

韩标 SD400 及大负差 MD400 出口螺纹钢产品开发

马俊超

河北鑫达钢铁集团有限公司技术中心, 河北 唐山 064400

[摘要]文中主要介绍了韩标 SD400 产品质量优化及大负差产品 MD400 开发生产过程。自 2020 年 12 月份以来, 销售公司出口贸易部反馈出口螺纹钢市场量及效益出现机会, 与内贸产品对比, 售价差在 200 元左右。为提高公司螺纹钢产品效益, 也为开拓海外市场, 实现公司产品多元化, 技术中心组织相关单位多次开会研讨, 开发生产出口韩标 SD400、大负差 MD400 牌号螺纹钢, 进一步提升了公司螺纹钢的品牌影响力与出口产品市场竞争力。

[关键词]出口; 螺纹钢; 品牌; 开发

DOI: 10.33142/ec.v5i5.5960

中图分类号: TP39

文献标识码: A

Development of Korean Standard SD400 and Large Negative Difference MD400 Rebar Products for Export

MA Junchao

Hebei Xinda Iron and Steel Group Co., Ltd. Technology Center, Tangshan, Hebei 064400, China

Abstract: This paper mainly introduces the process of the quality optimization of Korean standard SD400 products and the development and production of MD400 products with large negative difference. Since December 2020, the export trade department of the sales company has reported opportunities for export rebar market volume and benefits. Compared with domestic trade products, the price difference is about 200 yuan. In order to improve the efficiency of the company's rebar products, as well as to develop overseas markets and realize the diversification of the company's products, the technical center organized relevant units to hold several meetings and seminars to develop and product Korean standard SD400 and large negative difference MD400 rebars, which further improved the brand influence of company's rebars and market competitiveness of export products.

Keywords: export; rebar; brand; development

引言

随着国内建筑钢材的日益增多, 销售逐渐困难。为了打通市场销售环节, 我公司必须走出去, 考虑国外市场。本次出口螺纹钢市场产品需求主要以韩标 SD400 及缅甸大负差产品 MD400 为主, 以往我公司韩标产品仅进行了认证, 未进行大批量的生产出口, 而大负差产品产品生产检验标准一直无法确认, 导致大负差产品开发一直停滞。本次通过公司相关人员多次研讨, 对原认证韩标 SD400 产品进行了产品质量优化, 降低了生产成本, 同时确定了大负差螺纹钢的生产检验方案, 为后续生产大负差产品指明了方向。

1 产品开发过程及质量优化

1.1 解读韩标 SD400 产品标准要求

韩标 SD400 产品形状遵照 KS D 3504 中规定。

a) 异形棒钢表面上应有突起。轴线方向突起称为纵肋, 轴线方向以外的突起称为横肋。(图 1)

b) 纵肋和横肋分开及没有纵肋的情况时, 横肋缺损部的宽度, 或者横肋和纵肋接触时纵肋宽度可以看做是各横肋的缝隙。

c) 尺寸及肋高要求(表 1)。

1.2 制定 MD400 产品生产方案

命名的 MD400 为缅甸市场大负差协议产品, 无具体产

品标准可查, 本次经与销售、棒材厂研究讨论, 决定由小规格逐级代替进行生产, 即用 $\phi 12$ 规格作为 $\phi 14$ 规格大负差产品进行生产, 这样就不需要对大负差产品进行单独的孔型设计, 同时减少了导卫及备件费用, 既缩短了备货周期及开发投入, 也保证了负差能达到市场需求。实际生产中会依据市场需求, 在生产过程中灵活调整产品尺寸(可按原始产品的正差控制), 灵活调整大负差产品负差范围。以下为代替后理论上大负差产品负差范围:

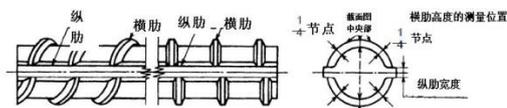


图 1 纵肋和横肋

表 2 大负差产品负差范围

规格	理论负差范围	
$\phi 14$	-24.95%	-28.01%
$\phi 16$	-22.58%	-25.74%
$\phi 18$	-20.65%	-23.89%
$\phi 20$	-18.77%	-22.09%
$\phi 22$	-24.15%	-27.24%
$\phi 25$	-21.88%	-25.07%

表 1 尺寸、重量和横向筋的允差

公称名	单位重量 kg/m	公称直径 dmm	公称截面 Scm ²	公称周长 lcm	横肋的平 均间距最 大值 mm	横肋高度		横肋间隙 合计的最 大值 mm	横肋和 轴线间的 角度	
						最小 值 mm	最大 值 mm			
		mm								
D	4	0.110	4.23	14.05	13.3	3.0	0.2	0.4	3.3	
D	5	0.173	5.29	21.98	16.6	3.7	0.2	0.4	4.3	
D	6	0.249	6.35	31.67	20.0	4.4	0.3	0.6	5.0	
D	8	0.389	7.94	49.51	24.9	5.6	0.3	0.6	6.3	
D	10	0.560	9.53	71.33	29.9	6.7	0.4	0.8	7.5	
D	13	0.995	12.7	126.7	39.9	8.9	0.5	1.0	10.0	
D	16	1.56	15.9	198.6	50.0	11.1	0.7	1.4	12.5	
D	19	2.25	19.1	286.5	60.0	13.4	1.0	2.0	15.0	
D D	22	3.04	22.2	387.1	69.8	15.5	1.1	2.2	17.5	45° 或更 高
	25	3.98	25.4	506.7	79.8	17.8	1.3	2.6	20.0	
D	29	5.04	28.6	642.4	89.9	20.0	1.4	2.8	22.5	
D	32	6.23	31.8	794.2	99.9	22.3	1.6	3.2	25.0	
D	35	7.51	34.9	956.6	109.7	24.4	1.7	3.4	27.5	
D	38	8.95	38.1	1 140	119.7	26.7	1.9	3.8	30.0	
D	41	10.5	41.3	1 340	129.8	28.9	2.1	4.2	32.5	
D	43	11.4	43.0	1 452	135.1	30.1	2.2	4.4	33.8	
D	51	15.9	50.8	2 027	159.6	35.6	2.5	5.0	40.0	
D	57	20.3	57.3	2 579	180.0	40.1	2.9	5.8	45.0	
备注	1	公称截面积、公称周长和单位重量的计算方法如下								
		公称截面积(S)=0.7854×d ² 在有效数字第四位结束。								
		公称周长(l)=3.142×d在小数点后第一个位置结束。								
		单位重量=0.785×S在有效数字第三位结束。								
		1个重量=单位重量×长度在小数点后2位结束。								
		1组重量=1个重量×个数以整数结尾。								
备注	2	横肋公称间距不得大于公称直径的70%，计算值修约至小数点后一位								
备注	3	异形棒钢横肋间隙(7)的合计为公称周长的25%以下，将计算值修约至小数点后一位。								
备注	4	横肋的高度按照下表，计算值保留小数点后一位。								
尺寸					横肋高度					
					最小		最大			
公称名≤D13					公称直径的4.0%		最小值的2倍			
D13<公称名<D19					公称直径的4.5%		最小值的2倍			
公称名≥D19					公称直径的5.0%		最小值的2倍			

表 3 2019 年原始设定成分

标准和内控	规格 (mm)	化学成分% (质量分数)					
		C	Si	Mn	P/S	Cr	Ceq
标准	KSD 3504:2016				≤0.045		
内控	16	0.25-0.30	0.30-0.45	0.80-1.05	≤0.045	0.32-0.36	≥0.44

表 4 SD400、MD400 成分设计

标准	牌号/钢种	国标和规格	化学成分% (质量分数)					
		(mm)	C	Si	Mn	P/S	Cr	Ceq
韩标	SD400/SD400	KS D 3504:2016	/	/	/	≤0.045		
放行标准		Ø13-22	0.20-0.25	0.20-0.40	0.70-0.90	≤0.045	0.32-0.50	0.43-0.47
内控标准		Ø13-22	0.21-0.23	0.30-0.40	0.75-0.85	≤0.040	0.32-0.36	0.43-0.47
目标		Ø13-22	0.22	0.3	0.8	0.03	0.34	0.36

表 5 MD400 成分设计

标准	牌号/钢种	国标和规格	化学成分% (质量分数)					
		(mm)	C	Si	Mn	P/S	Cr	Ceq
	MD400		≤0.25	≤0.80	≤1.60	≤0.045		≤0.54
放行标准		Ø12-25	0.20-0.25	0.20-0.40	0.70-0.90	≤0.045	0.32-0.50	0.43-0.47
内控标准		Ø12-25	0.21-0.23	0.30-0.40	0.75-0.85	≤0.040	0.32-0.36	0.43-0.47
目标		Ø12-25	0.22	0.3	0.8	0.03	0.34	0.36

1.3 出口产品成分优化, 降本增效

原韩标成分设定碳、锰含量较高, 造成钢材韧性及延展性不好, 以下为 2019 年原始设定成分:

2020 年 12 月以来, 在技术中心组织下, 公司各相关单位参与多次讨论, 结合我公司螺纹钢产线装备特点, 优化了本次出口 SD400、MD400 (缅甸大负差产品) 牌号成分内控标准, 降低了碳、硅、锰合金加入量, 降低了合金成本, 生产过程中依据产品屈服强度的情况, 灵活调整上冷床温度, 提高了出口螺纹钢的延伸性能。以下为优化后的 SD400、MD400 成分设计:

生产工艺上考虑到韩标标准及大负差产品对金相组织没有要求, 轧后采用淬火自回火工艺进行生产, SD400 与 MD400 两种牌号成品检验要求有所不同, 但两种牌号成分设定与轧制冷却工艺设定基本一致。

成本上: 与 2019 年韩标认证成分对比, 本次成分控制上 C 降低 0.05%, Si 降 0.075%, Mn 降低 0.125%, 降低合计成本 11.88 元/吨。理论测算合金成本较目前国标 HRB400E-V4 钢种降低 38 元/吨。

2 制定生产工艺

2.1 炼钢工艺

2.1.1 生产准备

- ①入炉铁水要求: $S \leq 0.040\%$ 、 $P \leq 0.140\%$
- ②脱氧合金化选用硅锰合金、硅铁、硅铝钡钙、碳化硅;
- ③钢水增碳选用增碳剂和碳线;
- ④要求底吹通畅, 钢包包沿无粘钢粘渣。
- ⑤中包覆盖剂采用碱性覆盖剂, 浸入式水口采用铝碳质水口;
- ⑥结晶器保护渣采用低合金钢专用保护渣;
- ⑦其它原辅材料标准执行《炼钢用原料标准》

2.1.2 转炉工艺要求

- ①转炉终点控制: 冶炼终点 C: 0.08-0.12%,

$S \leq 0.030\%$, $P \leq 0.035\%$, 终渣碱度 R: 2.8-3.2

②过程温度控制:

表 6 温度控制过程

120 吨转炉温度控制 (参考)			
浇次	出钢温度 $^{\circ}\text{C}$	到吹氩站	到连铸平台
开浇炉次	1670-1690	1615-1630	1600-1615
连浇炉次	1640-1660	1585-1605	1570-1590

注: 1、开浇及热换炉次要求使用正常周转包。

2、如使用新包前三包、黑包等非正常周转包, 转炉出钢温度可适当提高 10-20 $^{\circ}\text{C}$, 氩后温度提高 5-10 $^{\circ}\text{C}$ 。

2.1.3 出钢合金

表 7 出钢合金

钢种	合金加入量 kg/t		
	硅锰合金	硅铁	硅铝钡钙
SD400	20-22	1.5-2.0	0.7-1.0
SD500	24-26	1.5-2.0	0.7-1.0

注: Mn 的收得率按 90~95%, Si 的收得率按 80~85%, C 的收率按 90%左右考虑。

2.1.4 氩站处理

①强吹 3min, 要求钢水裸露直径控制在 300-400mm; 取样; 软吹 5min, 要求钢水裸露直径控制在 50-100mm; 补加合金后要求开大氩气吹氩 1 分钟, 钢水裸露直径控制在 300mm。如果时间和温度允许, 可适当延长软吹时间。

②钢包到吹氩站吹氩 3min 后, 取样化验成分。允许钢包成分微调, 调整 C 含量用碳线或增碳剂, 按补喂碳线 1m/吨钢增碳 0.01%考虑, 成分调整后必须保证底吹氩时间 $\geq 3\text{min}$, 确保钢水成分均匀。

③吹氩结束后加入钢包碱性覆盖剂 30-50kg 出站。

表 9 力学性能

牌号	屈服强度 $R_{e\sigma s}$ 或 $\sigma_{p0.2}$ MPa	抗拉强度 σ_b MPa	拉伸试样, mm	断后伸长率 A%	弯曲性能 1800 (弯芯直径为公称直径的 2.5 倍)
SD400 D13-22	400-520	$\geq R_e * 1.15$	2 号	≥ 16	完好 (试样表面应没有明显断裂或裂痕或肉眼可见的明显缺陷)
备注	1、拉伸试样表面不允许机械加工; 2、屈服强度按 450-510MPa 控制; 3、屈服强度低于 435MPa, 与 HRB400E 钢一样进行复检 (3、7 天), 第一次复检 ≥ 430 MPa, 正常放行; 低于 430MPa 进行二次复检, 二次复检 ≥ 420 MPa, 正常放行, 低于 420MPa, 由技术中心与国贸结合后再进行处理。				

表 11 横肋间距、肋高、横肋倾斜角限定的范围内

公称名	单位重量 kg/m	公称直径 dmm	公称截面积 Scm ²	公称周长 lcm	横肋的平均间距 最大 mm	横肋高度		横肋间隙合计 的最大 mm	横肋和轴线间的 角度
						最小值 mm	最大值 mm		
D13	0.995	12.7	1.267	4.0	8.9	0.5	1.0	10.0	45° 以上
D16	1.56	15.9	1.986	5.0	11.1	0.7	1.4	12.5	
D19	2.25	19.1	2.865	6.0	13.4	1.0	2.0	15	
D22	3.04	22.2	3.871	7.0	15.5	1.1	2.2	17.5	

2.1.5 连铸工艺控制

表 8 连铸工艺控制

工艺流程	LD-CC	钢种分类		SD400	SD500
温度制度, °C	液相线温度 1505 (C; 0.23%)	中包目标温度 (参考)		连浇目标温度 1570-1590	热换/开浇炉次 1600-1615
结晶器冷却水流量 t/h	130-150	保护渣		中包覆盖剂	
浸入式水口浸入深度 (mm)	80-120	二次冷却	中冷	结晶器锥度 %	0.9-1.1
温度与拉速对应关系	温度	<1525	1525-1535	1535-1545	1545-1555
	拉速	2.7-3.0	2.5-2.8	2.3-2.5	2.0-2.4
结晶器振动	正弦	测温取样		中包测温	取样位置 t
				间隔 6-8min	30-40/70-110
备注: 1、中包液面严禁裸露浇注, 做好保温, 每 5 炉排渣一次, 要求渣厚小于 40mm。 2、连铸出现等钢或事故单流拉下氩后温度提高 5-10 度, 机长也可根据现场实际情况与调度, 炉长联系协调温度。 3、平台镇静时间 5-15min 执行上述温度制度, 若超过 15min 可根据镇静时间长短适当调整。 4、起步、换水口拉速控制执行炼钢厂连铸工艺操作规程。					

2.1.6 铸坯检验标准: 按照《KS D 0001 钢材的检查通则》执行。

2.2 轧钢温度控制制度

开轧温度: 980°C--1080°C

中轧温度: 1020°C--1050°C

上冷床温度: 640-680°C

2.3 冷却制度

成品终轧后采用穿水管进行淬水冷却, 依据产品性能情

况灵活调整轧制速度及上冷床温度, 必要时可投入预穿水。

3 检验标准的制定

(1) 力学性能: 按表 9 执行

(2) 重量偏差: 按内控执行

(3) 横肋间距、肋高、横肋倾斜角应在表 11 限定的范围内。

表 10 重量偏差

尺寸	单位重量的允许差	每捆重量的允许差	内控重量偏差
公称名 < D10	+ 无规定, -8%	±7%	--
D10 ≤ 公称名 < D16	±6%	±5%	-3.5~-5
D16 ≤ 公称名 < D29	±5%	±4%	-2.5~-4
公称名 ≥ D29	±4%	±3.5%	--

(4) 表面质量控制要求

钢筋应无有害的表面缺陷 (表面缺陷的试样不符合拉伸性能或弯曲性能要求时, 则认为这些缺陷是有害的)。只要经钢丝刷刷过的试样的重量、尺寸、横截面积和拉伸性能不低于标准的要求, 锈皮、表面不平整或氧化铁皮不作为不合格的理由。

(5) 收集要求及定尺控制范围

根据韩标螺纹钢 8m 定尺长度, 对每捆螺纹钢统一打包 5 道或 4 道, 其中外侧两道距离端部 500-700mm, 打包带间距控制在 1400-1700mm。棒材厂根据现场实际情况可自行调整, 确保打包带排布均匀、美观。

打包带双道打包, 要求打包紧固、无松动。断口要无明显卡阻现象。对于不足 8m 的螺纹钢, 根据实际定尺长度进行打包 3-4 道, 标牌要求两端悬挂。标牌内容要包括: 种类、牌号, 熔炼炉号、公称直径、制造企业名称或者简称。

表 12 韩标不同规格螺纹钢打包支数、捆重控制

规格	长度	单米重	支数	重量
13mm	8m	0.995kg/m	120 支/捆	0.955 吨/捆
16mm	8m	1.560kg/m	150 支/捆	1.872 吨/捆
19mm	8m	2.250kg/m	112 支/捆	2.016 吨/捆
22mm	8m	3.040kg/m	82 支/捆	1.994 吨/捆
25mm	8m	3.980kg/m	62 支/捆	2.038 吨/捆

表 13 MD400 大负差不同规格螺纹钢打包支数、捆重控制

规格	长度	单米重 (Kg/m)	支数	重量 (t)
φ 14	12m	0.888	260 支/捆	2.771
φ 16	12m	1.21	200 支/捆	2.904
φ 18	12m	1.58	150 支/捆	2.844
φ 20	12m	2	120 支/捆	2.88
φ 22	12m	2.47	100 支/捆	2.964
φ 25	12m	2.98	80 支/捆	2.861

SD400 定尺长度要求 8m+ (0-45) mm, MD400 定尺长度要求 12m+ (0-50) mm。

4 制定产品规范、冶金规范

技术中心根据出口产品生产方案维护 MES 系统中的产品规范及冶金规范,同时维护 ERP 中新增产品物料编码,保证了出口产品在公司整个智能制造过程中运行顺畅。

5 产品生产效果

(1) 外观



图 2 产品外观生产效果图

(2) 出口螺纹钢产品性能情况

SD400 屈服强度分布: SD400 平均屈服强度为 472.46Mpa。

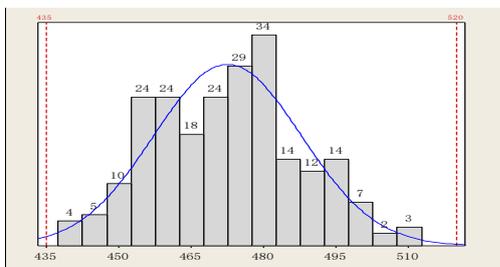


图 3 SD400 屈服强度分布

MD400 屈服强度分布: MD400 平均屈服强度为 479.68Mpa。

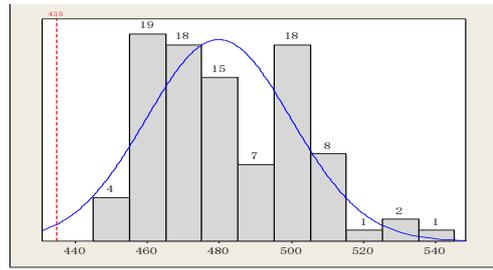


图 4 MD400 屈服强度分布

韩标标准中要求伸长率 $\geq 16\%$,2019 年韩标 SD400 认证试轧时伸长率平均值为 22.5%,本次优化成分后伸长率平均值为 24.56%,延伸率提升 2.06%,达到了预期提高产品延展性能的目的。

以目前生产的产品性能情况看,出口螺纹钢平均屈服强度在 472-479Mpa,按照前期技术中心对各工艺生产的螺纹钢时效分析,淬火自回火工艺生产的螺纹钢时效后屈服强度衰减 20-40Mpa 左右。出口螺纹钢以目前的成分设定炼钢厂再进行窄成分控制,可减小性能的波动,合金成本上仍具有降本空间。

6 总结

此次出口螺纹钢的开发,是产品认证工作到产品批量生产出口的转折点。日前,出口 SD400、MD400 牌号螺纹钢正在逐步组织生产,目前生产情况:MD400 牌号 φ 16、18、20 三个规格生产 6597 吨,合格率 99.99%,SD400 牌号 φ 13、16、19 三个规格生产 18635 吨,合格率 99.99%。截止到 2 月 21 日出口螺纹钢已累计销售 15646.48 吨,累计盈利 144 余万元。2021 年,技术中心将与销售公司紧密结合,紧抓市场机遇,以满足出口市场需求为根本,不断研究产品提质降本与新产品开发工作,为提升公司钢材产品的市场竞争力及品牌影响力贡献力量!

[参考文献]

[1]马庆水. 钕钒微合金 HRB500E 小规格(φ12、φ14)抗震直条钢筋开发[J]. 冶金管理,2019(19):24-29.
[2]钟云庆,陈刚,李志丹,等.HRB500E 稳定氮含量技术研究[J]. 中国高新科技,2019(19):61-63.
[3]郭跃华. 钒氮微合金化 HRB500E 热轧带肋钢筋开发[J]. 钢铁钒钛,2019,40(6):113-117.
作者简介:马俊超(1990.11-)男,汉族,河北省唐山市,冶金助理工程师,研究方向:材料工程技术。