

SWRCH35K 的研制与开发

蔡旋申

湘钢华光线材有限公司

摘要：本文简要地介绍了我公司冷镦钢（SWRCH35K）的研制、开发情况以及生产工艺。

关键词：冷镦钢（SWRCH35K）、精炼、轧制、控冷、盘条、研制。

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF SWRCH35K

CAI Xuanshen

(Xianggang Group Huaguang Wire Rod Co.,Ltd)

Abstract : The research development and technology of cold heading steel (SWRCH35K) are introduced.

Keywords : Cold heading steel (SWRCH35K)、refineray、rolling、controlled cooling、wire rods、research and development.

1 前言

冷镦钢是采用冷镦成型工艺生产互换性较高的标准件用钢。由于它是在常温下利用金属塑性加工成型，材料内部组织严密、产品的机械性能好、加工材料损失少、生产效益高、能量消耗低、产品尺寸精度高、表面光洁度好，所以冷镦钢被广泛用于螺栓、螺帽、螺钉的制做，以及用于自行车、汽车、机械设备、电器、航空设备、照相机、建筑业等行业的零件制做。因此，研制和开发冷镦钢的典型代表 SWRCH35K 对我公司具有深远的意义和影响。

2 冷镦钢（SWRCH35K）的质量要求

由于 SWRCH 35K 主要用于制做高强度的螺栓、螺杆、螺钉等标准紧固件，而且是在室温下通过冷镦、冲压成型，故对质量具有较高要求：

2.1 高强度、高塑性、低气体含量；

2.2 表面不得有裂纹、折迭、结疤、划痕、擦伤、麻点、分层、发纹等缺陷；

2.3 冷镦钢性能好。要求 1/2 冷镦钢合格率为 100%，1/3 冷镦合格率为 $\geq 98\%$ ；

2.4 搓尖性能好，搓尖合格率为 $\geq 95\%$ ；

2.5 拉拔性能好，断面收缩高；

2.6 尺寸精度高：尺寸公差 $\leq \pm 0.1 \text{ mm}$ ；

2.7 脱碳层深度小， $\Phi 10.0 \text{ mm}$ 以下盘条，全脱碳层 $\leq 0.10 \text{ mm}$ ，铁素体脱碳层 $\leq 0.03 \text{ mm}$ ；

2.8 非金属夹杂物少、不得大于二级，而且要求分布均匀。

3 工艺流程和试制情况

转炉炼钢→炉外精炼→连铸→加热→轧制→控冷→精整→打捆→称重→卸卷→入库→外发。

3.1 转炉炼钢

钢水在炼钢厂 80 t 氧气顶吹转炉中冶炼，根据“精料”原则，入炉铁水应控制在 $[P] < 0.100\%$ ， $[S] < 0.030\%$ 。采用无铝（Al）脱氧，用 Ca-Si 脱氧剂调整氧化性，确保到精炼站时 $[O] \leq 50 \text{ PPM}$ ，减少钢水中 Al_2O_3 杂夹，提高钢水的可浇性；采用单渣法定氧压、变枪位，拉碳补吹炉后增碳操作方法，控制终点碳和温度，确保终点 $[C] \geq 0.30\%$ 、 $[P] \leq 0.015\%$ 、 $[S] \leq 0.020\%$ ，以减少碳粉加入量。

3.2 炉外精炼

将转炉冶炼的钢水送到精炼站进行吹氩、喂铝线，每炉喂铝线 100~150 m，增加钢水中 $[Al]$ 的

含量至 0.008%~0.010%，出站时 $[O] \leq 20PPm$ 。出精炼站将钢送至钢包炉即 LF 炉进行精炼，精炼时间 ≥ 30 min。采用全程吹氧、从低级数列到高级数列逐渐提高的升温速度加热，加入铝丸调整钢水中铝含量钢水的氧化性，并适时加入造渣材料进行脱硫、微调成份及温度到合理范围。

3.3 连铸

精炼后的钢水进入 8 机 8 流 150 mm 方坯连铸机，钢包到中间包、中间包到结晶器均采用保护浇注，采用高液位（600~700 mm）、高拉速（0.030~0.032 m/s）浇注、结晶液位采用同位素自动液位监测装置监测、防止溢钢与拉漏，钢水开浇温度为 1530℃~1540℃，铸坯规格为 150 mm×150 mm×12000 mm 采用缓慢冷却。

3.4 加热

3.4.1 检查与修磨

由于 SWRCH35K 盘条要求具有良好的冷镦性能，表面不得有裂纹、结疤、折迭等缺陷，故铸坯在入炉前必须经过严格、仔细地四面检查；如铸坯表面有夹杂、结疤、裂纹、皮下气泡、折迭、重接等缺陷，必须经过火焰清理或砂轮修磨后才能入炉。

3.4.2 加热

加热炉为美国戴维公司设计的步进梁式侧进侧出三段加热炉、炉膛内预热段、加热段和均热段温度全部由电脑自动控制和调整。

由于 SWRCH35K 要求高强度、高塑性、良好的拉拔性能和脱碳层深度小，故炉膛温度不宜太高，且在炉内停留时间不能太长，针对上述要求我们将炉膛均热段温度控制在 850℃~950℃之间，确保出炉温度 850℃左右。

3.5 轧制

轧机是从美国摩根公司引进的第五代轧机，具有 90 年代初国际先进水平。全线共 28 架轧机，其中 1~14 架为粗中轧，是由摩根公司设计并监制，由太原矿山机器厂制造的平立交替轧机；15~18 架为预精轧是从美国摩根公司进口的平立交替悬臂式轧机；19~28 架是从摩根公司进口的 450 顶立交替超重型无扭精轧机组。全套轧机适合于低温轧制，完全具备生产 35K 的条件，故我们对开

轧温度、进精轧温度和终轧温度进行认真的研究和控制。根据 35K 盘条性能的要求，开轧温度、进精轧温度、终轧温度我们分别设定为 880℃、850℃和 950℃，由计算机进行自动控制和调整，实际温度波动控制在 $\pm 10^\circ\text{C}$ 。

由于 35K 盘条表面质量非常严格，要求尺寸精度高（ ± 0.1 mm），椭圆度小，以使冷镦变形中各个方面受力变形均匀，因此轧制 35K 时必须严格调整，轧制时我们对每道孔型的轧件均进行了精心测量，认真调节辊缝值，并认真调整和安装导卫，确保轧件在轧制过程中变形平缓、均匀，轧件在孔型中充满度适中，防止中间轧件出现耳子、扭转和折迭现象，而且通过线径检测仪在线快速测量成品尺寸，为精轧工提供调整依据；并且活套 100%地投入使用，消除机架间的张力，确保盘条通条尺寸均匀，从而有效地达到了成品的高精度要求。

3.6 控冷

控冷系统由精轧前 1 个水箱、精轧机内机间水冷、精轧后 4 个水箱和 STM 辊道运输机式冷却线组成。

3.6.1 精轧前水箱：精轧前水箱共有 12 个喷嘴，其中冷却喷嘴 6 个，顺向和逆向吹扫嘴 2 个，顺向、逆向空气吹扫嘴各 1 个，主要用于控制轧件进精轧机前的温度，达到控制轧制的目的，以提高成品的力学性能。

3.6.2 精轧机内机间水冷：位于精轧机内，主要对精轧机的圆轧件进行快速冷却，及时带走轧件在轧制过程中产生的变形热，确保轧件的终轧温度。

3.6.3 精轧后水箱：精轧后的 4 个水箱均由 13 个喷嘴组成，其中冷却喷嘴各 8 个，顺向吹扫嘴各 1 个，逆向吹扫嘴各 2 个，顺向、逆向空气吹扫嘴各 1 个。主要用于对出精轧机的盘条进行快速冷却，使其达到合适的相变开始温度。

3.6.4 STM 冷却线：STM 冷却线由 10 段组成，其中 2、3、4、5、6、7、8 段每段均有 3 个保温盖，2、3、4、5、6 段每段有两台冷却风机，每段速度在 0.1~1.5 m/s 内可任意调节。

3.6.5 控冷程序

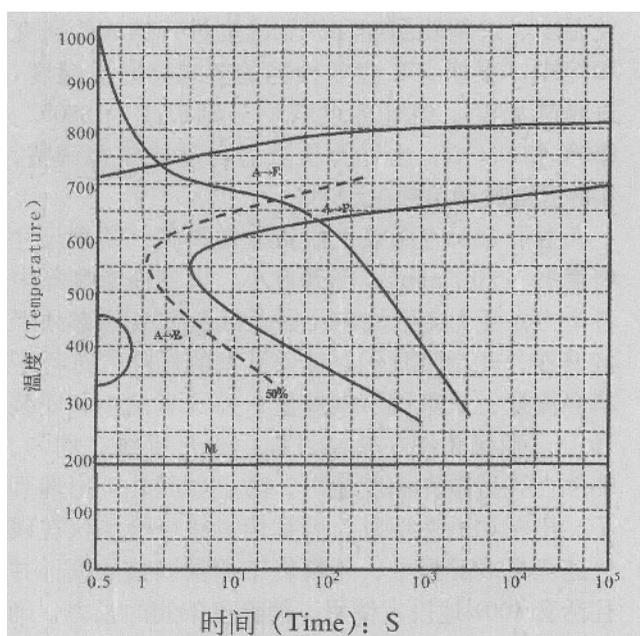


图 1 SWRCH35K 冷却曲线

(Cooling graph of SWRCH35K)

图 1 可知，35K 的相变开始温度为 780℃左右，奥氏体全部转变成铁素体和珠光体的相变终止温度为 680℃左右，相变时间约为 75 秒，故轧件出精轧后要急剧冷却到 840℃左右，使奥氏体晶粒细化和均匀化，并减少二次氧化铁皮的产生，且在 STM 辊道上要求缓慢冷却，使相变过程中获得足够的铁素体和少量细片状珠光体，提高盘条的强度和塑性。

根据上述要求我们将 Φ8.0mm SWRCH35K 控冷程序设定为：

1) 进精轧温度：850℃、终轧温度 950℃、吐丝温度 840℃，5 个水箱和机间水冷的水量根据温度进行调整。

2) 辊道速度：(m/s)

STM1	STM2	STM3	STM4	STM5	STM6	STM7	STM8	STM9	STM10
0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.20	0.22	0.24	0.30	0.35

3) 保温盖：第 1、2 个开，其余全关；

4) STM 风机：全关。

4 试验情况

对 5 月 10 日生产的 Φ8.0mm SWRCH35K 盘条 3 个炉号每个炉号任取两盘的头和尾各 1 个样做力学性能试验和金相组织，具体结果如下：

4.1 力学性能

编 号	Rel (MPa)	Rm (MPa)	A (%)	Z (%)
04101525-1-1 头	405	615	28	48
04101525-1-1 尾	420	655	31	50
04101525-1-2 头	415	650	29	48
04101525-1-2 尾	425	655	32	52
04101526-1-1 头	405	615	30	48
04101526-1-1 尾	410	625	31	50
04101526-1-2 头	395	605	30	48
04101526-1-2 尾	415	615	31	48
04101527-1-1 头	405	620	30	48
04101527-1-1 尾	420	640	30	48
04101527-1-2 头	410	615	30	48
04101527-1-2 尾	415	620	29	48
范 围	395-425	605-655	28-32	48-52
平 均	412	628	30	49

4.2 冷墩性能

炉 号	1/2		1/3		1/4				
	件数	合格率	件数	合格率	件数	合格率			
04101525-1	4	4	100%	4	4	100%	4	3	75%
04101526-1	4	4	100%	4	4	100%	4	2	50%
04101527-1	4	4	100%	4	4	100%	4	3	75%
合 计	12	12	100%	12	12	100%	12	8	66.7%

4.3 金相组织

委托号	金相组织	晶粒度
04053925	铁素体+珠光体	7 级
04054045	铁素体+珠光体	7 级
04053924	铁素体+珠光体	7 级
04104057	铁素体+珠光体	7 级

5 使用情况

5 月 31 日我公司生产的 Φ8.0mm SWRCH35K 盘条发到了常熟市标准件厂，6 月 1 日投入使用，且全部冷墩完毕。直接冷墩后，产品热处理正常，能够很好地满足生产 8.8 级螺栓的要求。本批 600 余吨，平均合格率在 97% 以上，经用户反映，能较好地满足该厂的要求。

6 结论

1) 采用低温轧制和缓慢冷却能明显提高 SWRCH35K 的力学性能。

2) 我公司研制的 SWRCH35K 性能良好，完全可以满足用户制作 8.8 级螺杆的要求。

3) 我公司完全具备开发冷墩钢系列产品的条件和能力。

参考文献

- [1] 宋维锡：《金属学》；
- [2] 摩根：《工艺一卷》、《工艺二卷》；
- [3] 《冷墩钢生产及加工技术专辑》（内部资料）。