

HARDOX 悍达™
耐 磨 钢 板

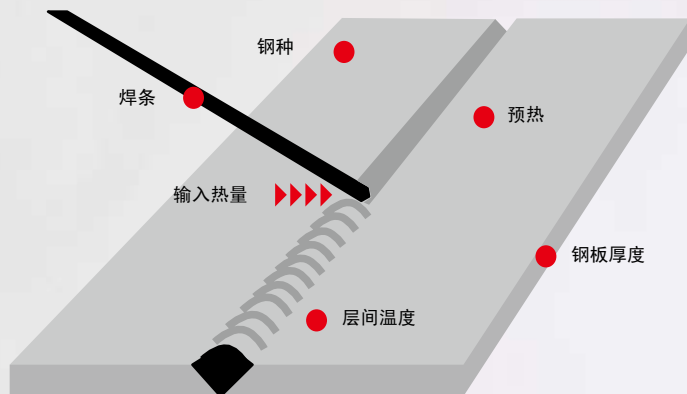
WELDOX 威达™
超 高 强 度 钢 板

焊 接

SSAB 瑞钢奥隆
OXELÖSUND

由瑞典钢铁奥克隆德有限公司生产的HARDOX耐磨钢板和WELDOX高强度结构钢板，其合金含量低，碳当量低，因而可用任何普通的电弧焊方法，就可将其焊接在普通结构钢板上。

影响焊点机械性能的因素



HARDOX和WELDOX钢板相对其强度而言碳当量很低。

碳当量低的钢材比碳当量高的钢材具有更好的焊接性能。各种不同厚度钢材的标准碳当量如表所示。

碳当量（根据IIW的碳当量公式）可按下式计算：

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

焊接时工件温度

当焊接结构钢和耐磨钢时，尽量减少冷裂纹的出现（氢裂或延迟裂纹）至关重要。产生冷裂纹的主要原因是焊缝处有氢气导致有应力存在。

避免裂纹出现的方法：

- 在焊接前预热母体材料。
- 确保焊接面的清洁和干燥。
- 减少收缩内应力。可以通过合理的焊接顺序与工件的匹配达到。
- 选择低氢的焊料。

在焊接HARDOX钢板时，其目标是：

- 保持热影响区的硬度。
- 在热影响区获得良好韧性。

在焊接WELDOX钢板时，其目标是：

- 在焊接接头处获得适当的强度。
- 在焊接接头处可获得良好的韧性。

钢材牌号	厚度范围	碳当量 CEV (IIW)*
S355	5-100 mm	0,39-0,43
WELDOX 355	8-25 mm	0,34-0,37
WELDOX 420	6-80 mm	0,37-0,39
WELDOX 460	6-80 mm	0,37-0,42
WELDOX 500	8-80 mm	0,37-0,42
WELDOX 700	4-130 mm	0,39-0,64
WELDOX 900	4-80 mm	0,56
WELDOX 960	4-50 mm	0,56-0,64
WELDOX 1100	5-40 mm	0,68-0,72
HARDOX 400	4-130 mm	0,36-0,70
HARDOX 450	4-80 mm	0,41-0,62
HARDOX 500	5-80 mm	0,58-0,68

*) 标准值

预热

预热对点焊和根部焊道最为重要。

焊接过程中和焊接后的温度越高，则氢越容易从钢中逸出。

钢板越厚，预热的必要性越大（见下页图表），以补偿厚钢板更快的冷却速度，而且厚板比薄板的碳当量（CEV）值更高。

如果周围湿度高且/或温度低于5℃，则该表内的给定值应增加25℃。如果被焊接工件属刚性固定，则温度应相应增加。

HARDOX和WELDOX是注册商标，由瑞典钢铁奥克隆德有限公司独家制造。

如果不同等级的钢焊接在一起或所有焊条的碳当量比母体材料的碳当量高，则预热温度由碳当量最高的母材或焊条的碳当量决定。

焊后加热温度应与预热温度一致。应保证每毫米板厚至少加热5分钟，而总加热时间不少于1小时。

焊后加热

在焊接完毕后紧接着加热焊接接头也可使钢里的氢容易逸出。

推荐的预热温度

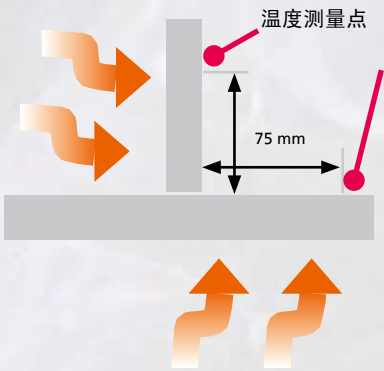
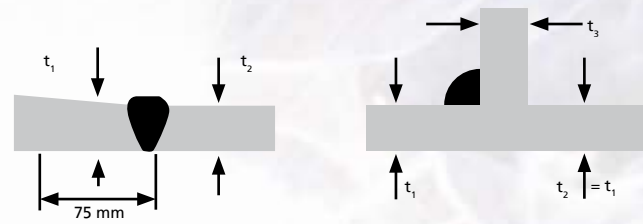
对于不同组合厚度的钢板（毫米）														
t ₁ +t ₂ +t ₃ =	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	
S355 (SS 2132)											75°C			
WELDOX 355														
WELDOX 420/460					室温						75°C			
WELDOX 500											75°C			
WELDOX 700							75°C			100°C		150°C		
WELDOX 900		75°					100°C					150°C		
WELDOX 960		75					100°C					150°C		
WELDOX 1100		100°		125°C			150°C					175°C		
HARDOX 400					75°C			100°C				175°C		
HARDOX 450					100°C			125°C				175°C		
HARDOX 500		100°	125°	150°C					175°C					

推荐层间温度

钢材牌号	层间温度
S355 (SS 2132)	225-250°C
WELDOX 355	225-250°C
WELDOX 420/460	225-250°C
WELDOX 500	200-225°C
WELDOX 700	200-225°C
WELDOX 900	150-175°C
WELDOX 960	150-175°C
WELDOX 1100	150-175°C
HARDOX 400	150-175°C
HARDOX 450	150-175°C
HARDOX 500	150-175°C

钢板组合厚度，毫米

t₁ = 距焊接金属75毫米内的平均厚度



焊后热处理

焊后热处理 (PWHT)

进行焊后热处理是为了减少焊后剩余应力。

WELDOX钢板只有在设计规则有特殊说明时才进行焊后热处理。

HARDOX和WELDOX1100不需要进行焊后热处理。

提高疲劳强度的措施

通过各种焊后热处理可提高焊接头的疲劳强度。这样的处理使焊缝与板材平稳过渡，降低了应力集中。

选择输入热量

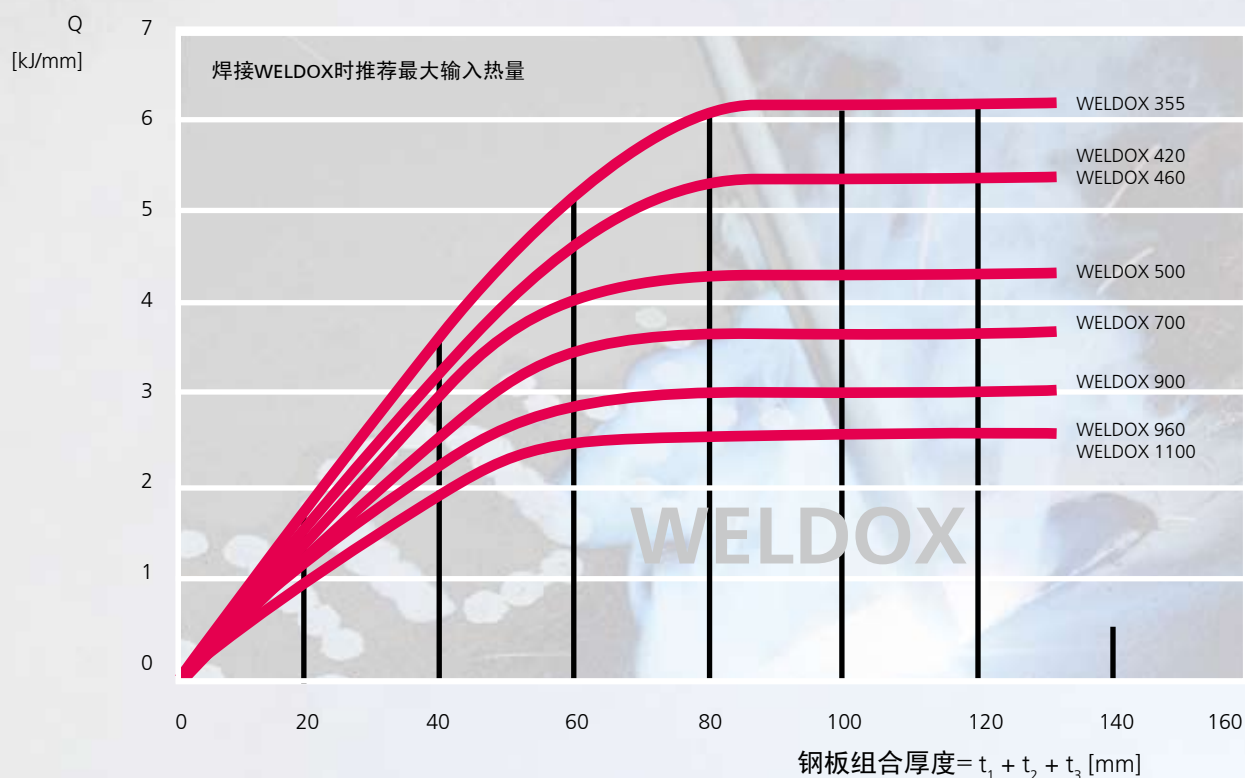
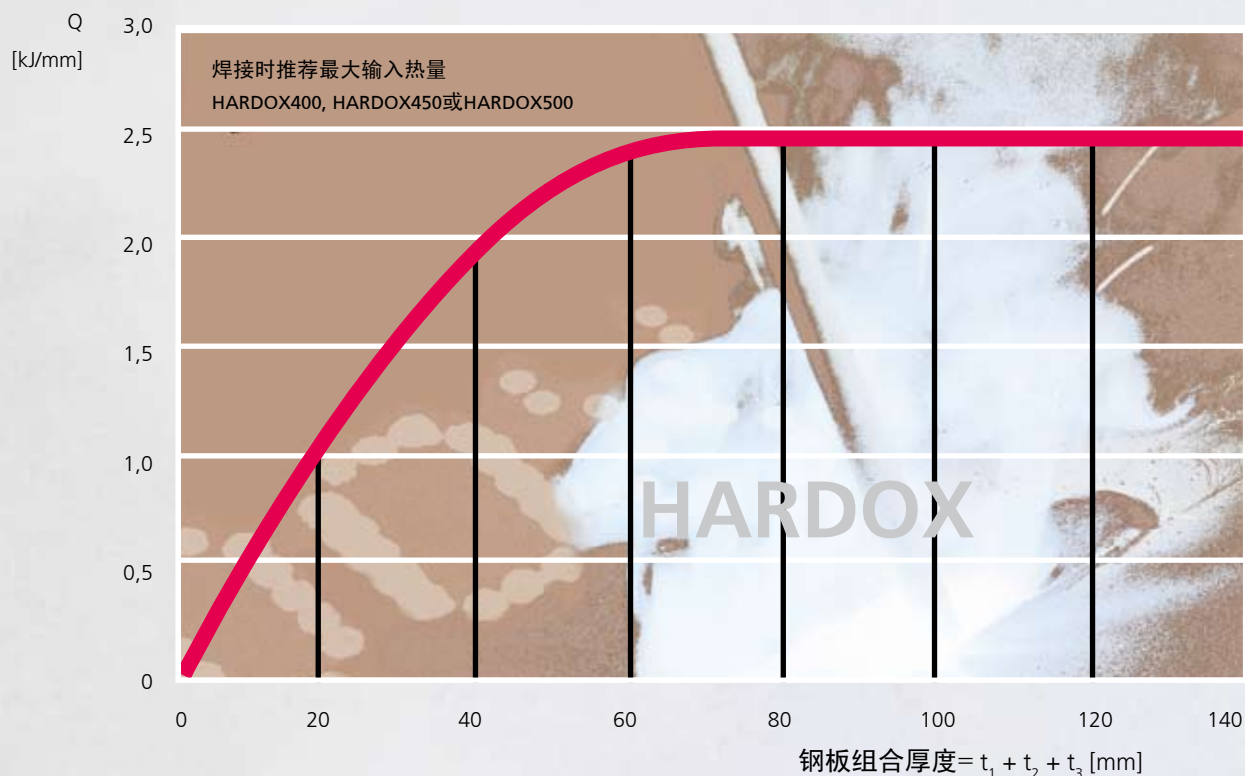
HARDOX和WELDOX的焊接接头中推荐的输入热量极限值如下图。在低于此极限热量下进行的焊接可以在热影响区获得满意的韧性，强度和原有的硬度。

减少输入热量

焊接接头强度增加

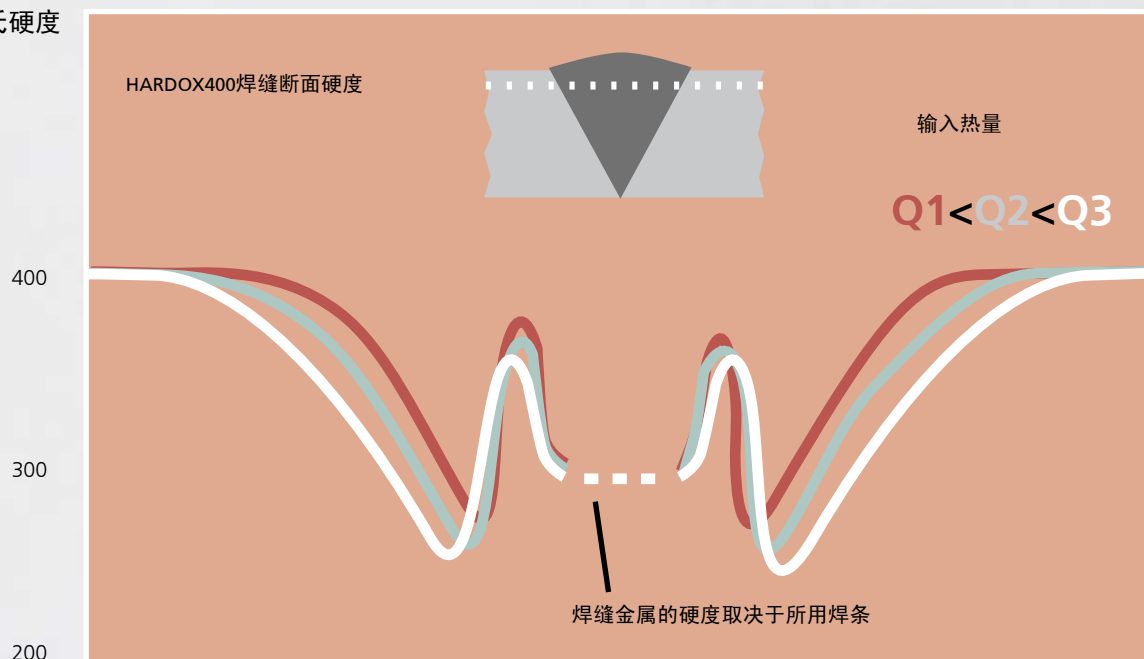
热影响区的韧性更好

软熔区变窄





布氏硬度



输入热量计算

$$Q = \frac{\eta \cdot U \cdot I \cdot 60}{v \cdot 1000}$$

Q = 输入热量[kJ/mm]

U = 电压[V]

I = 电流[A]

v = 焊接速度[mm/min]

η = 焊接效益因素

焊弧效益因素 η

焊接方法	焊弧效益因素 η
手工电弧 (MMA)	0,8
气保焊 (MIG/MAG)	0,8-0,9
药芯焊丝电弧焊 (FCAW)	0,9
埋弧焊 (SAW)	1,0
钨极气体保护焊 (GTAW)	0,7

焊料的选择 *

所有用于焊接普通和高强度钢板的传统电弧焊均适宜于HARDOX和WELDOX钢板。

焊料的选择由焊接接头机械性能的要求而定。

碱性焊条可用于焊接HARDOX和WELDOX钢板。选用焊接金属的氢含量不超过5ml/100g。

在选择焊料屈服强度时有以下选择…

- 1) 低强度焊接金属（焊接金属屈服强度**低于母体材料的屈服强度）
- 2) 等强度焊接金属（焊接金属屈服强度与母体材料屈服强度**相等）
- 3) 高强度焊接金属（焊接金属屈服强度高于母体材料屈服强度**）

当焊接钢种处于WELDOX700-WELDOX1100之间时，需要匹配不同成分的焊条。例如：根部焊道采用软焊条，填充焊点采用高强度焊条。

*) 参见封底焊料AWS分级列表

**) 相当于屈服强度的正常的最小值

选择低强焊料与选择高强焊料（屈服强度大于500N/mm²）相比所具有的优势：

- 焊接金属的韧性大
- 焊接接头的延伸性能好
- 发生裂纹可能性减小

对角焊而言，通常推荐选用低强度焊料。

选用软焊条来焊接HARDOX钢板

焊接HARDOX钢板应选用碱性软焊条。软焊条屈服强度低于500N/mm²，这样的焊条可减少焊缝中的剩余应力及降低发生冷裂纹的可能性。

如果焊接处要承受很大的磨损，则表面可使用硬焊条做帽边。

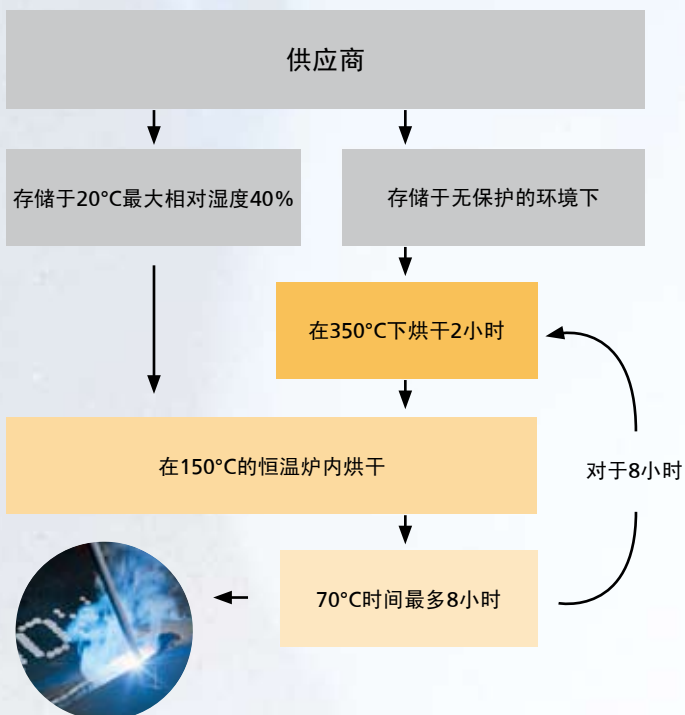
在下列情况下可使用奥氏体不锈钢焊料对HARDOX进行非常成功的焊接。

- 如果工件刚性固定
- 如果工件不能预热
- 如果钢板厚度超过60mm

焊接HARDOX和WELDOX时推荐相应的焊料强度值

WELDOX 355 / 420	高强焊接金属
WELDOX 460 / 500	高强焊接金属或等强焊接金属
WELDOX 700	等强或低强焊接金属
WELDOX 900 / 960	低强焊接金属
WELDOX1100	低强焊接金属
HARDOX 400 / 450 / 500	低强焊接金属

为了避免吸湿，焊料应根据厂家的规定储备。如果已有吸湿的可能，则应对焊料刮擦或根据厂家要求重新烘干。



涂漆板的焊接

焊接带防腐涂漆的钢板可能产生各种气孔。但是，通过选择合适的油漆品种和厚度并采用适当的焊接参数可使气孔降至最低限度。这样在一定范围内达到相应标准就可以直接进行焊接，而不用去除油漆。

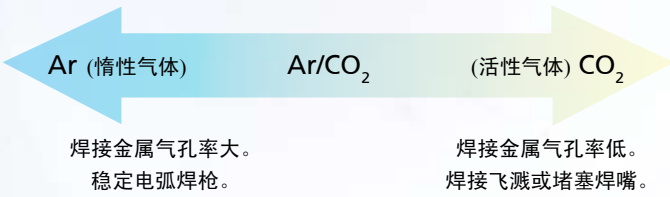
在交货之前，库存的HARDOX和WELDOX钢板都涂有低浓度硅酸锌漆防腐层。这一涂层是经过专门设计的，使得在焊接时的焊接气泡最小。这样，可直接在涂层上焊接，从而提高工作效率。

如果钢板防腐层是PVB（聚乙烯丁基）或环氧油漆，则在焊接前应除去涂层，以确保焊接质量。

工作卫生

在焊接或除去涂层时，应保证工作地点良好的通风。

焊接保护气体在药芯焊丝电弧焊和气保焊涂有低浓度硅酸锌油漆的钢板时对焊接金属气孔的影响



为保证焊接质量在焊接涂有低浓度硅酸锌油漆的 HARDOX和WELDOX钢板时的推荐值

焊接方法	药芯焊丝电弧焊 (FCAW)	气焊	手工电弧焊
焊药	碱性	-	碱性
保护气体	75% Ar/25% CO ₂	75% Ar/25% CO ₂	-
电焊条角度	75°	75°	60-90°
焊接位置	1F, PA	1F, PA	1F, PA
焊接方向	向前	向前	向后

45°
1F, PA

75°
向前焊接

螺柱焊接

HARDOX和WELDOX非常适宜于进行螺柱焊接，而且在室温下无需预热。

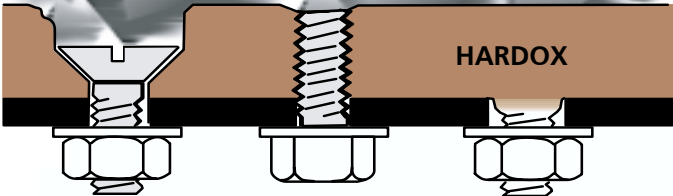
若钢板表面干燥、清洁，则可直接在下列钢板上进行螺柱焊接。

- 表面光洁
- 表面有低浓度硅酸锌涂层
- 表面有PVB涂层



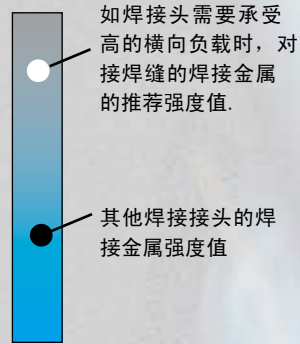
螺柱焊接是一种把螺栓、螺钉、销子等快速、简单、经济地加固到金属表面的方法。这一方法常取代一些花费昂贵的打孔、扩孔作业。这一方法比传统焊接法要简单，甚至未经焊接训练的人员都可以进行螺栓焊。

螺柱焊接安装比打孔螺栓加固更好。它减少了磨损，增加了使用寿命。



焊接金属
 $R_{p0.2}$
[N/mm²]

焊料 (AWS-classes)



HARDOX 400
HARDOX 450
HARDOX 500
WELDOX 355
WELDOX 420
WELDOX 460
WELDOX 500
WELDOX 700
WELDOX 900
WELDOX 960
WELDOX 1100

MMA 人工电弧焊		SAW 埋弧焊		MIG/MAG 气保焊		FCAW 药芯焊丝电弧焊	
AWS A5.5 E 12018		AWS A5.23 F12AX-EX		AWS A5.28 ER 120S-X		AWS A5.29 E12XT-X	
AWS A5.5 E 11018		AWS A5.23 F11AX-EX		AWS A5.28 ER 110S-X		AWS A5.29 E11XT-X	
AWS A5.5 E 10018		AWS A5.23 F10AX-EX		AWS A5.28 ER 100S-X		AWS A5.29 E10XT-X	
AWS A5.5 E 9018		AWS A5.23 F9AX-EX		AWS A5.28 ER 90S-X		AWS A5.29 E9XT-X	
AWS A5.5 E 8018		AWS A5.23 F8AX-EX		AWS A5.28 ER 80S-X		AWS A5.29 E8XT-X	
AWS A5.5 E 8016		AWS A5.23 F7AX-EX					
AWS A5.5 AWS A5.1 E 7028 E 7018		AWS A5.17 F7AX-EX		AWS A5.18 ER 70S-X		AWS A5.20 E7XT-X	
AWS A5.1 E 7016							

注：“X”代表一个或多个特性。

▲ 选择焊接HARDOX和WELDOX钢板的焊料的一般原则

- 碱性的焊剂通常在FCAW, SAW, MMA焊接中使用
- 焊接金属的冲击韧性至少要与钢板的冲击韧一样
- 通常使用含氢低的焊条 (HD≤5ml/100g)

您可以购置以下金属加工手册“弯曲与剪切”和“机加工”。

也欢迎您与我们的应用工程师联系。他们将热情地为您提供建议及有关焊接，材料选择，机加工和表面处理的知识。

瑞典钢铁奥克隆德有限公司

SSAB 瑞钢奥隆
OXELÖSUND

SSAB Oxelösund
613 80 Oxelösund
Sweden

Tel. 0155-25 40 00
Fax 0155-25 40 73
www.ssabox.com

北京代表处

北京市西城区阜成门外大街2号
万通新世界广场A座1902室
邮编: 100037
电话: 010-68587961 / 68587962
传真: 010-68587996
Email: tony.qiu@ssabox.com
www.ssabox.com

上海代表处

上海市长宁区仙霞路317号
远东国际广场B座1002室
邮编: 200051
电话: 021-62350065
传真: 021-62754161
Email: henry.luo@ssabox.com
www.hardox.com.cn

广州代表处

广州市天河北路183号
大都会广场1410B室
邮编: 510620
电话: 020-87551793
传真: 020-87553291
Email: forest.dai@ssabox.com
www.weldox.com.cn