

焊接



WELDOX 威达™
超 高 强 度 钢 板

HARDOX 悍达™
耐 磨 钢 板



WELDOX威达™ 与HARDOX悍达™ 钢板的焊接

WELDOX威达结构钢板和HARDOX悍达耐磨钢板集优异的产品性能和一流的焊接性于一身。可以采用所有传统的焊接方法将这两种钢板和其他任何可焊接的钢材进行焊接。

本焊接手册旨在协助客户简化、改进并提高焊接的效率。其中包涵了有关预热、层间温度、热输入、焊材和保护气体等方面的建议。以确保所有的钢板用户能从WELDOX威达钢与HARDOX悍达钢的独特性能中受益。

焊接过程中的重要参数

在焊接前,应清除焊接面上的异物,保持清洁和干燥。除此以外,还需注意以下事项:

- 预热和层间温度
- 热输入
- 焊材
- 保护气体
- 焊接顺序及焊接接头间隙

预热和层间温度

适宜的预热和层间温度对于防止出现氢裂十分重要。有关预热和层间温度的建议,请参见下一页中的列表。

合金元素对于选择预热和层间温度的影响

WELDOX威达钢和HARDOX悍达钢的机械性能是通过合金元素的独特组合得到优化的。这种组合不仅可以左右焊接过程中钢板的预热和层间温度,还可用于计算碳当量。碳当量通常以CEV或CET表示(如以下公式所示)。

钢板的合金元素会在其检验证书中标明,并在公式中以重量百分比表示。当碳当量越高,则通常所需的预热和层间温度也越高。有关碳当量的常规值,请参见我们的产品技术参数表。

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

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

氢裂

由于WELDOX威达钢与HARDOX悍达钢的碳当量较低,因此与其他高强度钢相比,具有更出色的抗氢裂性能。如果遵循以下建议进行操作,可最大限度地降低氢裂的风险。

避免出现氢裂的两种方法:

- 最大限度地减少焊接接头内与周围的氢含量
 - 使用正确的预热和层间温度
 - 使用氢含量低的焊材
 - 去除焊接区域的杂质
- 最大限度地降低焊缝内的应力
 - 不要使用强度高于推荐值的焊材
 - 排定好焊接顺序,从而最大限度地降低残余应力
 - 设定的接头间隙不超过 3 毫米

WELDOX 威达钢与 HARDOX 悍达钢的预热和层间温度

有关焊接的最低预热和层间温度,请参见下表。除非另行说明,表中的数值均适用于非合金和低合金焊材。

- 在将同一钢种,但厚度不同的钢板焊接在一起时,所需的预热和层间温度取决于厚度最大的钢板。
- 在将不同钢种的钢板焊接在一起时,所需的预热和层间温度由需要最高预热和层间温度的钢板决定。

注意:此表适用于以 1.7 kJ/mm 的输入热量进行焊接的单一厚度钢板。

有关单一厚度钢板的更多内容,请登录 www.ssabox.com 下载 TechSupport #61。

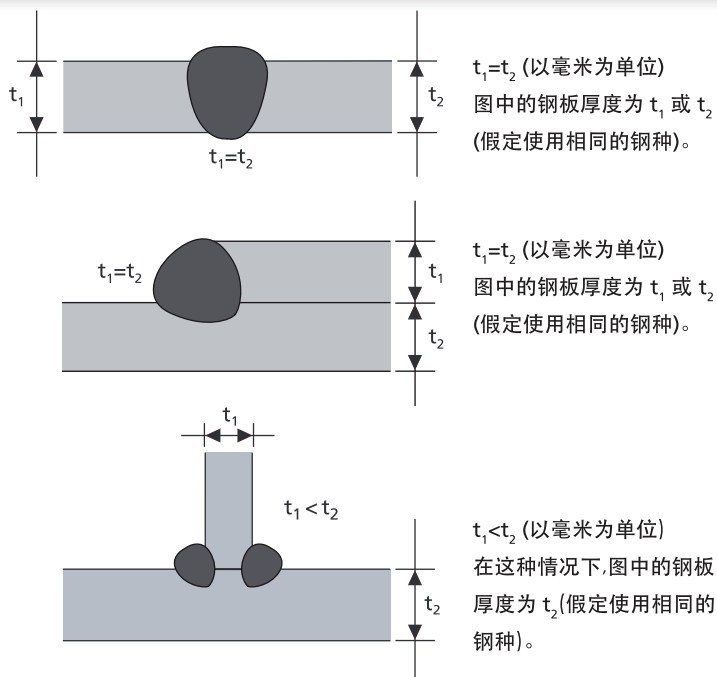
不同单一厚度钢板的最低推荐预热和层间温度 (单位: 毫米)

	3	10	20	30	40	50	60	70	80	90	120	130
WELDOX 700				75°C					100°C			
WELDOX 900*		75°C				100°C						
WELDOX 960*	75°C		100°C									
WELDOX 1030*	75°C											
WELDOX 1100*		75°C	125°C									
WELDOX 1300*	100°C											
HARDOX HiTuf						100°C			125°C			
HARDOX 400			75°C		100°C		175°C			200°C		
HARDOX 450			125°C			150°C						
HARDOX 500			175°C			200°C						
HARDOX 550	125°C		175°C		200°C							
HARDOX 600	150°C		175°C									
HARDOX 600 不锈钢焊材				100°C								

室温 (约为 20°C)
超出尺寸范围
只能用不锈钢焊材。预热和层间温度至少为 100°C

最高层间温度推荐值

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



* 如果焊材的碳当量高于钢板的碳当量,则预热温度由焊材决定。

** 在某些情况下,可将高达 400°C 左右的层间温度应用于 WELDOX 威达 700-960 钢板和 HARDOX 悍达 HiTuf 钢板。在此类情况下,应使用 WeldCalc 软件。

如果环境湿度大,或者温度低于 $+5^{\circ}\text{C}$,则前一页中的最低推荐预热温度应再增加 25°C 。这一结论同样适用于牢固接合的焊缝与输入热量为 1.0 kJ/mm 的情形。

当输入热量高于 1.7 kJ/mm 时,则前页图表中所推荐的最低预热和层间温度不受影响。该数据假定焊缝可在空气中冷却。

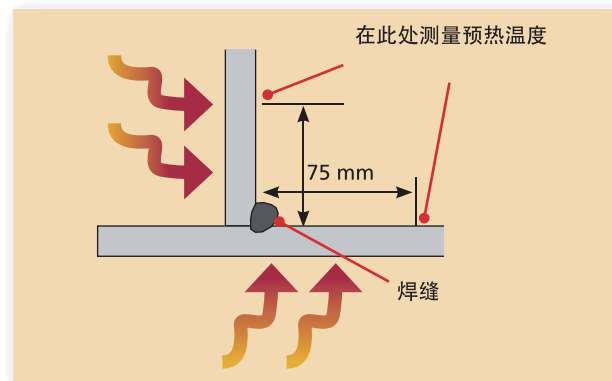
预热和层间温度的实现与测量

实现所需的预热和层间温度的方法有多种。在焊缝周围铺盖电子加热毯通常为最佳方法,原因是电子加热毯可对焊缝区域均匀加热。可使用接触式温度计等设备进行温度测量。



使用电子加热毯时的温度测量方法

请注意,上述推荐温度同样适用于点焊焊缝与根部焊道。所有点焊焊缝长度至少为 50 毫米。点焊焊缝的间距可以根据要求而有所不同。



测量焊缝中最厚钢板的温度。如果钢板为 25 毫米厚,则在加热后的两分钟后进行温度测量。如果钢板为 12.5 毫米厚,则应在加热后的一分钟后进行温度测量,以此类推。测量层间温度时,可在焊接金属中或在最邻近的母材中进行测量。

热输入

焊接时使用推荐的热输入,可使热影响区(HAZ)具有良好的机械性能。

焊接过程所提供的热量会影响焊缝的机械性能。
可以通过下列公式计算热输入 (Q)。

不同的焊接方法具有不同的热效率 (k)。 有关该参数的近似值请参见下表。

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

Q = 热输入 [kJ/mm]

U = 电压 [V]

I = 电流 [A]

v = 焊接速度 [mm/min]

k = 焊接方法的热效率

焊接方法的

热影响系数

k

MMA

0,8

MAG, 所有类型

0,8

SAW

1,0

TIG

0,6

热输入对焊缝的作用

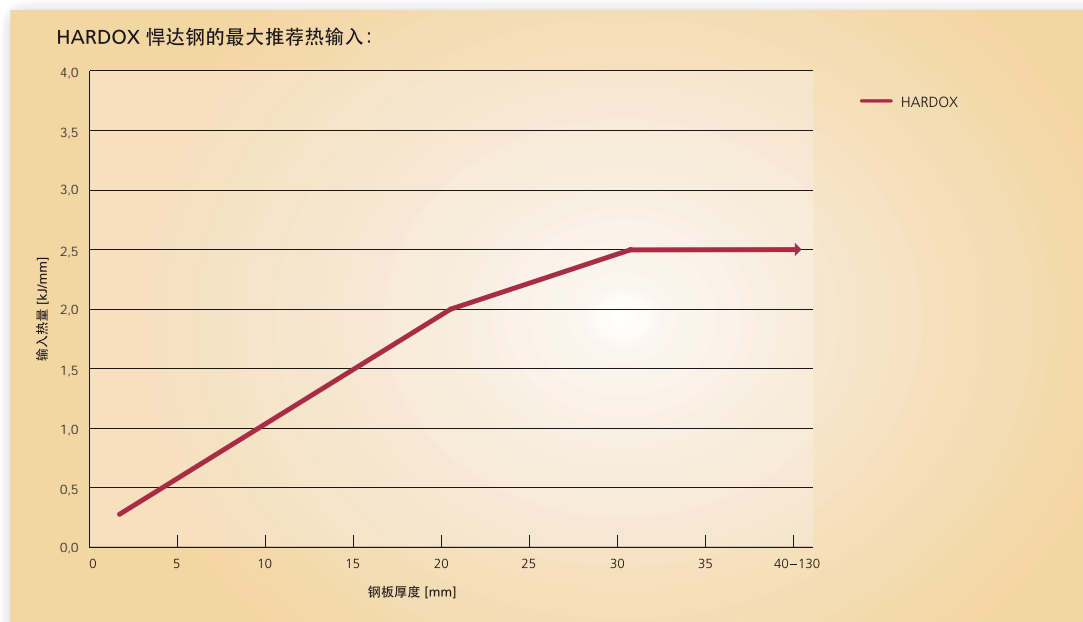
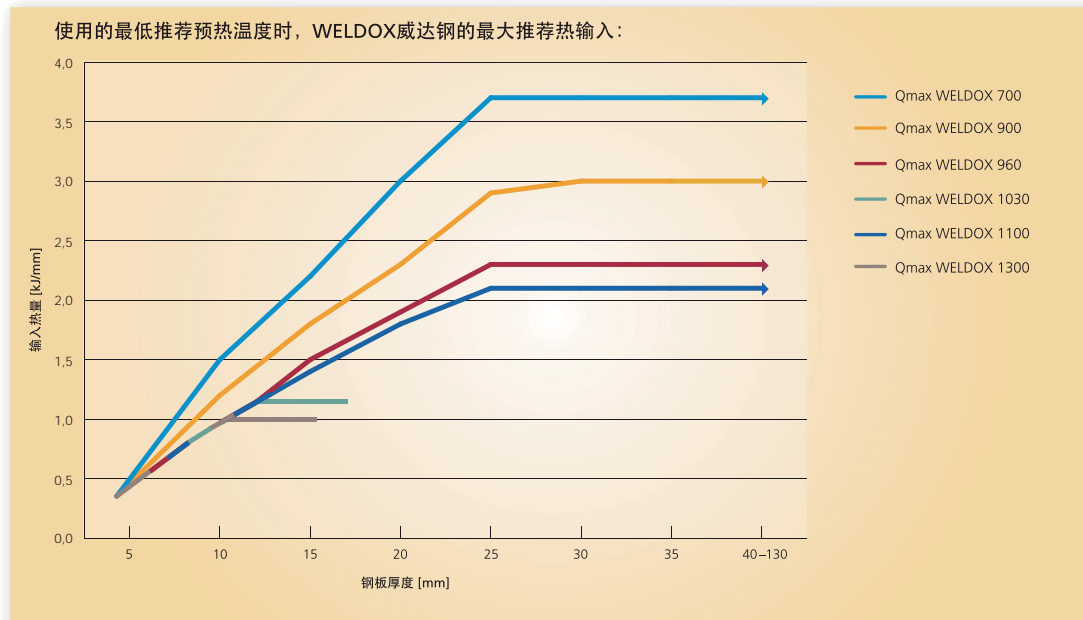
- 韧性增强
- 强度提高
- 变形率下降
- 残余应力降低
- HAZ 变窄

减少热输入

增加热输入

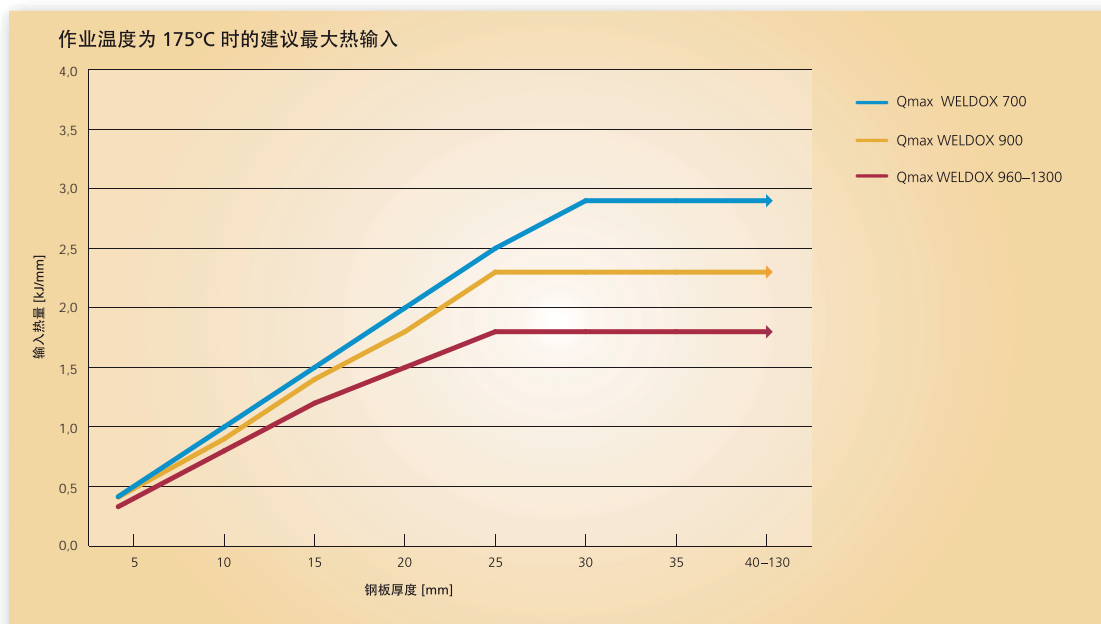
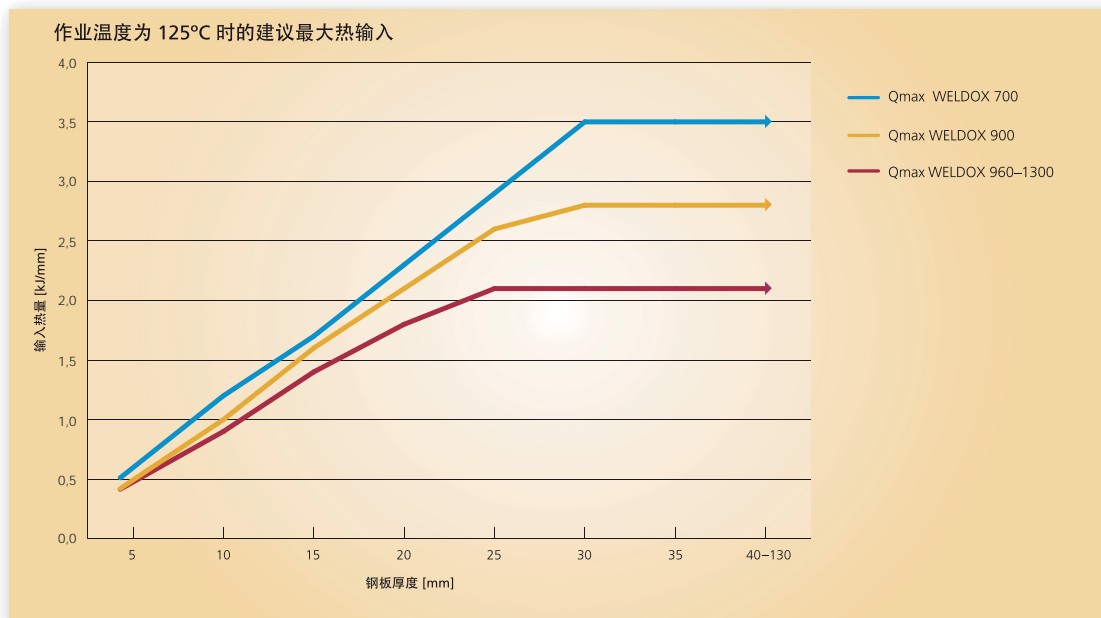
- 传统焊接方法的效率提高

我们所提供的有关 WELDOX 威达钢结构钢建议的依据为:在 -40°C 温度条件下,冲击功至少为 27 J 时 HAZ 韧性的典型值。对于 HARDOX 悍达钢耐磨钢板的焊缝韧性的要求通常较低。因此,应当将有关 HARDOX 悍达钢的建议值视为近似值。



高温作业条件下焊接

多道焊缝处可能出现的作业高温会对推荐的热输入产生影响。下列图表为作业温度分别为 125°C 和 175°C 时的建议热输入。



当作业温度超过 175°C 时, 可通过 WeldCalc 软件计算得到预热和层间温度。WeldCalc是由瑞典钢铁奥克隆德有限公司的中厚板焊接专家们开发的。可通过www.ssabox.com网站免费订购该程序。

焊材

碳素钢、低合金钢与不锈钢焊材可以用于WELDOX 威达钢与 HARDOX 悍达钢。

碳素钢与低合金钢焊材的强度

在选择焊材的强度时,应参照下一页中的图表。使用低强度焊材具有诸多优点,如:焊接金属的韧性更高,抗氢裂的性能更强且焊缝中的残余应力更低。对 WELDOX 威达 700–1300 钢板进行多道次焊接时,采用不同强度等级的焊材将会表现出特别的优点。点焊焊缝与第一焊道应当使用低强度焊材进行焊接,其余焊道则采用高强度焊材。这不仅可提高焊缝的韧性,而且可增强抗氢裂能力。

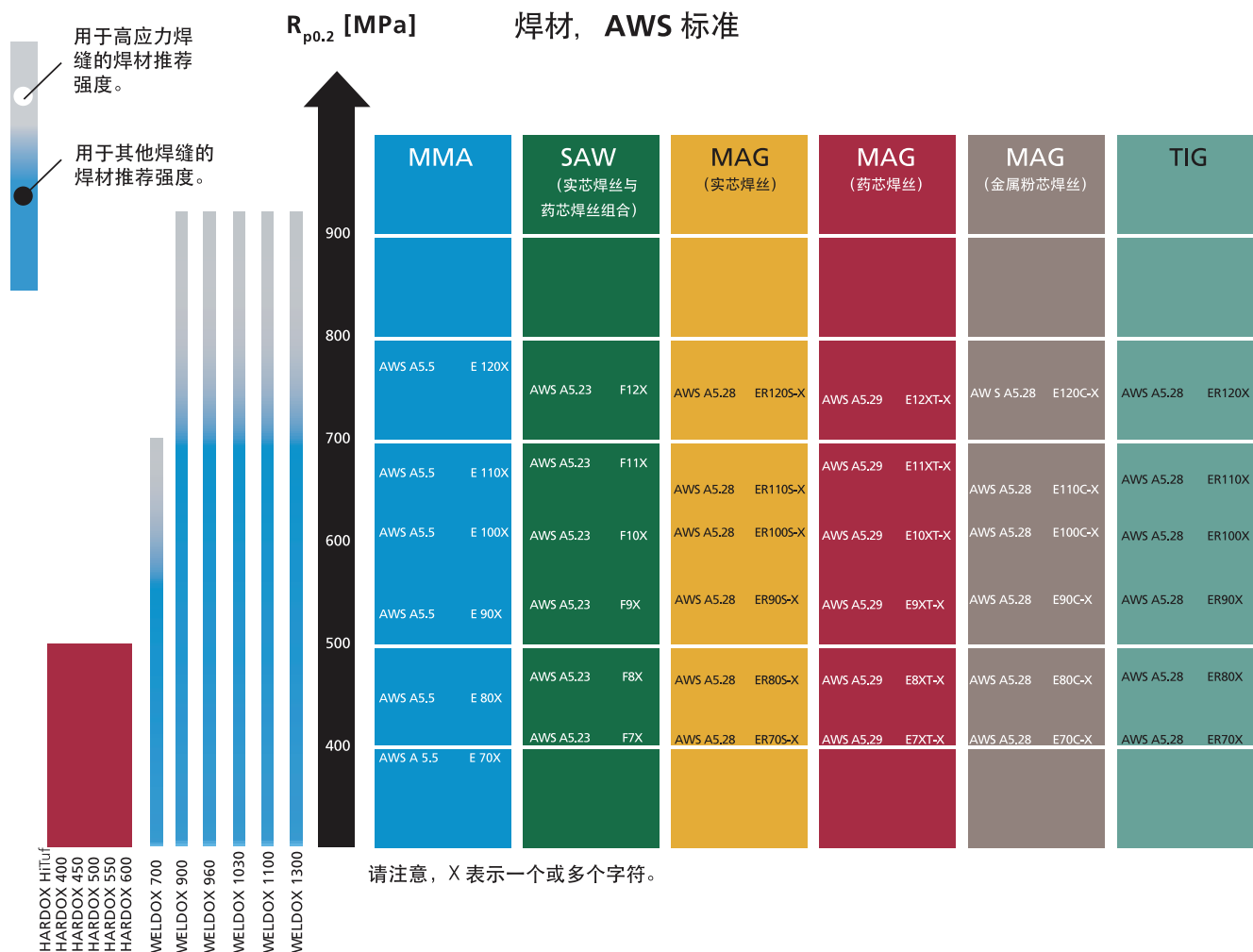
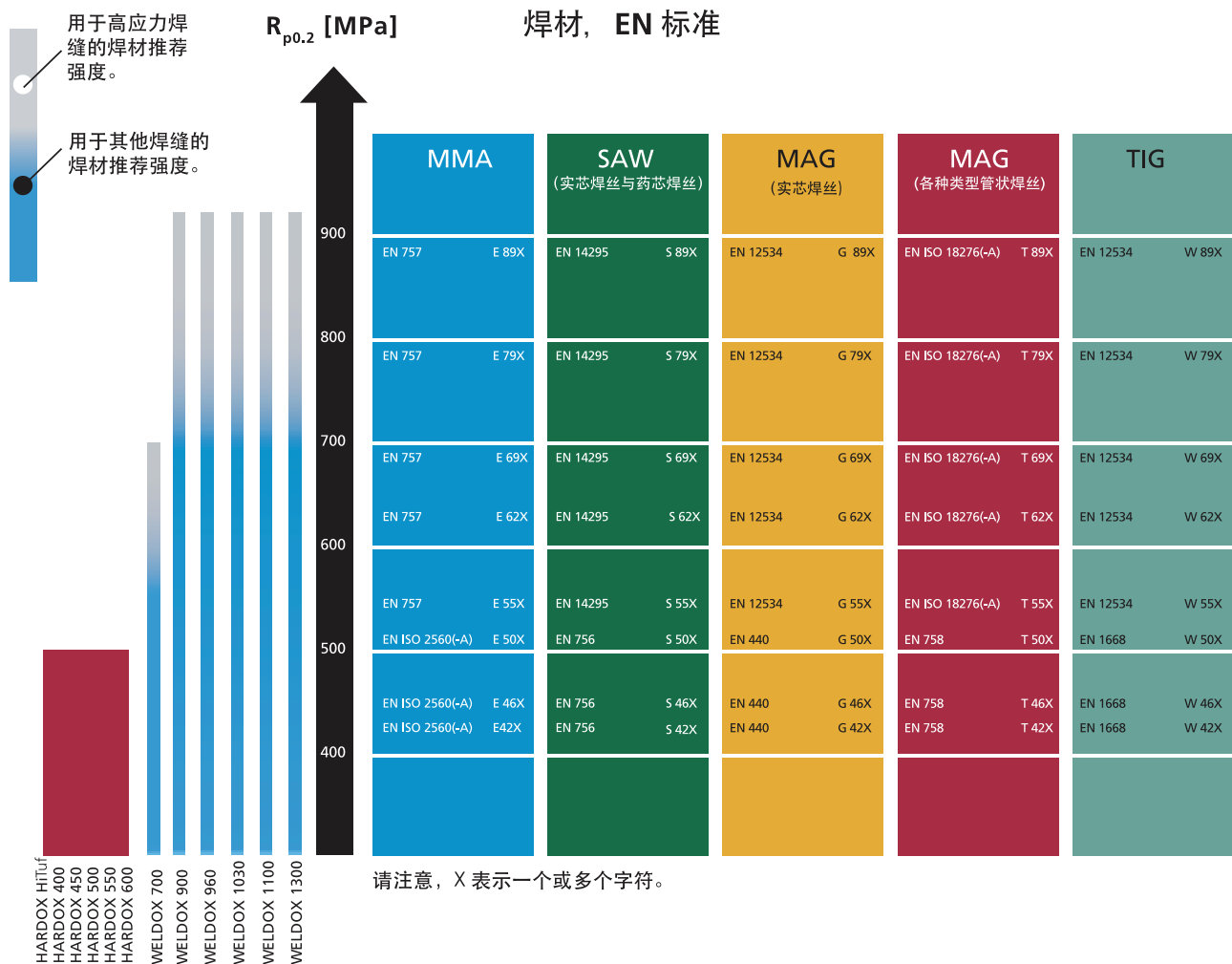
屈服强度大于 700 Mpa 的焊材的碳当量会比钢板的碳当量更高。如果焊接工件和焊材的推荐预热温度不同,则应选择其中最高的推荐预热温度。焊接 HARDOX 悍达钢时,应当使用低强度焊材。有关参数详见下页图表。



碳素钢与低合金钢焊材的氢含量

当使用碳素钢或低合金钢焊材焊接时,每 100 克焊接金属中的氢含量应小于或等于 5 毫升。在 MAG 与 TIG 焊接中所使用的实芯焊丝可使焊接金属中的氢含量达到这一水平。有关其他类型焊材中的氢含量信息应向相应的焊材生产厂商索取。

有关焊材的示例,请访问www.ssabox.com 查看 TechSupport #60。如果按照厂商的建议存放焊材,则可以使氢含量保持在理想的水平。此方法最适用于涂层焊材与助焊剂。



不锈钢焊材

奥氏体不锈钢焊材可用于焊接我公司的所有产品。在室温20℃以上,无需对钢板预热,便可直接使用不锈钢焊材进行焊接。但HARDOX悍达 600钢板例外,请参见以下图表。我们建议应优先考虑使用符合 AWS 307 标准的焊材,其次考虑使用符合 AWS 309 标准的焊材。在抗热裂方面,AWS 307 型

号焊材优于 AWS 309 型号焊材。请注意,由于氢对不锈钢焊材性能的影响没有对碳素钢与低合金钢焊材那样大,因而厂商很少注明不锈钢焊材的氢含量。有关各种不锈钢焊材的建议,请登录www.ssabox.com查阅TechSupport #61。



请注意, X 表示一个或多个字符。



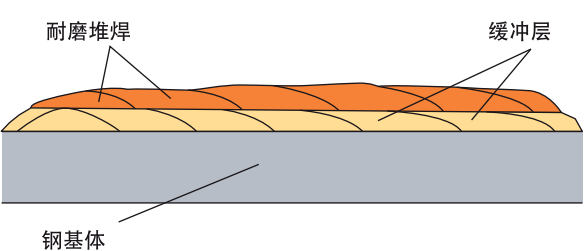
请注意, X 表示一个或多个字符。

耐磨堆焊

使用特种焊材进行耐磨堆焊可以提高焊缝的耐磨性。应当同时遵照所使用焊材的相关使用说明和焊接WELDOX威达钢与HARDOX悍达钢的常规建议。

焊材时,应遵照有关WELDOX威达钢与HARDOX悍达钢的焊接建议。推荐使用符合 AWS 307 与 AWS 309 标准的不锈钢焊材作为缓冲层。

最好能在普通焊缝或钢板与耐磨堆焊层之间焊接一层具有超强韧性的缓冲层。选择用于这种缓冲层的



保护气体

大多数焊接方法采用 Ar/CO₂ 作为保护气体。对混合气体的选择取决于焊接的具体情况。

不同混合型保护气体的作用:

- 提高引弧效率
- 减少焊渣
- 降低氧化物含量

- 电弧稳定
- 密实
- 焊嘴易出现焊渣/易堵塞
- 焊接金属的焊透深度大

下表给出了某一特定情况下不同混合型保护气体的使用建议。一般而言,二氧化碳含量占 15–25% 的混合型保护气体可在各种 MAG 焊接中使用。

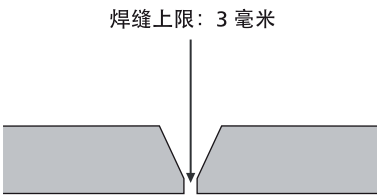
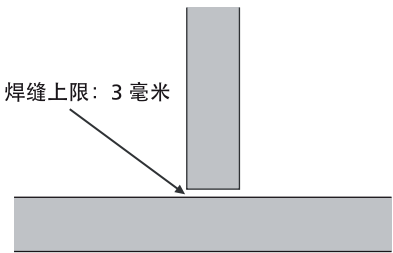
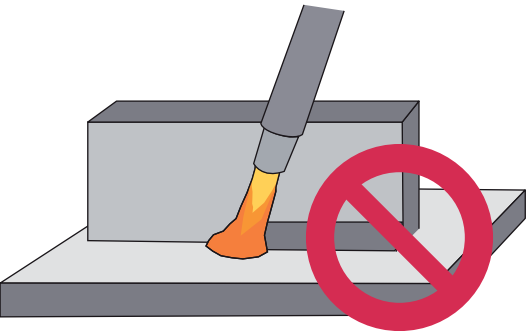
焊接方法	电弧类型	保护气体(重量百分比)
MAG, 实芯焊丝, MAG, 金属粉芯焊丝	短弧	氩 + 15–25% 二氧化碳
MAG,实芯焊丝, MAG, 金属粉芯焊丝	短弧	氩 + 8–25% 二氧化碳
MAG, 药芯焊丝	短弧	氩 + 15%-25% 二氧化碳或纯二氧化碳
MAG, 药芯焊丝	各种电弧类型	氩 + 8%-25% 二氧化碳
MAG, 所有类型	喷射电弧	氩 + 15–25% 二氧化碳
TIG		纯氩

对于所有基于保护气体的焊接方法而言,保护气体流取决于焊接条件。一般规律是,应当将保护气体流(单位: l/min)设定为与气体保护杯(单位:毫米)内径相同的数值。

焊接顺序与焊缝大小

避免焊缝出现氢裂的方法如下:

- 不要在弯角处开始与结束焊接。如有可能,开始与结束焊接的部位应距离弯角至少 5 至 10 厘米。
- 焊缝不得超过 3 毫米。



在WELDOX威达钢与HARDOX悍达钢底漆上焊接



为了尽可能地获得最佳焊接效果,应将底漆去除。

WELDOX威达钢与HARDOX悍达钢底漆质量优异, 锌含量很低, 可直接进行焊接。

用户可以很容易地将焊缝周围的底漆刷掉或去除。在开始焊接前去除底漆的好处包括: 可最大限度地减少焊材的气孔数量和易于在水平位置以外的其他位置上焊接。

如果底漆残留在焊缝坡口加工表面, 则焊材中的气孔数量会略有增多。如果在底漆上直接焊接, 采用药芯焊丝进行MAG 焊接和MMA 焊接可最大限度地降低气孔的数量。

在所有的焊接操作过程中必须确保良好的通风条件。这样, 底漆不会对焊工及其周围人员产生有害影响。

欲了解更多内容, 请从 www.ssabox.com 下载 TechSupport #25

焊后热处理

可以对 HARDOX 悍达HiTuf钢板与WELDOX威达 700-960钢板进行焊后热处理, 不过该方法很少使用。其他等级 HARDOX 悍达和WELDOX威达钢板不应用焊后热处理来消除应力, 该方法会影响钢板的机械性能。

有关详情, 请参阅瑞典钢铁奥克隆德有限公司的《焊接》随身操作手册。 可访问www.ssabox.com网站订购。

瑞典钢铁奥克隆德有限公司(简称:瑞钢奥隆)是SSAB瑞典钢铁集团旗下的成员之一,是全球领先的淬火和回火钢板制造商。主要生产著名的HARDOX悍达耐磨钢板, WELDOX威达超高强度钢板,ARMOX铠达防护钢板和TOOLOX拓达预硬化工具钢板。由于钢板成份的合理配比和独特的生产工艺,使得钢板兼具了强度高、韧性好的特性。

瑞典钢铁奥克隆德有限公司多年来专注研究和开发淬火和回火钢板。目前已在全球45个国家销售其高质量的钢板,并为客户提供本土化的技术支持服务。

了解详细情况,请与我们联系或访问www.ssabox.com

SSAB Oxelösund
SE-613 80 Oxelösund
Sweden

电话 +46 155-25 40 00
传真+46 155-25 40 73
Email: info@ssabox.com

www.ssabox.com
www.hardox.com
www.weldox.com