BAOSTEEL | 创享改变生活

Hot-rolled Wear Resistant Steel

热轧耐磨钢

www.baosteel.com

宝山钢铁股份有限公司
BAOSHAN IRON & STEEL CO., LTD.

CONTENT
目 录

01 前言

02 工艺流程及交货状态

03 牌号及可供规格范围

04 产品主要性能

08 产品使用技术

14 应用案例

15 结语

前言

宝钢依靠创新型研发能力和国际先进的薄板热处理线，在国内率先研制成功高性能薄规格BW系列经典耐磨钢和新型耐磨钢及BMS系列热轧耐磨蚀钢，厚度范围为3.0-15.0mm，规格薄、板形好，具有高耐磨、高韧性、抗冲击、易焊接、可成形等优点，产品性能和质量稳定。

BW系列产品适用于自卸车、垃圾收集车、混凝土搅拌车、料斗、碎料机、煤矿机械、粮食机械、抓斗等，具有高强耐磨、安全长寿的优势，非常适合轻量化减薄设计；BMS系列耐磨蚀钢是宝钢针对海水疏浚领域专门研发的疏浚管道用钢，在兼顾腐蚀的基础上提高耐磨损性能，是目前世界上强度等级最高、耐磨蚀性能最好的疏浚管道用钢。

工艺流程及交货状态

生产工艺流程

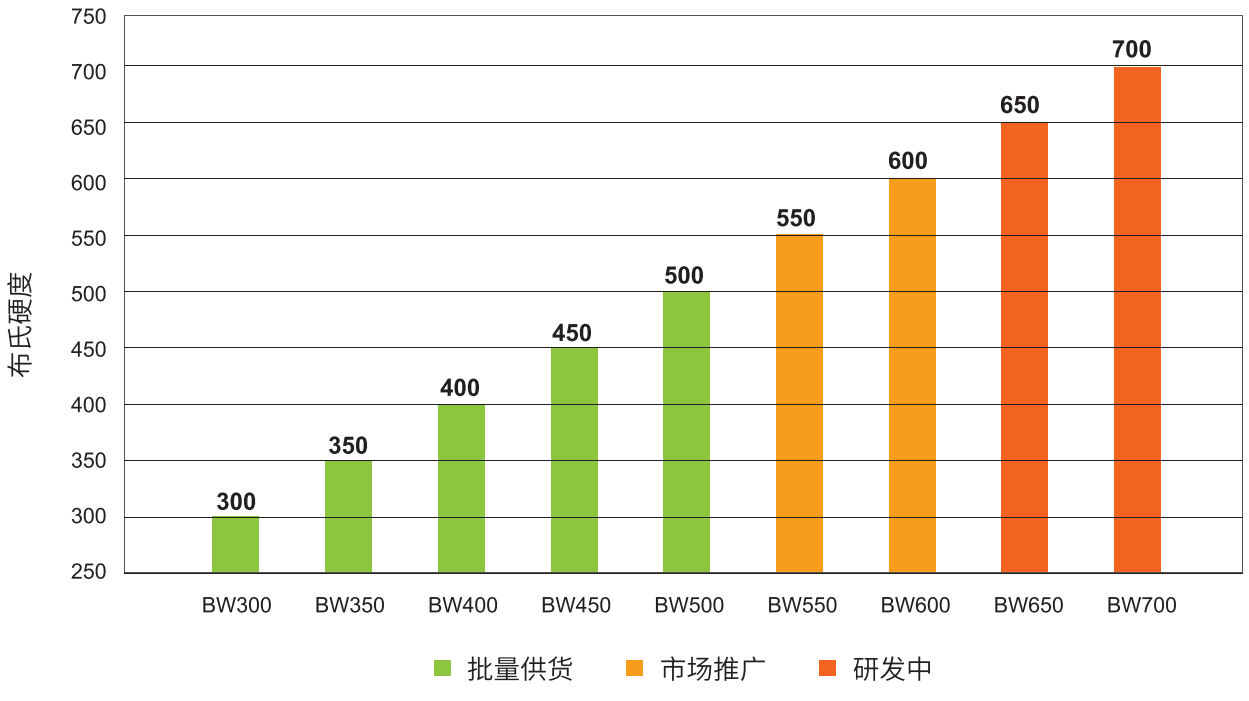
BW 系列耐磨钢和 BMS 系列耐磨蚀钢均采用转炉冶炼的优质镇静钢，经过二次精炼后进行连续铸造，钢坯送热轧厂再加热并采用控轧控冷工艺轧制成卷，经强力矫直切板后进行热处理，性能质量检测合格后准发交货。

交货状态

在线淬火或淬火 + 低温回火状态交货。

产品特点

- 高纯净，采用宝钢先进的纯净钢冶炼技术，钢坯质量优异，P≤0.015%，S≤0.003%。
- 高耐磨，抗冲击，具有良好的耐磨损、耐撞击性能，长寿耐用
- 高韧性，适用于-40°C低温环境
- 板形好，薄规格（板厚3-5mm可批量供货）不平度最高可达到≤3mm/m
- 易加工，可进行冷弯加工
- 易焊接，具有良好的可焊接性能



牌号及可供规格范围

牌号说明

经典耐磨钢 BW450	耐磨蚀钢 BMS1400	新型耐磨钢 BW300TP
B：宝钢， W：Wear-resistance，耐磨钢， 450：布氏硬度级别。	B：宝钢， MS：耐磨蚀， 1400：抗拉强度级别。	B：宝钢， W：Wear-resistance，耐磨钢， 300：布氏硬度级别， TP：Triple-Phase，三相组织。

可供规格

BW系列热轧耐磨钢可供规格如下表所示，超出规格范围可与宝钢热轧耐磨钢产销研小组联系。

牌 号	可供厚度, mm	可供宽度, mm	可供长度, mm
BW360 BW400 BW450 BW500 BW600	3-14	850-1800	4000-12000
BMS1400	3-15	1000-1800	4000-12000
BMS1500			
BW300TP BW400TP	3-8	850-1600	4000-12000

产品主要性能

交货技术条件－力学性能

牌 号	厚度 mm	拉伸试验（横向）			布氏硬度	冲击试验		90°弯曲试验
		屈服强度 ReH,MPa	抗拉强度 Rm,MPa	伸长率 A50mm,%	HBW	冲击值 (-40°C)KV2,J	温度 °C	弯心直径
BW360	3-14	≥900	≥1100	≥12	360±30	≥ 20	-40	d = 5a
BW400	3-14	≥960	≥1200	≥10	400±30	≥ 20	-40	d = 5a
BW450	3-14	≥1100	≥1300	≥8	450±30	≥ 20	-40	d = 6a
BW500	3-14	≥1250	≥1450	≥8	500±30	≥ 20	-40	d = 8a
BW600	3-12	-	-	-	600±30	≥ 20	-40	-
BMS1400	3-15	≥1100	≥1350	≥8	450±30	≥ 20	-40	d = 7a
BMS1500	3-15	≥1250	≥1450	≥7	500±30	≥ 20	-40	d = 8a
BW300TP	3-8	550-850	≥950	≥8	270-380	≥ 20	-20	d = 6a
BW400TP	3-8	700-1000	≥1200	≥8	370-450	≥ 20	-20	d=6a

注：1. 拉伸试验采用横向试样，即试样长轴的方向垂直于轧制方向；
2. 冲击试验采用纵向V型缺口夏比试样， 表列冲击值对应10*10*55mm标准试样，若采用5mm、7.5mm小试样，表中冲击值等比例减小，板厚＜6mm不做冲击试验；
3. 冷弯试验采用横向试样，d＝弯心直径，a＝钢板厚度。

交货技术条件－化学成分，wt%

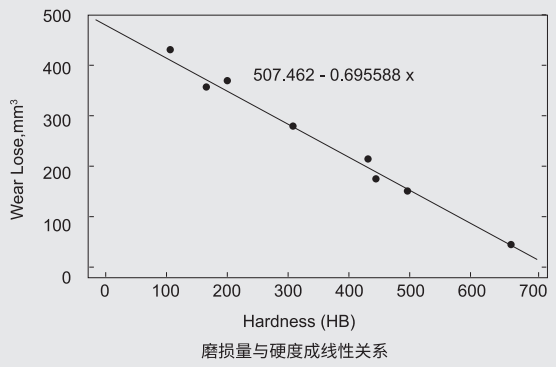
牌 号	C ≤	Si ≤	Mn ≤	P ≤	S ≤	Al ≥	Cr ≤	Ti ≤	B ≤	CEV 典型值
BW360	0.28	0.70	1.60	0.020	0.010	0.015	1.00	0.05	0.005	0.46
BW400	0.30	0.70	1.60	0.020	0.010	0.015	1.00	0.05	0.005	0.46
BW450	0.35	0.70	1.60	0.020	0.010	0.015	1.10	0.05	0.005	0.52
BW500	0.38	0.70	1.60	0.020	0.010	0.015	1.20	0.05	0.005	0.55
BW600	0.45	0.70	1.60	0.020	0.010	0.015	1.20	0.05	0.005	0.55
BMS1400	0.30	0.70	1.70	0.020	0.010	0.015	1.50	0.08	0.005	0.52
BMS1500	0.38	0.70	1.60	0.020	0.010	0.015	1.20	0.05	0.005	0.55
BW300TP	0.35	2.0	2.0	0.025	0.010	0.015	-	0.05	-	0.44
BW400TP	0.38	2.2	2.2	0.025	0.010	0.015	-	0.10	-	0.52

碳当量CEV＝C＋Mn/6+（Cr+Mo+V）/5+（Cu+Ni）/15
根据性能要求，允许加入Nb、V、Ti、Mo、Cr等合金元素

耐磨损性能

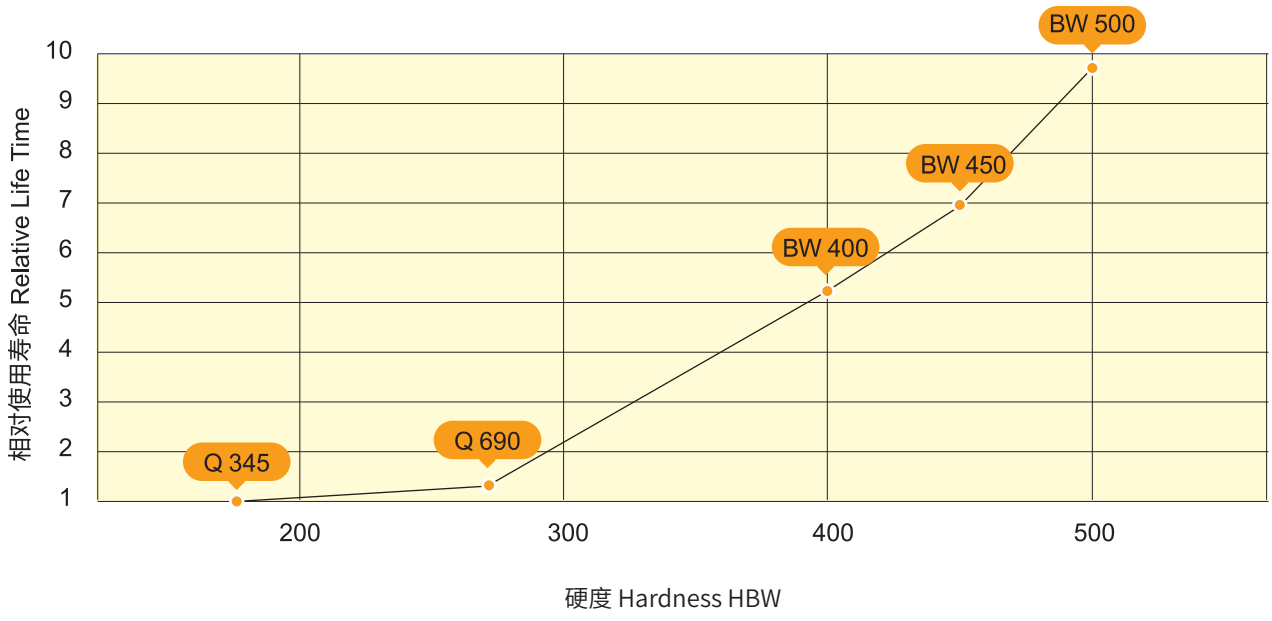
硬度试验

硬度是表征耐磨损性能的关键指标之一，宝钢产品研发人员通过大量的磨粒磨损试验发现，材料的磨损失重量和硬度成反比，也就是说，在磨粒磨损状态下，材料硬度越高，耐磨损性能越好。BW450与Q345相比，硬度提高3倍，在同等工况条件下，平均使用寿命提高7倍。



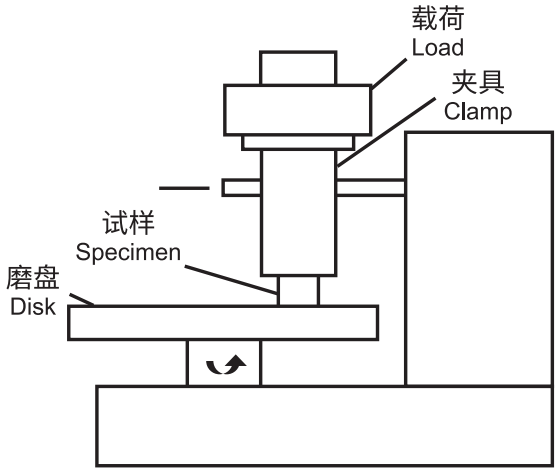
材料磨损失重量与其硬度成反比

磨粒磨损试验机



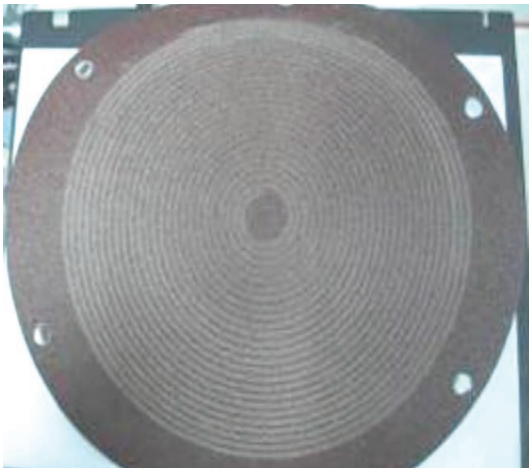
销－盘法磨粒磨损实验

耐磨性实验采用国际通用的销——盘法磨粒磨损实验进行，材料的耐磨性水平会随着试验参数的改变而发生变化。



ML-100 磨粒磨损试验机工作原理

实验条件是: 耐磨钢试样测试部分加工成 φ4mm 的圆柱，对磨材料选用粒度为 120 目的 SiC 砂纸，在 84N 载荷作用下进行实验。



测试后砂纸表面的螺旋线

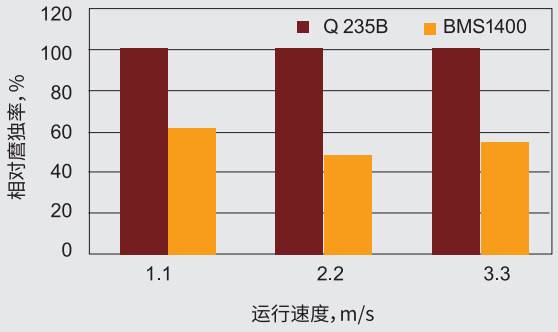
对宝钢BW400钢板沿厚度方向进行的耐磨性测试，耐磨性实验结果与硬度测试结果相呼应，即在整个截面范围内耐磨性沿厚度方向变化较小；采用相同的试验条件检验了某进口品牌耐磨钢样板，试验，对比可见两者耐磨性相当。

BW400 钢 8mm 厚钢板的耐磨性测试结果

钢 种	失重量, mg				磨损率，mg/m			
	1	2	3	均 值	1	2	3	均 值
BW400	127.90	101.40	96.85	108.72	14.21	11.27	10.76	12.08
某进口品牌	128.55	133.35	122.10	128.00	14.28	14.82	13.57	14.22

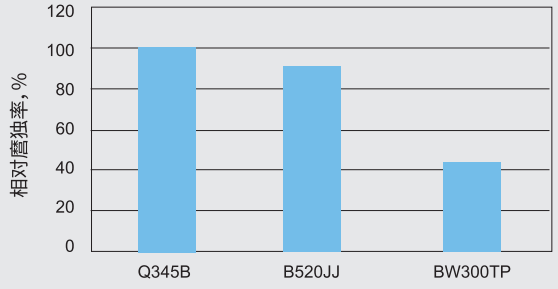
磨蚀试验

采用旋转式腐蚀磨损试验机测试了海水疏浚工况条件下材料的耐磨蚀性能，对比材料为现有的疏浚管用普碳钢。试验结果显示，BMS 系列耐磨蚀钢在海水疏浚工况条件下的耐磨蚀性能约为对比材料的 2 倍，这一结果与实际工况下的对比结果一致，为目前耐磨蚀性能最好的疏浚管用钢。



BMS1400 耐磨蚀性能对比结果

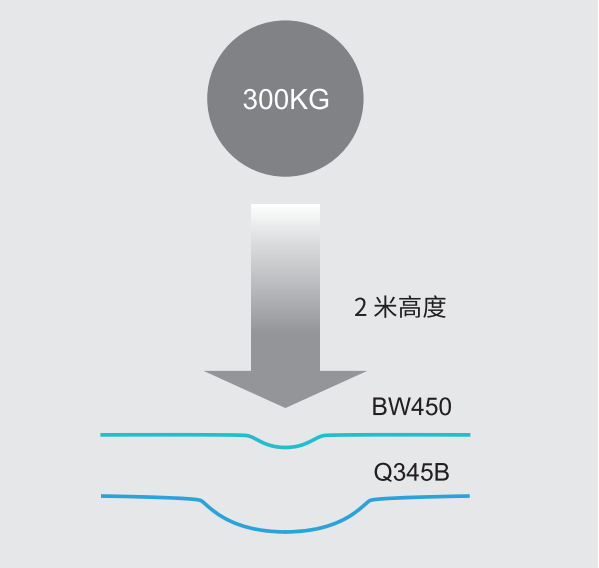
在混凝土砂浆环境下，BW300TP耐磨蚀性约为Q345B和520JJ的2倍，显著提高使用寿命。



BW300TP耐磨蚀性能

抗冲击凹陷性能

BW 耐磨钢板具有良好的冲击韧性，在承受重物冲击时，抗凹陷能力表现显著优于普通结构钢，该性能适用于制作自卸车车厢底板，适合钢板的减薄设计。



钢板尺寸、外形、重量及允许偏差

钢板尺寸、外形、重量及允许偏差满足《GB/T709热轧钢板和钢带的尺寸、外形、质量及允许偏差》的要求。

宝钢热轧耐磨钢采用全流程板形控制技术，板形质量优异，不平度最高可以达到≤3mm/m。

用户如对尺寸公差等有附加要求，供需双方协商确认，并在合同中注明。

产品使用技术

宝钢致力于建设热轧耐磨钢一揽子使用技术团队，采用EVI（先期介入模式）为用户提供专业的热轧耐磨钢使用技术服务，从选材到设计、从下料加工到制造服役，全程为用户提供专业的技术指导。

设计与选材

宝钢拥有具备丰富专业知识和经验的EVI用户技术服务团队，专注于用户对产品使用过程的技术指导。配备全套的CAD和CAE分析软件，包括CATIA、UG、Hyperworks、AUTOFORM、DYNAFORM和ABAQUS等仿真分析平台。具备结构强度、刚度分析，设计优化和成型技术分析等能力，从用户使用角度提供更全面的技术支撑。

在设计阶段可能用到的一些热轧耐磨钢典型性能及参数如下表所示。

类 别	单位	BW300TP	BW450
碳当量 CEV（IIW）	%	0.45	0.52
焊接裂纹敏感指数Pcm	%	0.28	0.29
屈服强度Re	MPa	700	1200
抗拉强度Rm	MPa	1100	1430
断后伸长率 A	%	15	12
夏比冲击功(-40°C)KV2,	J	30	60
表面布氏硬度 HBW	HBW	300	450
90度冷弯，弯心直径	mm	D=6t	D=6t
弹性模量（20°C）	GPa	204	210
剪切模量（20°C）	GPa	79.1	80.8
泊松比（20°C~40°C）	-	0.29	0.29
质量密度	g/cm^3	7.73	7.85
热导率（25°C）	W/(m.K)	51.26	48.54
热膨胀系数（25°C）	1/K	1.299×10^{-5}	1.254×10^{-5}
比热（25°C）	J/(kg.K)	458.27	451.89

热切割

宝钢热轧耐磨钢钢板适用于热切割包括氧气燃料火焰切割、等离子切割、激光切割等。

钢板热切割时可能会产生切边裂纹，和焊接裂纹相似是一种延迟裂纹。钢板的硬度和厚度越大，出现切边裂纹的风险也越高。热轧耐磨钢由于板厚较薄，在低温环境下热切割时适当降低切割速度是防止切边裂纹的有效方法，另外切割之前适当预热，切割后对工件保温缓冷，在一定程度上也可以降低切割边缘的残余应力。

钢板热切割或热加工时，钢板会因为受热而产生软化，钢板的抗软化能力取决于钢的化学成分、显微组织及加工方式，切割工件越小，热量会在工件中聚集导致软化的风险越大。避免软化风险的最好方式是采用冷切割和冷加工。如果必须进行热切割时，优先使用激光切割或等离子切割。水下等离子切割可以大大缩小热影响区、防止工件硬度降低、减少切割部件变形、降低噪音、无烟尘。

表7 典型切割工艺参数

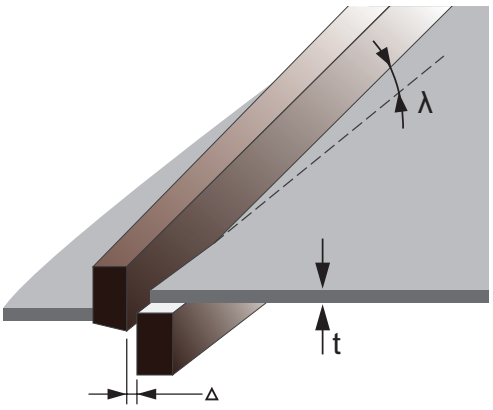
切割方式	切割速度 mm/min	切口宽度 mm	热影响区宽度 mm	尺寸公差 mm
水刀切割	8-150	±0.2	0	±0.2
激光切割	600-2200	±0.2	0.4-3	±0.2
等离子切割	1200-6000	±1.0	2-5	±1.0
火焰切割	150-700	±2.0	4-10	±2.0

注：以上数据均为参考值，具体视生产情况而定。

剪切

高强耐磨钢可以进行剪切，但抗拉强度越大，所需的剪切力就越大，我们不建议对BW400、BW450等耐磨钢钢板进行剪切。

剪切时，应选择坚硬、锋利、并稍带一点圆边的刀刃。剪切过程中刀刃间隙也应随钢板强度的不同而变化，强度越大，刀刃间隙越大，不合理的刀刃间隙会影响切面质量。在实际操作中，具体还要依据生产设备的情况而定。



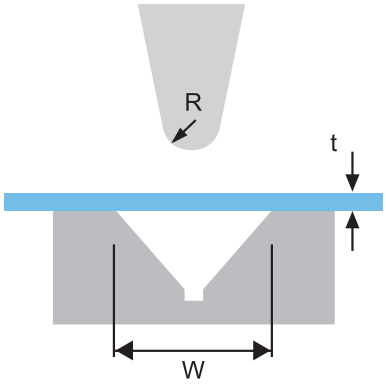
t：钢板厚度　λ：剪刃倾斜角　Δ：剪刃间隙

表8 剪切工艺基本参数（仅作参考）

牌 号	剪刃间隙 Δ=16%－18%板厚	剪刃倾斜角 λ
BW450	板厚=6mm，Δ=0.96－1.08 板厚=8mm，Δ=1.28－1.44 板厚=10mm，Δ=1.6－1.8	3°－5°

折弯加工

钢板可进行折弯加工，但必须严格控制折弯内径和角度。钢板进行冷弯时钢板的强度越高，需要的弯曲力越大，回弹力和回弹角度越大，因而应采用合适的上模直径和下模开口度。表4推荐了BW系列耐磨钢的折弯加工工艺。



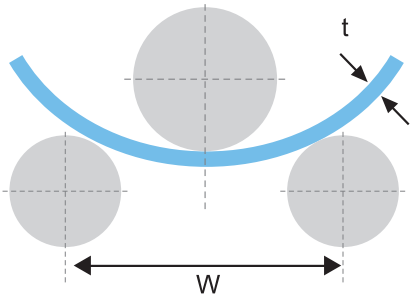


表4 90度折弯加工时推荐工艺参数及可能的回弹角

牌 号	板厚，mm	最小折弯内径，D		下模开口最小距离，W		回弹角，°
		纵向	横向	纵向	横向	
BW400	t<8	5t	5t	9t	10t	9-13
	8≤t<12	6t	5t	10t	10t	
BW450	t<8	6t	6t	10t	10t	11-18
	8≤t<12	8t	8t	10t	12t	

为避免钢板边部因加工硬化造成弯曲开裂，可适当采用打磨机去除毛边。

钢板纵向冷弯性能略好于横向冷弯性能，因而进行相同弯曲角度的折弯时时，横向弯曲内径应略大一些。所谓纵向是指钢板的轧制方向垂直于折弯机冲头长度方向。

折弯冲压力可参照如下公式计算：

$$P = \frac{1{,}6 \times b \times t^2 \times R_m}{10000 \times W}$$

其中： P=折弯冲压力 (t)，b=钢板宽度 (mm)，t=钢板厚度 (mm)，Rm=钢板抗拉强度 (MPa)，W=下模开口距离 (mm)。

表5 BW450常用折弯工艺参数速查

板厚 t, mm	6	8	10
折弯内径 D, mm	≥36	≥48	≥60
下模开口距离 W, mm	≥54	≥72	≥90
若冲压力计算条件为：	W＝60，Rm＝1350	W＝80，Rm＝1350	W＝100，Rm＝1350
则每米折弯冲压力 P, t	130	173	216

BMS 系列钢板的卷管加工

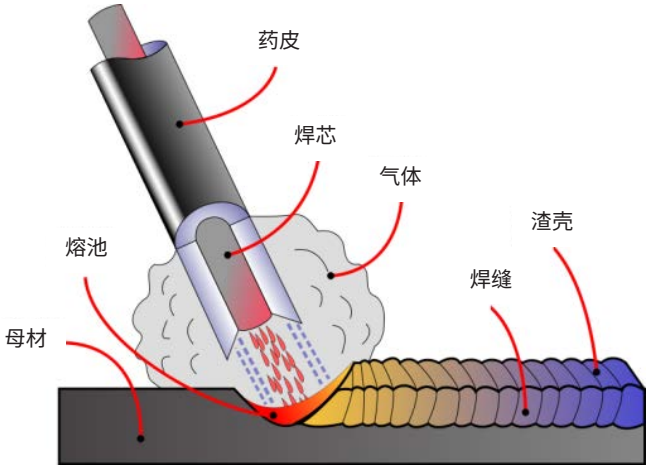
BMS系列钢板可以采用三辊式卷板机成管，对电机功率要求高于普通钢板（表6）。

表6 BMS系列钢板卷管对设备功率的要求

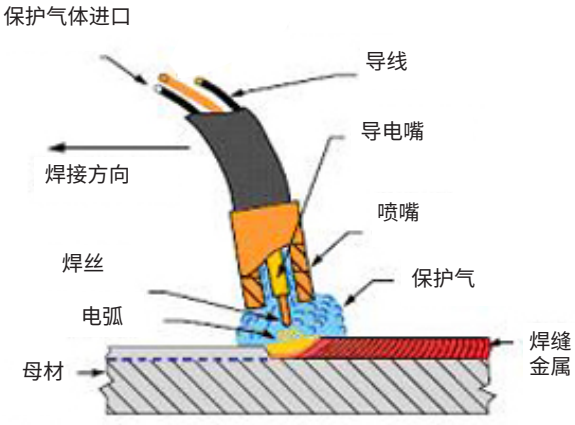
牌 号	典型屈服强度 MPa	板宽 m	厚度 mm	上辊直径 mm	下辊直径 mm	下两辊中心距 mm	最小弯管直径 d, min	卷板速度 m/min	电机功率 kW
Q345	400	2.0	14	550	450	750	700	5	30
BMS1400	1250	1.5	14	550	450	750	700	5	53
BMS1500	1400	1.5	14	550	450	750	700	5	60

焊接

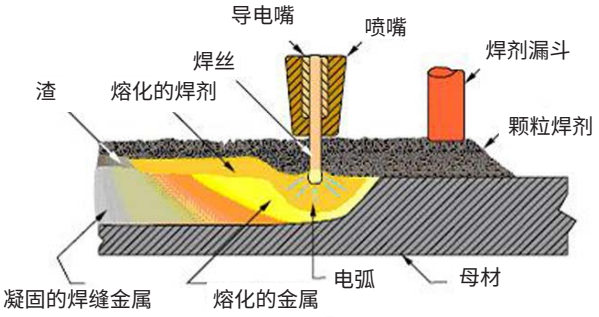
常用焊接方式



手工电弧焊

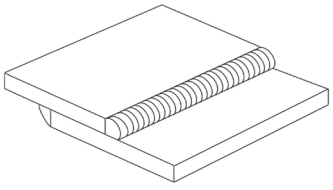


熔化极气体保护焊

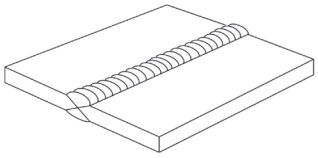


埋弧焊

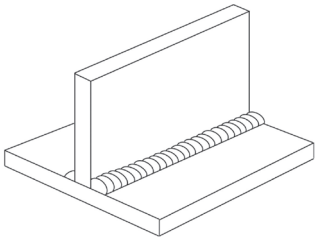
常用焊接接头类型



搭接接头



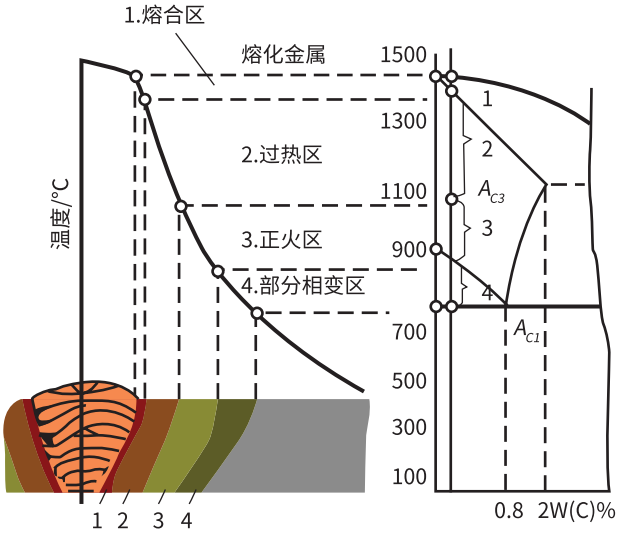
对接接头



T形接头

接头类型

焊接分区



焊接工艺及注意事项

- 根据焊缝设计等级、位置及受力状态，优先选用80kg级高强焊丝。优先选用低氢焊接方法及焊接材料。当采用手工焊条焊接时，应选用碱性焊条。
- 进行MAG 焊接时，焊接保护气体为（15－25%）CO_2的富Ar气体，气体流量为10～25 l/min。焊接时尽量不摆动，采用多层多道焊接，焊接热输入量建议不超过10kJ/cm，注意焊缝外形应美观。长直焊缝尽可能采用自动化焊接设备进行施焊。
- 焊接应在室内进行，环境温度应不小于5°C。如果温度低于5°C或环境湿度较大，应将最低预热温度增加25°C。
- 合理布置焊道，确保接头截面轮廓几何形状合理，对接接头焊缝余高不可超过3mm。焊缝位置布局严禁密集交叉。
- 可采用对接、角接、搭接等焊接接头形式，采用搭接接头时，搭接量应不小于较薄钢板板厚的5倍，最小搭接量不小于25mm。
- 焊接材料在储存和使用过程中避免受潮、粘上油污等污物。坡口加工前检查钢板板形质量，确认旁弯量不大于0.5mm、不平度不大于0.5mm。检查焊件的装配质量和坡口情况（包括装配尺寸是否正确、是否存在错边、间隙是否均匀等），认真清理打磨坡口及坡口两侧，确认30mm 内无锈渍、油污等。多层焊时应连续施焊，每一焊道焊接完成后应及时打磨，清理焊渣及表面飞溅物。发现影响焊接质量的缺欠时，应清除干净，并保证清除痕迹不存在过大的应力集中及尺寸不均匀。
- 焊接时，应避免在焊接区域外引弧。应避免电弧擦伤钢板表面。焊接收弧时，弧坑应填满，不允许出现弧坑裂纹。

钻铣加工

钻孔加工一般应采用高速钢或陶瓷硬质合金钢钻头。为保证批量钻孔作业时的高效和精确，我们推荐使用高速合金钢（HSS-E）或含钴高速合金钢（HSS-Co）钻头。

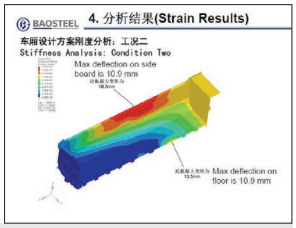
铣削加工时应确保夹紧工件，建议采用宽矩铣刀，平面铣刀的材质可选用硬质合金涂层、陶瓷合金等，端面铣刀可选用硬质合金、含钴高速合金钢等，尽量避免采用组合铣头，平面铣的切削宽度应为铣头直径的75%－80%。

应用案例

耐磨钢在自卸车上的应用

国内某专用车厂原采用钢板Q345制造某型号宽体重型自卸车车厢，底板厚度20mm，侧围板厚度16mm，采用BW450耐磨钢设计后，底板厚度减薄至10mm，侧围板厚度为8mm，宝钢耐磨钢产销研团队对样车进行了仿真计算和优化，跟踪了加工过程和服役使用，进行了耐磨损性能实测，焊缝全部完好，样车表现良好，达到用户设计目标。

样车在矿上投入使用约3个月时，对底板厚度进行了测量对比，采用BW400耐磨钢制作的底板减薄0.3mm，而同期投入使用的Q345B减薄3mm，这表明，宝钢耐磨钢使用寿命约为普通结构钢的10倍。

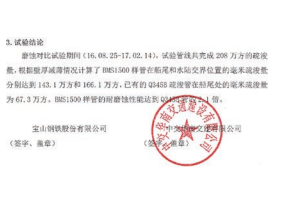


仿真计算

制造加工　　服役跟踪

耐磨蚀钢在航道疏浚排泥管上的应用

2014年和2016年分别在葫芦岛码头疏浚工程和厦门机场疏浚工程中进行了BMS系列钢板的磨蚀对比试验。经200万方疏浚量后测试管体的壁厚减薄情况，表明BMS钢板的耐磨蚀性能为对比材料的2.1倍。



新型耐磨钢在混凝土搅拌车上的应用

宝钢为混凝土搅拌车罐体量身定制专门开发了新型耐磨钢BW300TP，并通过EVI技术，为用户提供了从设计到选材、从加工到服役的一揽子解决方案。2013年起BW300TP成功实现批量应用，通过替代普通钢板520JJ等，混凝土搅拌车罐体实现大幅度减重，减重率达到30%以上。

对于2013年8月投入使用的首批BW300TP罐车，相关技术人员连续进行了跟踪测量。服役两年后BW300TP和520JJ分别运送了1.5万方混凝土和1.2万方混凝土，跟踪测量数据结果反映罐体BW300TP减薄量为0，而520JJ减薄0.5mm；在2017年8月连续服役4年后再次测量厚度，结果表明BW300TP钢板减薄仅0.2mm，仅相当于520JJ一年的减薄量。

结语

宝钢一贯秉持“要善于学习，更要善于创新”的创业精神，在热轧耐磨钢的开发征程上勇于开拓进取，产品不断升级换代，技术不断突破创新，我们愿以更好的产品和服务全心全意效力于国内外制造业的进步发展。

采用宝钢热轧耐磨钢BW400制造的矿用重型自卸车

采用宝钢热轧耐磨钢BW450制造的矿用重型自卸车

宝山钢铁股份有限公司
http://www.baosteel.com

BAOSHAN IRON & STEEL CO., LTD.
http://www.baosteel.com

热板与工程材料销售部
Hot Plate & Engineering Materails Sales Department
地址:上海宝山漠河路151号
邮编:201999
电话:021-26641191
传真:021-26645077

客户与产品服务部
Customer and Product Service Department
地址:上海宝山漠河路151号
邮编:201999
电话:021-26648888
传真:021-26645295

宝钢服务热线
Baosteel Service Hot-line
400-820-8590

宝钢慧创平台
iBaosteel
http://www.ibaosteel.com

国内贸易公司 Domestic Sales Channels

上海宝钢钢材贸易有限公司
电话:021-50509696
传真:021-68404618

广州宝钢南方贸易有限公司
电话:020-32219999
传真:020-32219555

北京宝钢北方贸易有限公司
电话:010-56512000
传真:010-56512199

成都宝钢西部贸易有限公司
电话:028-85335388
传真:028-85335680

武汉宝钢华中贸易有限公司
电话:027-84298800
传真:027-84298224

沈阳宝钢东北贸易有限公司
电话:024-31391158
传真:024-31391160

上海宝钢商贸有限公司
电话:021-26640781
传真:021-26640700

上海宝钢浦东国际贸易有限公司
电话:021-26640606
传真:021-26640666

东北亚及澳洲大区 Northeast Asia and Oceania Region

宝和通商株式会社
HOWA TRADING CO., LTD.
TEL: 0081-3-32379121
FAX: 0081-3-32379123

首尔事务所
SEOUL OFFICE
TEL: 0082-2-5080893
FAX: 0082-2-5080891

宝钢澳大利亚贸易有限公司
BAO AUSTRALIA PTY LTD.
TEL: 0061-8-94810535
FAX: 0061-8-94810536

墨尔本事务所
MELBOURNE OFFICE
TEL: 0061-03-96636830
FAX: 0061-03-96636835

BGM株式会社
BGM CO., LTD
TEL: 0082-70-4225910
FAX: 0082-31-3514558

高雄事务所
KAOHSIUNG OFFICE
TEL: 00886-7-3356606
FAX: 00886-7-3356609

东南亚及南亚大区 South East Asia and South Asia Region

宝钢新加坡贸易有限公司
BAOSTEEL SINGAPORE PTE LTD.
TEL: 0065-63336818
FAX: 0065-63336819

宝新越南代表处
VIETNAM OFFICE
TEL: 0084-8-9100126
FAX: 0084-8-9100124

宝新泰国代表处
THAILAND OFFICE
TEL: 0066-2-6368485
FAX: 0066-2-2348989

印尼代表处
INDONESIA OFFICE
TEL: 0062-21-57906240-1
FAX: 0062-21-57901599

宝钢印度有限公司
BAOSTEEL INDIA COMPANY PRIVATE LTD.
TEL: 0091-22-30071700
FAX: 0091-22-30071777

欧非中东大区 Europe, Africa & Middle East Region

宝钢欧洲有限公司
BAOSTEEL EUROPE GMBH
TEL: 0049-40-41994156
FAX: 0049-40-41994130

宝钢西班牙有限公司
BAOSTEEL ESPAÑA, S.L.
TEL: 0034-93-4119325
FAX: 0034-93-4119330

宝钢中东公司
BAOSTEEL MIDDLE EAST FZE
TEL: 00971-4-8840458
FAX: 00971-4-8840485

宝钢意大利钢材集散中心有限公司
BAOSTEEL ITALIA DISTRIBUTION CENTER SPA
TEL: 0039-010-5308872
FAX: 0039-010-5308874

宝钢东欧代表处
BAOSTEEL CENTRAL AND EAST EUROPE REPRESENTAT IVE OFFICE
TEL: 0048-32-7315012
FAX: 0048-32-7315011

美洲大区 America Region

宝钢美洲贸易有限公司
BAOSTEEL AMERICA INC.
TEL: 001-201-3073355
FAX: 001-201-3073358

洛杉矶代表处
LOS ANGELES OFFICE
TEL: 001-949-7526789
FAX: 001-949-7521234

加拿大代表处
CANADA OFFICE
TEL: 001-905-7315885

墨西哥代表处
MEXICO OFFICE
TEL: 0052-55-91711788
FAX: 0052-55-91711787

宝钢巴西有限公司
BAOSTEEL DO BRAZIL LTDA.
TEL: 0055-11-26678869
0055-11-26678879

卡尔加里代表处
CALGARY OFFICE
TEL: 001-403-4521908
FAX: 001-403-4521428

Copyright©1985-2019 BAOSTEEL All rights reserved.
2019.4 印刷于中国上海/Printed in Shanghai China

BW 1904A0101

扫描二维码可直接下载本手册内容
Scan QR code to download this file