています。SSABは、ストックホルムのナスダックOMXノルディック証券取引所に上場しているおり、現在 ナスダックOMXヘルシンキに二部上場しています。www.ssab.com

Explore the world of Hardox® wear plate



SSAB  
SE-613 80 Oxelösund  
Sweden

T +46 155 25 40 00  
Fax +46 155 25 40 73  
contact@ssab.com

hardox.com

Hardox®はSSABグループ企業の商標です。All Rights Reserved.  
本パンフレットに記載されている情報はあくまで一般的な情報です。SSAB ABはいかなる用途に対する適性に関して一切の責任を負いません。利用者は全製品および/また用途の適性を独自に判断し、試験および検証する責任があります。以下の情報はSSAB ABが「現状有姿のまま」提供するものであり、情報に係る全リスクは利用者が負います。

Copyright © 2023 SSAB. All Rights Reserved.

# SSAB