

SSAB オクセルスンドは SSAB スウェーデンスチールグループを親会社に持ち、HARDOX® ハルドックス耐摩耗鋼板、WELDOX® ウェルドックス高張力鋼板、ARMOX® アーモックス防弾鋼板、TOOLOX® ツーロックス工具鋼というブランド名を持ち、厚板の調質鋼では業界トップクラスです。それらの鋼板は高い強度と靱性を併せ持ち、混じりけのない化学組成と独自の生産プロセスで生み出されるものです。

SSAB オクセルスンドは調質鋼の生産に特化しています。世界 45 カ国以上に拠点をもち、お客様に高品質の鋼板と技術サポート、サービスを常に提供しています。詳しいことはお近くのスウェーデンスチールにお問い合わせください。

またはウェブサイト www.ssabox.com をご覧ください。

SSAB オクセルスンド
SE-613 80 オクセルスンド
スウェーデン

TEL+46-155-25-40-00
FAX+46-155-25-40-73
E-mail: contact@ssab.com

www.ssabox.com
www.hardox.com

スウェーデンスチール株式会社
〒108-0014
東京都港区芝 5-26-20 建築会館 5 階

TEL : 03-3456-3447
FAX : 03-3456-3449



溶接



WELDOX®
高張力鋼板

HARDOX®
耐摩耗鋼板



WELDOX® ウェルドックス高張力鋼板および HARDOX® ハルドックス耐摩耗鋼板の溶接

WELDOX ウェルドックス高張力鋼板および HARDOX ハルドックス耐摩耗鋼板は、優れたパフォーマンスと卓越した溶接性を兼ね備えています。また、従来の溶接方法で他の鋼材に溶接することができます。

本冊子は、溶接工程を改善、簡略し、より効率化することを目的としています。予熱、パス間温度、熱入力、溶接材料、シールドガスおよびその他の溶接についてよりよく知っていただき、WELDOX ウェルドックス高張力鋼板および HARDOX ハルドックス耐摩耗鋼板を使用されるお客様に、鋼材の特質によるメリットを十分に活用していただくためのものです。

溶接における重要なパラメータ

溶接を行う前に、溶接部位の湿気や油などの異物を取り除き、きれいな状態にしてください。良好な溶接環境に加えて、以下が重要となります：

- 予熱およびパス間温度
- シールドガス
- 熱入力
- 溶接継手の溶接手順および溶接溝の大きさ
- 溶接材料

予熱およびパス間温度

正しい予熱およびパス間温度は、水素割れを防止するために重要です。当社の推奨温度は次ページの表に記載しています。

予熱およびパス間温度の選択における合金元素の影響

弊社独自の合金元素組成により、WELDOX ウェルドックス高張力鋼板および HARDOX ハルドックス耐摩耗鋼板の機械的特性を最大限に引き出しています。この組成が溶接時の鋼材の予熱およびパス間温度を左右します。また、炭素当量の計算に用いることができます。炭素当量は、一般的に以下の方程式に基づく CEV または CET

として表記されます。合金元素は鋼板の検査証明書（ミルシート）に記載され、これらの式における重さに対して、パーセンテージで表記されています。通常は炭素当量値が高いほど、より高い予熱およびパス間温度が要求されます。炭素当量の代表値は当社の製品データシートに記載されています。

$$CEV = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Mo+Cr+V}{5} + \frac{Ni+Cu}{15} \quad (\%)$$

$$CET = C + \frac{Mn+Mo}{10} + \frac{Cr+Cu}{20} + \frac{Ni}{40} \quad (\%)$$

水素割れ

炭素当量が低いため、WELDOX ウェルドックス高張力鋼板および HARDOX ハルドックス耐摩耗鋼板は、他社の高張力鋼よりも水素割れ耐性が高くなっています。以下の条件に従えば、水素割れリスクは最小限となります。

水素割れ防止のための2つのルール：

- 溶接継手の内側および周囲の水素含有量を最小限にする
 - 正しい予熱およびパス間温度で行う。
 - 低水素系の溶接材を使用。
 - 溶接継手に不純物がつかないようにする。
- 溶接継手の応力を最小限にする
 - 必要以上に高強度の溶接材を使用しない。
 - 残留応力を最小にするために溶接手順を取決める。
 - 溶接継手の間隔を最大 3mm に設定する。

本冊子の内容は一般的な溶接方法を示しています。SSAB 物材部は、個々のケースの適合性については責任を負いません。したがって、個々のケースについては、必要に応じてユーザーの責任において行ってください。

WELDOX ウェルドックス高張力鋼板および HARDOX ハルドックス耐摩耗鋼板の予熱およびパス間温度

溶接時の最低予熱およびパス間温度を以下のチャートに示しています。別段の記載がない限り、これらの値は非合金および低合金の溶接材で、溶接に使用することができます。

- 板厚は異なるが、同じ鋼種の鋼板同士を溶接する場合、板厚の厚い方の鋼板に必要な予熱およびパス間温度を判断してください。
- 異なる鋼種を溶接する場合は、最も高い予熱温度を必要とする鋼板で、予熱およびパス間温度を判断してください。

注：この表は、同じ板厚の溶接を 1.7kJ/mm の熱入力で行う場合に適用されます。詳しくは、弊社へお問い合わせください。また、www.ssabox.com の TechSupport #61(英文のみ) をご覧ください。

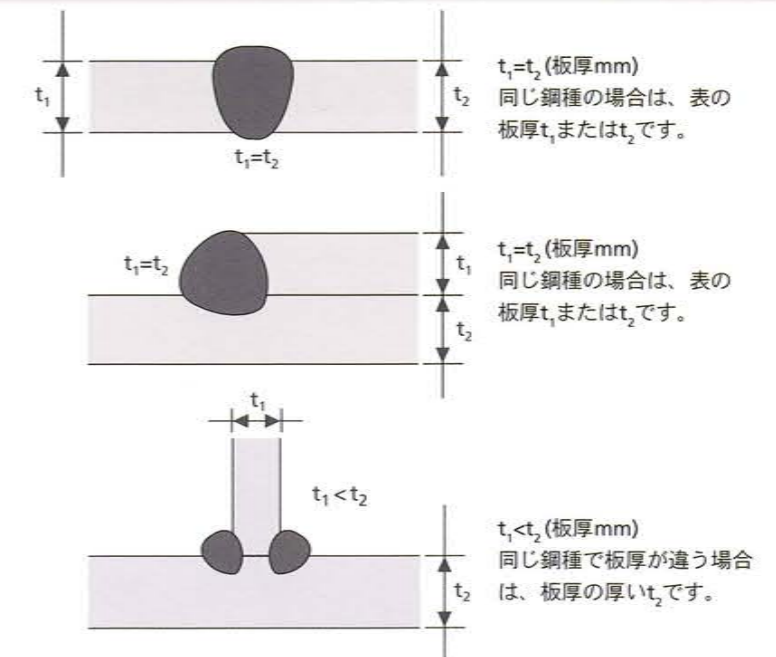
板厚(mm)毎の最小推奨予熱およびパス間温度

	3	10	20	30	40	50	60	70	80	90	120	130
WELDOX 700	室温	75°C	75°C	75°C	75°C	100°C	100°C	100°C	100°C	100°C	100°C	100°C
WELDOX 900*	室温	75°C	75°C	75°C	75°C	100°C	100°C	100°C	100°C	100°C	100°C	100°C
WELDOX 960*	75°C	75°C	75°C	75°C	75°C	100°C	100°C	100°C	100°C	100°C	100°C	100°C
WELDOX 1030*	75°C	75°C	75°C	75°C	75°C	100°C	100°C	100°C	100°C	100°C	100°C	100°C
WELDOX 1100*	75°C	75°C	75°C	75°C	75°C	100°C	100°C	100°C	100°C	100°C	100°C	100°C
WELDOX 1300*	100°C	100°C	100°C	100°C	100°C	100°C	100°C	100°C	100°C	100°C	100°C	100°C
HARDOX HiTuf	室温	75°C	75°C	75°C	75°C	100°C	100°C	100°C	100°C	100°C	100°C	100°C
HARDOX 400	室温	75°C	75°C	75°C	75°C	100°C	100°C	175°C	175°C	175°C	175°C	200°C
HARDOX 450	室温	75°C	75°C	75°C	75°C	100°C	100°C	150°C	150°C	150°C	150°C	150°C
HARDOX 500	室温	75°C	75°C	75°C	75°C	100°C	100°C	200°C	200°C	200°C	200°C	200°C
HARDOX 550	125°C	125°C	125°C	125°C	125°C	125°C	125°C	200°C	200°C	200°C	200°C	200°C
HARDOX 600	150°C	150°C	150°C	150°C	150°C	150°C	150°C	175°C	175°C	175°C	175°C	175°C
HARDOX 600 ステンレス鋼溶接材	室温	100°C	100°C	100°C	100°C	100°C	100°C	100°C	100°C	100°C	100°C	100°C

■ 室温(約20°) 規定板厚外 ■ ステンレス鋼溶接材のみ使用
■ ステンレス鋼溶接材最低 100°C の予熱およびパス間温度

最大推奨パス間温度

WELDOX 700**	300°C
WELDOX 900**	300°C
WELDOX 960**	300°C
WELDOX 1030	200°C
WELDOX 1100	200°C
WELDOX 1300	200°C
HARDOX HiTuf**	300°C
HARDOX 400	225°C
HARDOX 450	225°C
HARDOX 500	225°C
HARDOX 550	225°C
HARDOX 600	225°C



* 溶接する鋼板より炭素当量が高い溶接材の場合は、予熱温度は溶接材で決まります。

** WELDOX 700-960 (ウェルドックス 700-960) および HARDOX HiTuf (ハルトックスハイタフ) は、特別な場合において、最大約 400°C のパス間温度が使用可能です。このような場合は、WeldCalc (ウェルドカルク) を使用してください。

湿度が高い環境または気温が +5°C 以下の場合、前ページに記載の最低推奨予熱温度より、25°C 上げてください。これは、しっかりと固定された溶接継手の熱入力が 1.0kJ/mm の場合にも適用できます。

前ページのチャートに記載の最低推奨予熱およびパス間温度は、1.7kJ/mm 以上の熱入力にも適用できます。

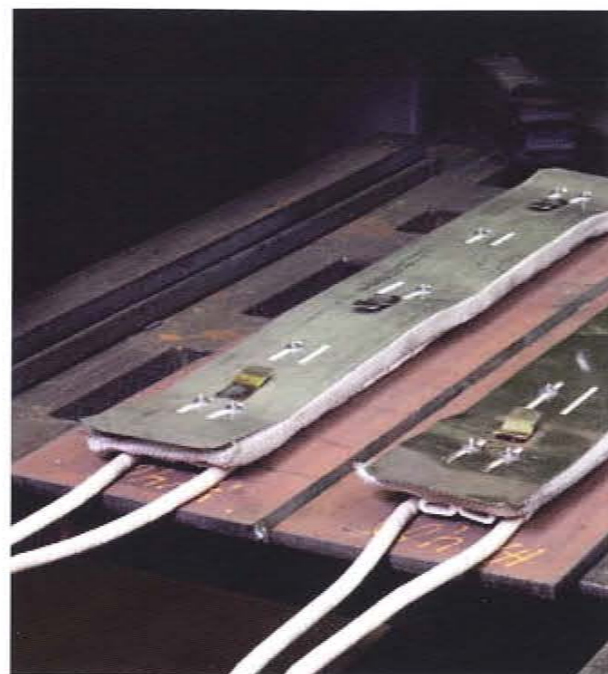
予熱およびパス間温度のやり方と測定

必要な予熱およびパス間温度を得るには、いくつかの方法があります。均一に周りに熱が行き渡るよう、溶接する継

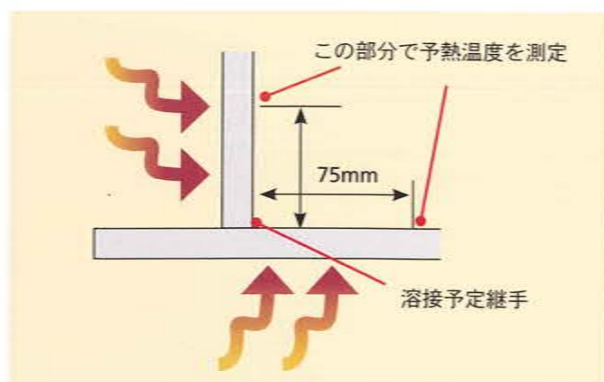
この条件は、溶接継手を空气中で冷却することができるという前提に基づいています。

これらの推奨温度は、仮付け溶接およびルートランにも適用されます。仮付け溶接はそれぞれ最低 50mm 長である必要があります。仮付け溶接の間隔は、必要に応じて変更可能です。

手周辺を電気予熱器で予熱するのが良いでしょう。接点温度計などを使用して、温度を監視する必要があります。



予熱器を使用



溶接継手で最も厚い鋼板の温度を測定します。板厚が 25mm の場合、加熱から 2 分後に温度を測定します。板厚が 12.5mm の場合、約 1 分後に温度を測定します。パス間温度は、溶着金属またはその周辺の母材で測定することができます。

熱入力

推奨する熱入力による溶接で、熱影響部 (HAZ) における良好な機械的特性が得られます。

溶接工程によってもたらされる熱は、溶接継手の機械的特性に影響を及ぼします。これは、以下の式で算出される熱入力 (Q) によって表されます。

さまざまな溶接方法により熱効率 (k) が変化します。以下の表で、この特性のおおよその値を確認してください。

$$Q = \frac{k \times U \times I \times 60}{v \times 1000}$$

Q = 熱入力 [kJ/mm]
 U = 電圧 [V]
 I = 電流 [A]
 v = 溶接速度 [mm/min]
 k = 熱効率

熱効率	k
MMA	0,8
MAG, 全タイプ	0,8
SAW	1,0
TIG	0,6

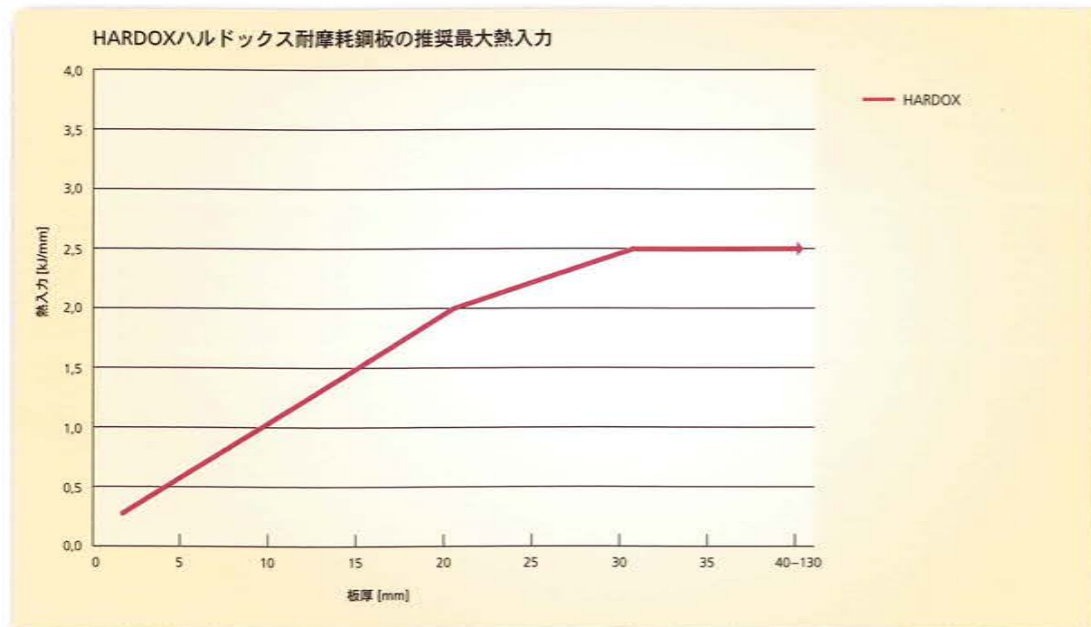
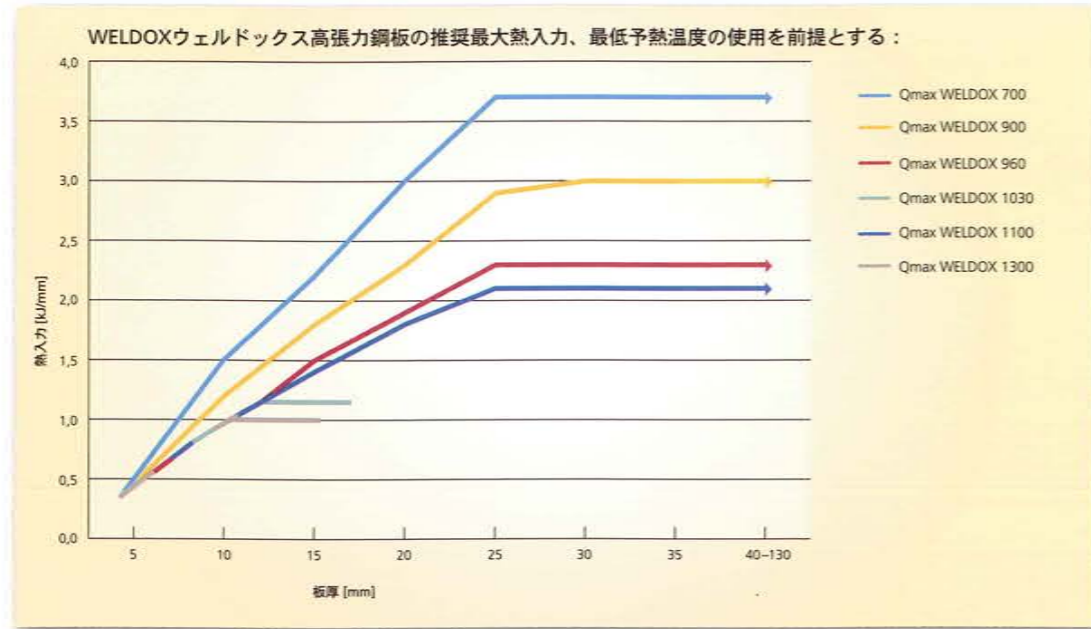
溶接継手の熱入力への影響

- より高い靱性
- 強度の向上
- 変形の減少
- 残留応力の低下
- HAZ範囲を狭める



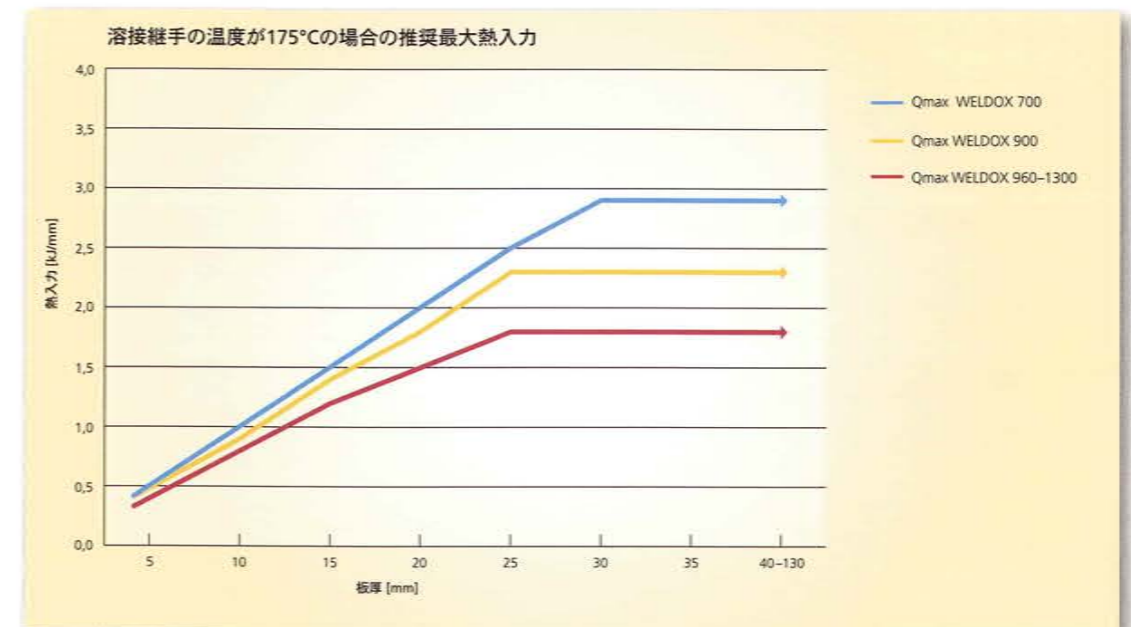
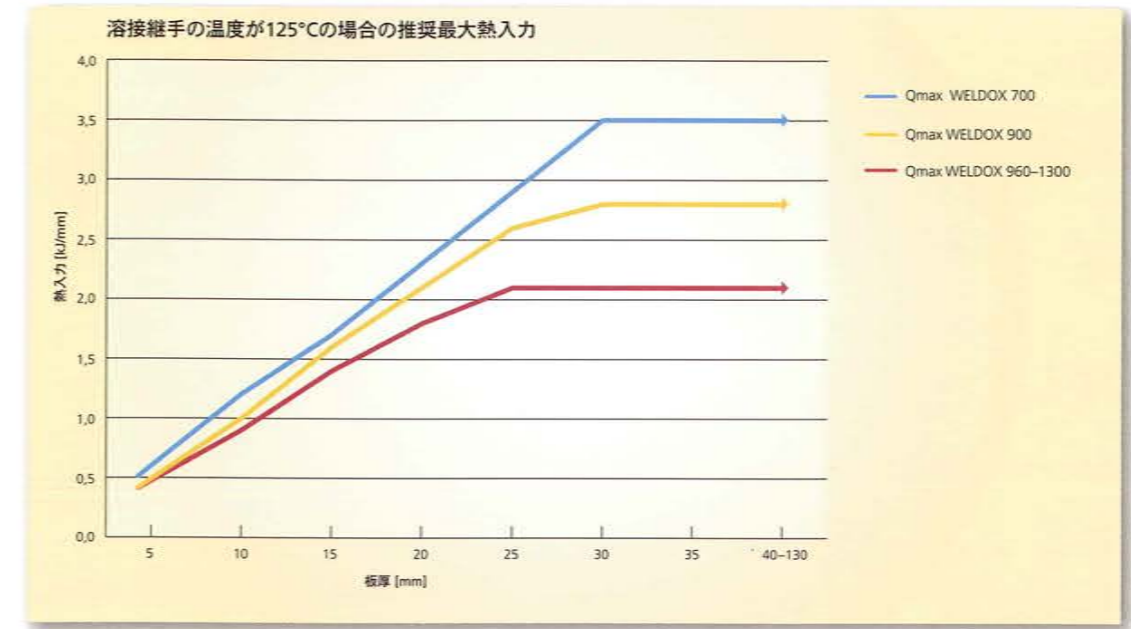
- 通常の溶接方法による生産性の向上

WELDOX ウェルドックス高張力鋼板の当社推奨値は、HAZにおける靱性が-40°Cで最低27Jでの代表値を基準にしています。HARDOX ハルドックス耐摩耗鋼板の溶接継手に求める靱性は、低い場合が多いです。したがってHARDOX ハルドックス耐摩耗鋼板の推奨値は、おおよその値とみなしてください。



より高温での溶接

マルチパスでの溶接継手などで発生する可能性のある温度上昇によって、推奨熱入力が変わります。以下の図は、125°Cおよび175°Cの溶接継手の温度の推奨熱入力を示しています。



WeldCalc (ウェルト' 加ク) コンピュータプログラムは、175°C超の予熱およびパス間温度に用いることができます。WeldCalc (ウェルト' 加ク) は、SSAB オセリスノ' で働く、世界をリードする厚板溶接のエキスパートにより設計、開発されたものです。このプログラムについては、弊社へお問い合わせください。また、www.ssabox.com (英文のみ) で無料でご注文いただけます。

溶接材

WELDOX ウェルドックス高張力鋼板および HARDOX ハルドックス耐摩耗鋼板の溶接には非合金、低合金、ステンレス鋼溶接材を用いることができます。

非合金および低合金溶接材の強度

溶接材の強度は、次ページの図に基づいて選択します。低強度の溶接材を使用して溶接すると、溶着金属の靱性が高くなる、水素割れへの耐性が高まる、溶接継手の残留応力が低くなるなどのいくつかのメリットがあります。WELDOX 700-1300 (ウェルトックス 700-1300) の鋼材をマルチパスで溶接する場合、異なる強度の材料で溶接を行うと特に有効です。仮付け溶接および第一パスは低強度の溶接材で溶接し、その後残りのパスに高強度の溶接材を用います。この手法によって、靱性および水素割れへの耐性の両方を向上させることができます。

降伏点 > 700MPa の溶接材の炭素当量値は、鋼板よりも高いことがあります。溶接部位と溶接材料が異なる推奨予熱温度である場合は、高い方の温度で行ってください。HARDOX ハルドックス耐摩耗鋼板は、次のページの図に示されているように低強度溶接材で溶接してください。

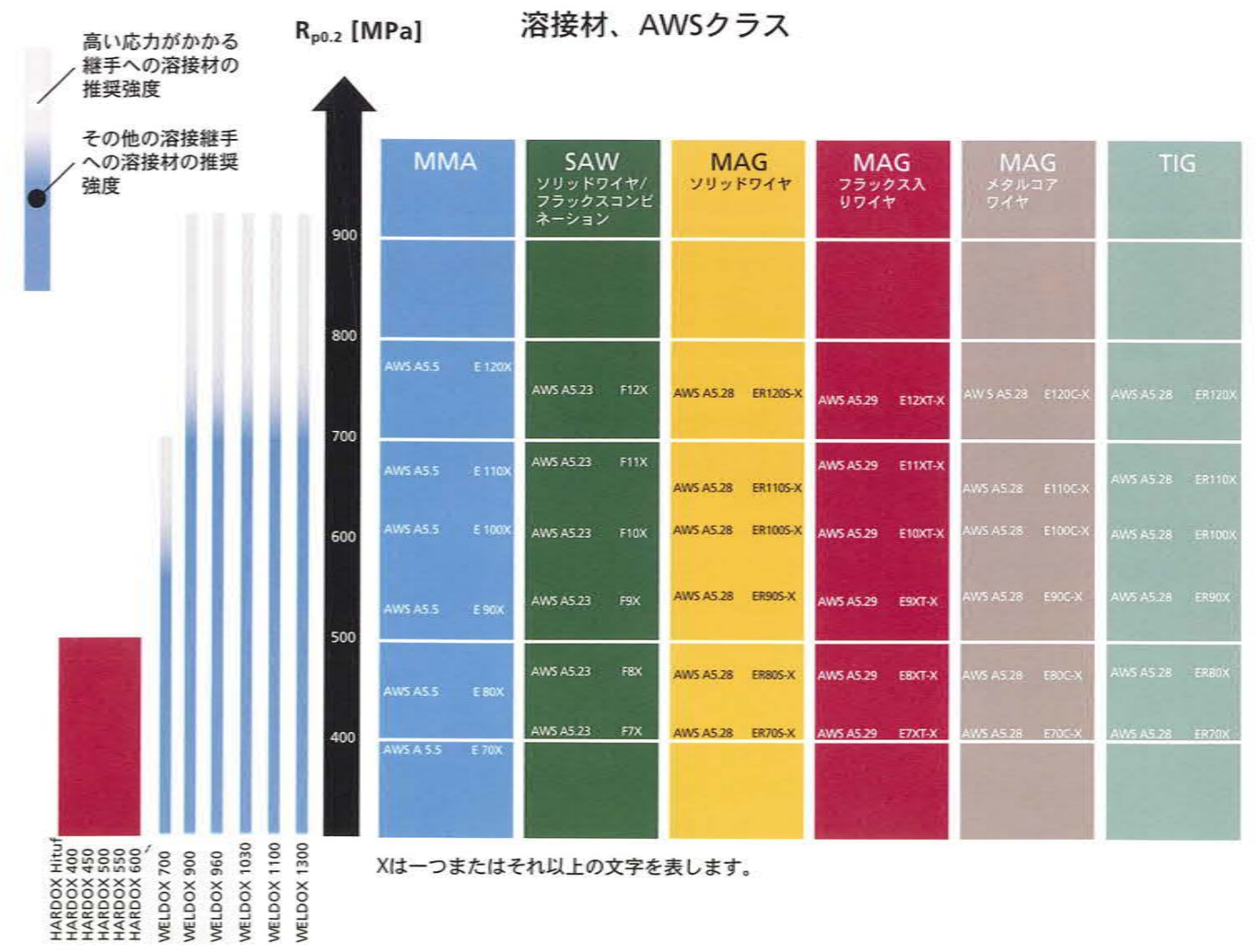
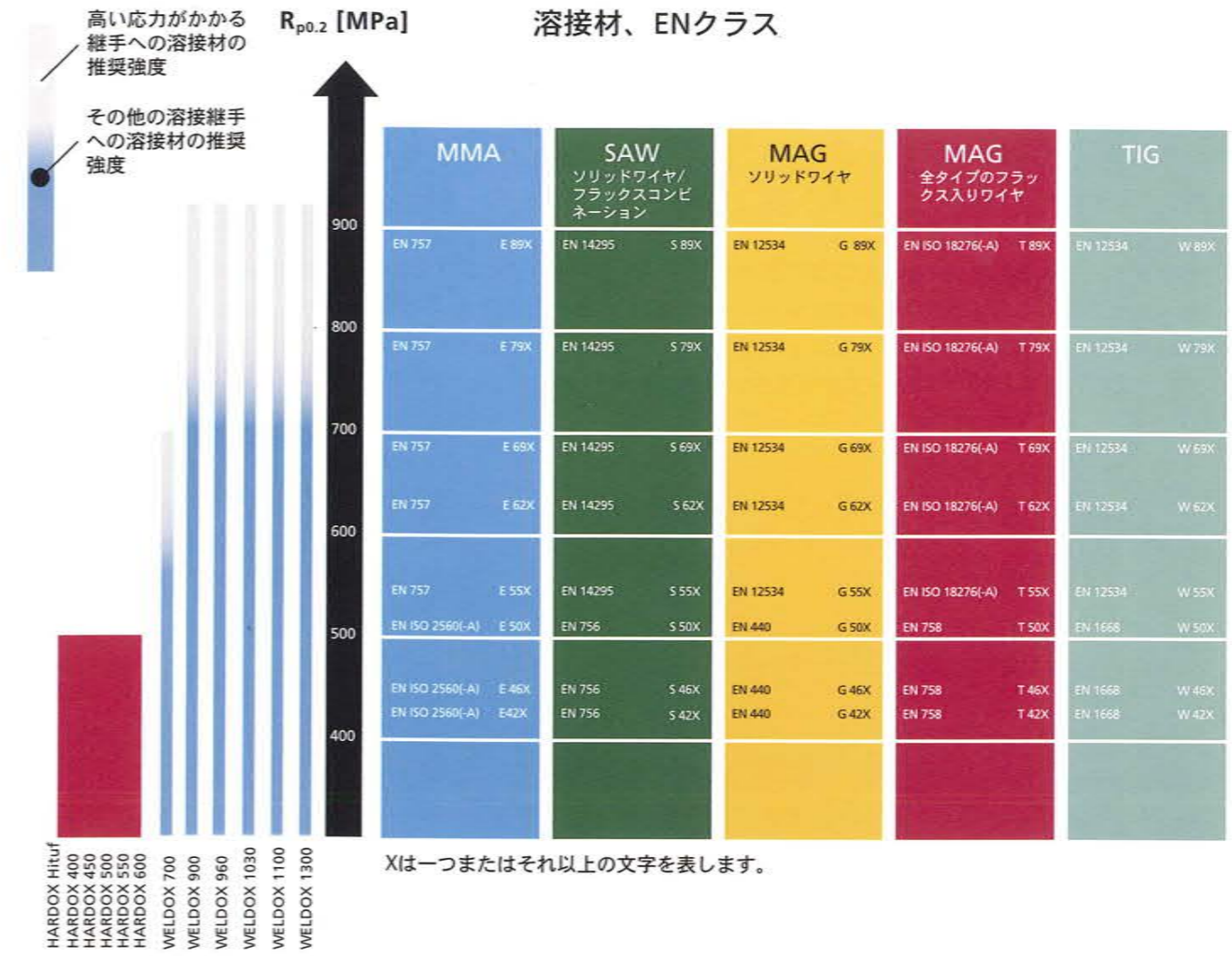


■ 高強度の溶接材
■ 低強度の溶接材

非合金および低合金溶接材料の水素含有量

水素含有量は、非合金または低合金溶接材料を溶接する際には、溶着金属 100g につき水素 5ml かまたはそれ以下である必要があります。MAG や TIG 溶接で使用するソリッドワイヤは溶着金属の水素含有を低くおさえることができます。その他のタイプの溶接材の水素含有量は、それぞれのメーカーから正確な情報を得ることができます。

溶接材の選定については、弊社へお問い合わせください。また、溶接材については、www.ssabox.com の TechSupport #60 (英文のみ) にも記載しています。溶接材がメーカーの推奨に基づいて保管されている場合、水素含有量は所定のレベルに維持されるはずですが、これは、特に被覆溶接棒とフラックスにあてはまりません。



ステンレス鋼溶接材料

オーステナイト系ステンレス鋼の溶接材は、当社の全製品の溶接に使用することができます。以下のチャートに示されているように、HARDOX600 (HARDOX 600) を除いて、予熱なしで室温 (+20°C) での溶接が可能です。溶接に最適な、AWS307 に基づく材料、その次に AWS309 に基づく溶接材を使用することをお勧めします。AWS307 タイプは、AWS309 よりも高温割れへの耐

性が高くなります。非合金および低合金材料ほど水素が影響を与えないため、溶接材メーカーはステンレス鋼溶接材の水素含有量についてほとんど明記していません。いろいろなステンレス鋼溶接材については、弊社へお問い合わせください。また、www.ssabox.com の TechSupport #60 (英文のみ) でもご提案しています。

すべてのWELDOXウェルドックス高張力鋼板およびHARDOXハルドックス耐摩耗鋼板

500

R_{p02} [MPa]

ステンレス鋼溶接材、ENクラス

MMA	SAW ソリッドワイヤ/ フラックスコンビ ネーション	MAG ソリッドワイヤ	MAG メタルコアワイヤ	TIG
EN 1600 E 18 8 MnX	EN 12072 S 18 8 MnX	EN 12072 G 18 8 MnX	EN 12073 T 18 8 MnX	EN 12072 W 18 8 MnX

Xは一つまたはそれ以上の文字を表します。

すべてのWELDOXウェルドックス高張力鋼板およびHARDOXハルドックス耐摩耗鋼板

500

R_{p02} [MPa]

ステンレス鋼溶接材、AWSクラス

MMA	SAW ソリッドワイヤ/ フラックスコンビ ネーション	MAG ソリッドワイヤ	MAG フラックス入りワイヤ	MAG メタルコアワイヤ	TIG
AWS 5.4 E307-X	AWS 5.9 ER307	AWS 5.9 ER307	AWS 5.22 E307T-X	AWS 5.9 EC307	AWS 5.9 ER307

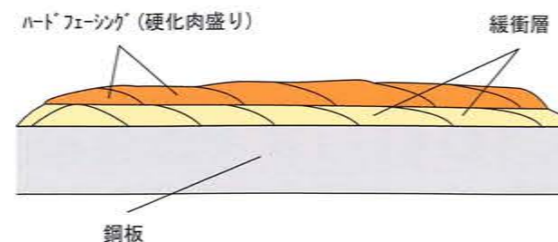
Xは一つまたはそれ以上の文字を表します。

硬化肉盛り(ハードフェーシング)

ハードフェーシング溶接材による硬化肉盛りによって、溶接継手の耐摩耗性を高めることができます。溶接材のメーカー指示と推奨した WELDOX ウェルドックス高張力鋼板および HARDOX ハルドックス耐摩耗鋼板の溶接方法の両方に従う必要があります。

通常の溶接継手か、または鋼板と硬化肉盛りの間に、より高い靱性を持つ溶接材で緩衝層を溶接すると有効です。緩衝層のための溶接材の選定に際しては、WELDOX

ウェルドックス高張力鋼板および HARDOX ハルドックス耐摩耗鋼板の推奨した溶接方法に従う必要があります。AWS307 および AWS309 に基づいたステンレス鋼溶接材を、緩衝層に用いることが好ましいでしょう。



シールドガス

シールドガスの選択および混合は溶接状況によって変わります。また、アルゴンガスまたは Co₂ ガスが最も一般的に用いられています。

多様なシールドガス混合の影響

- アーク発生が容易
- スパッタが減少
- 酸化物が少ない



- 安定したアーク
- 気孔が少ない
- 溶接スパッタ/溶接ノズル詰まりが多い
- 溶着金属の溶込みが高い

シールドガス混合の例を以下に示します。

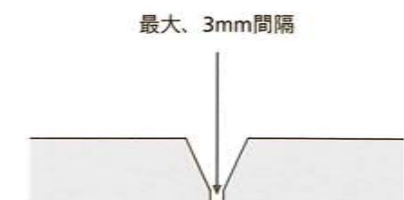
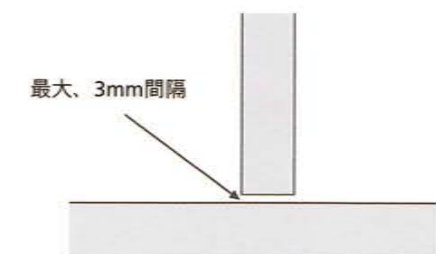
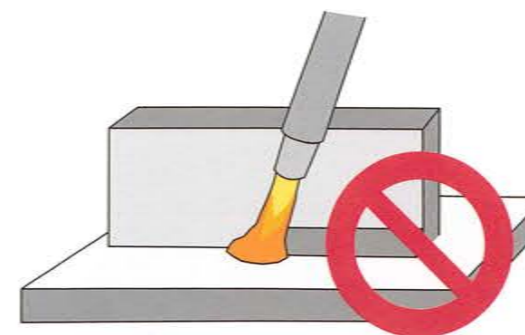
溶接手法	アークタイプ	シールドガス (体積%)
MAG, ソリッドワイヤ MAG, メタルコアワイヤ	ショートアーク	Ar + 15-25 % CO ₂
MAG, ソリッドワイヤ MAG, メタルコアワイヤ	ショートアーク	Ar + 8-25 % CO ₂
MAG, フラックス入りワイヤ	ショートアーク	Ar + 15-25 % CO ₂ or pure CO ₂
MAG, フラックス入りワイヤ	ショートアーク	Ar + 8-25 % CO ₂
MAG, 全タイプ	全アークタイプ	Ar + 15-25 CO ₂
TIG		Arのみ

シールドガスに基づくすべての溶接方法では、シールドガスの流量は溶接状況によって異なります。一般的なガイドラインとして、L/分のシールドガスの流れは、mm 単位で測定したノズル内径と同じ値に設定するものとします。

溶接順序および間隔の大きさ

溶接継手の水素割れを防止するために：

- 溶接の始まりと終わりは、溶接継手の端に位置しないようにする必要があります。可能であれば、溶接開始部分および溶接終了は端から最低 5-10cm とします。
- 溶接継手の間隔は、最大 3mm とします。



プライマー塗装をしたWELDOXウェルドックス高張力鋼板およびHARDOXハルドックス耐摩耗鋼板の溶接



プライマーを除去すれば、さらによりよい溶接結果が得られます。

亜鉛含有量が低いため、溶接は WELDOX ウェルドックス高張力鋼板および HARDOX ハルドックス耐摩耗鋼板の優れたプライマー塗装の上から直接行うことができます。

プライマー塗装は、溶接部位周辺部分にブラシをかけた後、研磨で簡単に除去できます。プライマーを落とすことで、溶接による気孔の発生を抑え、水平以外の位置でも、よりよい溶接が可能になります。

プライマーが溶接処理面に残っている場合、溶着金属の気孔が若干多く発生する場合があります。フラックス入りワイヤでの MAG 溶接および MMA 溶接では、気孔の発生は最小限となります。

溶接を行う場合、十分な換気に留意していただければ、溶接作業や作業所の環境に影響を与えることはありません。

詳しくは、弊社にお問い合わせください。また、www.ssabox.com から TechSupport #25 (英文のみ) をダウンロードしてください。

溶接後の熱処理

HARDOX HiTuf (ハルトックス ハイタフ) および WELDOX 700-960 (ウェルドックス 700-960) は、溶接後の熱処理によって応力除去することができます。しかし、これはほとんど必要となることはありません。その他の WELDOX ウェルドックス高張力鋼板および HARDOX ハルドックス耐摩耗鋼板には、機械的特性を損なう恐れがありますので、応力除去のための後熱はしないでください。

より詳細な情報については、弊社にお問い合わせください。また、SSAB の溶接ハンドブック (英文のみ) をご覧ください。www.ssabox.com でご注文いただけます。