

DZ75级地质钻探用冷拔无缝 钢管研究

无锡钢铁厂 攀枝花钢铁研究院

【提要】本文介绍了DZ75级地质钻探管的研制情况，指出了用35MnMoVTi钢生产时，只要在生产工艺中严格控制钢的成分和执行正确的热处理制度，可以生产出具有良好的综合机械性能、符合GB3423-82标准的DZ75级地质钻探管。

DZ75级地质钻探用冷拔无缝钢管主要用于金刚石绳索取芯中深孔(500~1500m)钻孔。其机械性能要求：屈服强度 $\sigma_s \geq 735$ N/mm²，抗拉强度 $\sigma_b \geq 833$ N/mm²，延伸率 $\delta_s \geq 10\%$ (GB3423-82)，简称它为75kg级地质钻杆。对它的表面质量、尺寸精度要求也较高。同时还要求成品管的弯曲度每米不大于1mm。自1982年起，无锡钢铁厂和攀枝花钢铁研究院、冶金部有色金属公司桂林地质研究所共同进行研制。选用电炉冶炼的35MnMoVTi钢(贝氏体钢)制造。用该钢种制造的75kg级地质钻杆，经最终热处理正火+高温回火后，具有良好的综合机械性能，完全能达到DZ75级地质钻探用管机械性能要求。

从研制以来，我们共生产了33个规格，

385.9t符合GB3423-82标准要求的75kg级地质钻杆，用户使用满意。我们将研制情况介绍如下。

1. 生产工艺

1.1 35MnMoVTi钢的冶炼

用5t或10t的碱性电弧炉冶炼35MnMoVTi钢(化学成分见表1)。熔化末期按中下限加入钼铁。氧化期脱C 0.3%，C、P合适再将Mn调至0.5%进行静沸腾(时间 ≥ 7 分)。还原期快速拉全渣后插Al 0.5kg/t钢预脱氧，并加稀薄渣料，推渣均匀。将Mn配至中上限喷矽铁粉2kg/t钢，分批加入C粉(总用量3.5~4kg/t钢)，紧闭炉门进行还原。8~10分钟后渣变白再飘矽铁粉(用量1~1.5kg/t钢)，用C粉、

35MnMoVTi钢的化学成分(%)

表1

C	Si	Mn	P	S	Mo	V	Ti	Cu
0.32~0.40	0.17~0.37	1.40~1.70	≤ 0.04	≤ 0.04	0.40~0.60	0.04~0.10	0.03~0.07	≤ 0.20

Si粉保持白渣，白渣时间 ≥ 30 分，矽铁粉总用量3kg/t钢。出钢温度1610℃。出钢前15分加钒铁(回收率按90%计)。终脱氧插Al 0.7kg/t钢。出钢前5分加钛铁(回收率按30~50%计)，出钢后钢水镇静5~8分，然后按规程进行模铸(266.7mm锭)，浇完30分脱帽，1小时连模带锭送入缓冷坑冷却，

冷却16小时后脱模，脱模后对锭表面进行精整修磨。

1.2 锻造和轧制

将266.7mm锭在3t蒸气锤上锻制成170×170mm方坯，其加热曲线见图1。开锻温度为1140℃，终锻温度 ≥ 800 ℃，锻后入砂箱缓冷，出箱温度 ≤ 100 ℃；锻钢表面用砂

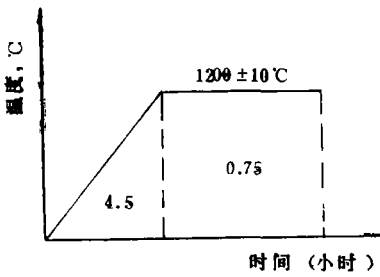


图1 266.7mm钢锭加热曲线

轮磨修，消除缺陷。

170×170mm锻坯经450mm×2/320mm×3轧机轧成φ75mm管坯，或用650开坯轧机一火将266.7mm钢锭轧成φ75~100mm管坯。锻坯加热曲线见图2。加热温度为1230~1260℃，开轧温度为1120~1160℃，终轧温度为850~920℃，管坯在冷床上冷却到700~650℃后放入缓冷坑缓冷。管坯的低倍、高倍组织见表2。

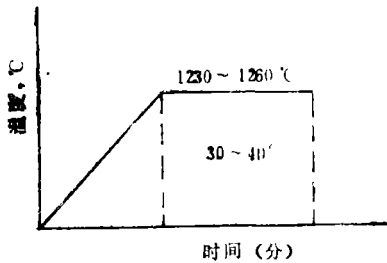


图2 锻坯加热曲线

管坯的低高倍组织 表2

一般疏松	中心疏松	偏析	氧化物	硫化物
1~2级	1~2.5级	0.5~2级	1.5~3级	1.5~3级

试生产中，对直径大于φ85mm的管坯锻造后剥皮。

1.3 制管

1.3.1 工艺流程

制管的工艺流程如下：

管坯→酸洗、检验、磨修→切断→加热→斜轧穿孔→斜轧延伸→锤头→穿水冷却→酸洗、检验、修磨→热处理→酸洗→润滑→拔制→连拔→成品正火→成品回火→压力
 ↑
 软化回火←

矫直→斜辊矫直→精加工→检验→包扎入库。

1.3.2 穿孔、延伸

管坯在斜底炉内加热，燃料为渣油，加热曲线见图3。加热后的管坯在二辊斜轧穿孔机上穿孔，穿终温度1160~1180℃。为了使荒管壁厚公差达±5~8%，对穿孔后的毛管进行二辊斜轧延伸，延伸的开轧温度为1050~1100℃，终轧温度为1000~1100℃。穿孔、延伸轧制表见表3。延伸后的荒管立即热锤头，锤头温度≥850℃。

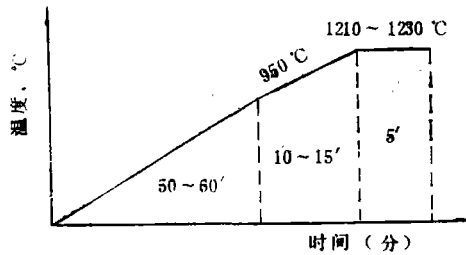


图3 管坯加热曲线

1.3.3 荒管穿水冷却及热处理工艺

1) 穿水冷却

经穿孔、延伸、热锤头后的荒管，在空气中缓冷，其组织是晶粒粗大的贝氏体（2~3级），见图4。直接进行高温回火，不能改变粗大的晶粒，导致其机械性能差，延伸率低，冷加工性能差。为此，我们采用安装在热轧红锤头至冷却台输送辊道上的四组

穿孔及延伸轧制表 (mm)

表3

管坯直径	穿孔规格	μ ₁	B ₁	A ₁	δ _{n1} ×l ₁	C ₁	延伸规格	μ ₂	B ₂	A ₂	δ _{n2} ×l ₂	C ₂
	D ₁ ×S ₁						D ₂ ×S ₂					
75	77×7.5	2.70	64.6	76	58×150	55	76×6	1.24	66.5	76	60×160	66
75	77×8	2.55	64.6	76	57×150	55	86×6	1.15	71.5	85	70×160	70
95	96×8.5	3.03	81	96	73×170	70	115×6.5	1.05	91	112	92×8.5	70

表中，μ—延伸系数，B—辊距，δ_n×l—顶头直径及长度，C—顶头位置

薄片型水冷器，对荒管进行穿水冷却。穿水冷却时，进水温度为870~920℃，出水温度为650~700℃，冷却曲线见图5。得到的组织为：心部，细小的贝氏体（7~8级）组织；表面，少量马氏体组织见图6。加之采取的分段连续冷却方式，使荒管表面可以产生自回火，因而达到了改善荒管的机械性能和工艺性能作用。穿水冷却后的机械性能见表4。

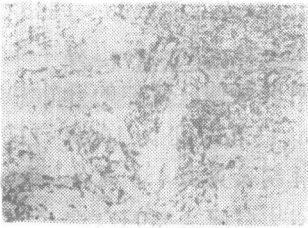


图4 荒管空冷的金相组织 ×400

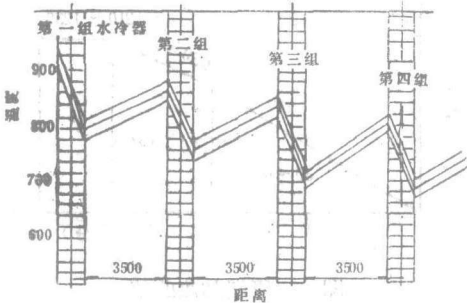


图5 荒管穿水冷却曲线

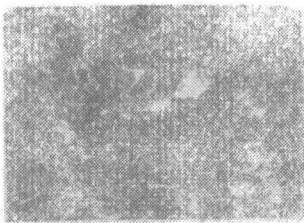


图6 荒管穿水冷却后金相组织 ×400

荒管穿水冷却后的机械性能 表4

抗拉强度 σ_b N/mm ²	屈服强度 σ_s N/mm ²	伸长率 δ_5 %	布氏硬度压痕 d(mm)
950~1215	789~1058	9~11.5	3.05~3.44

2) 荒管高温回火

水冷后的荒管回火温度为 $680 \pm 10^\circ\text{C}$ ，在台车式室状炉中进行。燃料为渣油。回火曲线见图7。回火后的组织为回火索氏体，见图8。机械性能见表5。

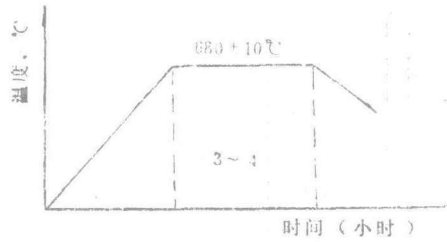


图7 荒管回火曲线

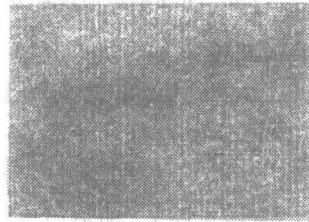


图8 荒管回火后的金相组织 ×400

荒管回火后的机械性能 表5

抗拉强度 σ_b N/mm ²	屈服强度 σ_s N/mm ²	伸长率 δ_5 %	硬度 d(mm)
691~838	554~769	18.5~20.4	3.90~4.0

1.3.4 冷拔

表6、7、8分别列出了 $\phi 55.6 \times 4.75$ 、 $\phi 73 \times 5$ 、 $\phi 88 \times 5.5$ 三种规格的拔制表。冷

$\phi 55.5 \times 4.75$ 拔制表 表6

道次	拔制规格 (mm)	拔制 型式	延伸 系数	拔制力 (t)	中间工序
0	76×6				酸洗、润滑、拔制
1	68×5.2	短芯棒	1.201	36	润滑、连拔
2	60×5.2	短芯棒	1.227	37	软化退火、酸洗、 润滑、拔制
3	55.5×4.75	短芯棒	1.182	23	成品正火、回火、 矫直、检验

$\phi 73 \times 5$ 拔制表 表7

道次	拔制规格 (mm)	拔制 型式	延伸 系数	拔制力 (t)	中间工序
0	86×6				酸洗、润滑、拔制
1	78×5.6	短芯棒	1.184	38	润滑、连拔
2	73×5	短芯棒	1.193	37	成品正火、回火矫 直、精整检验

$\phi 88 \times 5.5$ 拔制表 表8

道次	拔制规格 (mm)	拔制 型式	延伸 系数	拔制力 (t)	中间工序
0	115×6.5				酸洗、润滑、拔制
1	105×6.1	短芯棒	1.169	51	润滑、连拔
2	95×5.7	短芯棒	1.185	54	软化退火、酸洗、 润滑、拔制
3	88×5.5	短芯棒	1.122	26	

拔过程中的酸洗润滑工艺和普通碳素钢管生产工艺相似。伸长率 $\delta_5 \geq 15\%$ 时，冷拔可顺利进行，并可连拔，每次热处理后冷拔总延伸系数可达1.5~1.6。

1.3.5 成品热处理

1) 正火

成品钢管正火处理在辊底式连续炉内进行，加热曲线见图9。辊底式炉有效长度18米，辊由直流电机传动，可无级调速。燃料为渣油。在炉尾装有强风冷却装置。正火后的机械性能见表9，金相组织为贝氏体加少量马氏体（见图10）。

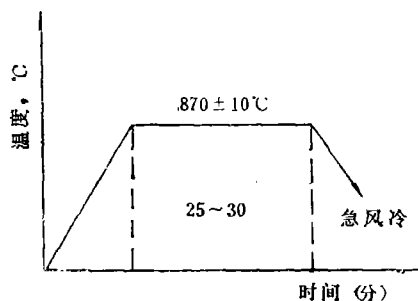


图9 成品管正火加热曲线

成品管正火后的机械性能 表9

抗拉强度 σ_b N/mm ²	屈服强度 σ_s N/mm ²	伸长率 δ_5 %	布氏硬度压痕 d(mm)
1107~1348	926~1299	12~14.5	3.44



图10 成品管正火后金相组织 ×400

2) 回火

成品钢管回火在台车式室状炉中进行。回火曲线见图11。回火后的金相组织为回火贝氏体（见图12）。

采用正火+回火的热处理工艺后，能获得理想的综合机械性能。我们统计了试生产以来的200余个成品管机械性能数据（见表10）看出，机械性能是稳定的，均符合GB3423-82技术标准要求。

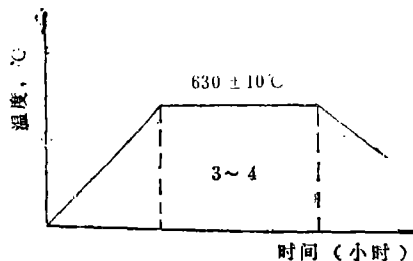


图11 成品钢管的回火曲线

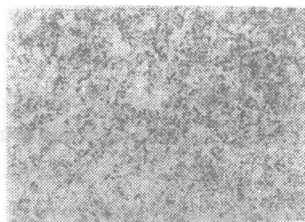


图12 成品管回火后金相组 ×400

成品管机械性能分析表 表10

名称	总取样数 N(个)	总平均值 \bar{X}	标准偏差 S	内控 CP值
屈服强度 σ_s N/mm ²	242	837	7.52	0.95
抗拉强度 σ_b N/mm ²	242	967	7.77	0.91
伸长率 δ_5 %	242	15.82	2.39	0.84
布氏硬度压痕d(mm)	229	3.48	0.21	0.84

2. 经济效果分析

2.1 成材率

75 kg 级地质钻杆生产试制工序成材率见表11。

工序成材率分析表 表11

项目	锭→锻坯	方坯→管坯	管坯→钢管	锭→管
成材率%	82~85	92~94	60~68	50~55

经济指标统计表 表12

年份	产量 (吨)	单位销价 (元)	单位成本 (元)	单位 税收 (元)	单位 利润 (元)	单位 税利 (元)
1982	2,665	2900	2213.32	232	454.68	686.68
1983	27,269	2991.14	2110.98	239.29	640.87	880.16
1984	44,040	3014.36	2118.46	241.15	654.75	895.90
1985	203,171	3260.73	2121.37	391.29	280.84	672.13
1986 1~6月	108,725	3014.89	2416.83	361.79	236.27	598.06

用多元线性回归分析法 预测 1Cr18Ni9Ti 钢管拔制时壁厚变化

谢群良
(长城钢厂一分厂)

【提要】分析了空拔时影响钢管壁厚尺寸的因素，采用线性回归分析法确定了定壁值范围，通过生产验证，二元回归分析确定的方程可控制和预测1Cr18Ni9Ti不锈钢管的定壁值。

采用冷轧（拔）定壁，空拔定径的生产工艺生产 1Cr18Ni9Ti 不锈钢管，其优点是冷轧只需控制壁厚，这样，即使轧辊孔型磨损后，只需调整顶头或轧槽位置，仍可以继续轧制，从而使冷轧管机操作简单化。空拔对壁厚尺寸精度有一定影响，只要正确估计定壁值也可以得到壁厚尺寸精度较高的管子。关于定壁值的计算公式，国内外文献介绍了很多，但对现场生产来说，其计算往往显得复杂、烦琐。针对这一问题，本文介绍一种简易的计算法，即多元线性回归分析方法，用以控制和预测 1Cr18Ni9Ti 不锈钢管的定壁值。

1. 空拔时影响钢管壁厚尺寸的因素

空拔时，使钢管壁厚尺寸变化的因素很

多，主要因素见图 1。现分析如下。

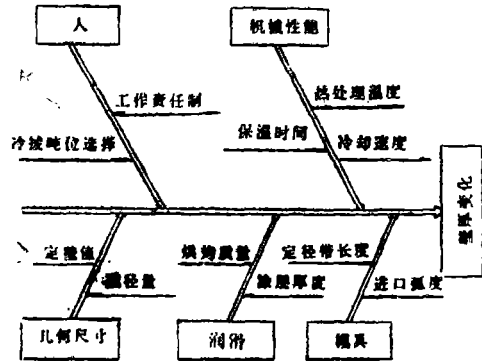


图 1 空拔时壁厚变化的因果分析图

1.1 润滑。空拔时，1Cr18Ni9Ti 不锈钢管润滑多采用牛油石灰和氯化石蜡。前者适用于壁厚 $S \geq 1.5\text{mm}$ 的钢管，当 $D > 25\text{mm}$ 时，我们一般选用 10t、20t 拔机拔制； $D < 25\text{mm}$ 时，一般选用 5t、8t 拔机拔制。由于

2.2 经济指标

1982年以来的经济指标统计见表12。由于成品销售价没变，而1985年起管坯价格上涨，因此单位利润有所下降。

3. 试验小结

DZ75 级地质钻杆生产实践证明，在冶炼中只要严格控制 35MnMoVTi 钢主要合金元素成分，在制管过程中正确执行热处理制度，可以保证其具有良好的热加工性能和冷

加工性能，并生产出符合 GB3423-82 标准的 DZ75 级冷拔地质钻探用管。采取某些措施后，还可提高钢管机械性能 1~2 个级别。为了使钻杆薄壁轻型化，除了钢种本身具有高强度外，还应使钢管壁厚不均值 $\leq \pm 5\%$ 。采用三辊轧管或二辊延伸工艺可以达到这一要求。钢管的直度 ($\leq 1\text{mm}/\text{米}$) 可用粗矫后精矫的方法解决。生产实践还表明，要扩大 DZ75 级地质钻杆产量，用辊底式连续退火炉代替室式炉热处理较为适宜。