*****
生产实践
*****

提高无缝管钢的质量

王 瑞 田

（鞍钢第三炼钢厂）

随着石油工业的油(气)井向深井、海洋和寒冷地区以及原子电站和核电站的发展，对无缝管钢的质量和品种的要求亦越来越高，要想获得耐高、低温、高压、抗腐蚀、高强度的无缝钢管，对炼钢铁水应预脱硫，钢水采用二次精炼，严格控制钢液成分，尽量提高钢水的清洁度，同时对管坯的质量也不容忽视。

关键词 提高　无缝钢管-钢　质量

1 概　况

无缝管是鞍钢的主要产品之一，无缝管的重点品种除用于航天、军工部门之外，还用于石油、电力等部门。世界各国都采取各种措施努力提高无缝管质量，尤其是油井管和电站用管(包括核电站)，是在十分苛刻条件下工作的，所以要求钢管质量万无一失。

目前油(气)井向深井、海洋、寒冷和沙漠地区发展。一般国家已开采超过 5km 的深井；美国已钻成深为 9km 以上的油井。油井越深，井底温度越高，一般平均以 24℃/km 温度梯度计算，若是油井深为 8km，其井底部温度达到近 200℃。井底压力也是随着井深的增加而增加，一般波动范围4.9～15.68 MPa，同时在井底又遇到 H_2S、CO_2 和 Cl^- 等介质腐蚀。在这种高温、高压和带有腐蚀介质条件下开采石油，都会给油井管带来十分不利的影响。

近年来，火力发电站和核电站的技术也发展很快，在设备方面向耐高温、高压和大容量方向发展，并采用提高蒸气压力和提高温度方法来提高锅炉热效率。特别是核电站，不但在高温高压下工作，而且还在具有腐蚀介质的条件下工作，因此也要求管材具有更高的质量，方能保证安全可靠。

国外工业发达国家，评定钢管产品质量可信程度主要看钢的纯净度和钢管出厂时的检查手段。评定钢的纯净度主要看炼钢厂是否有二次精炼设备，以及铁水脱硫装置等。钢管检查手段是指无损探伤设备，是单一探伤还是复合式探伤等。

鞍钢生产的无缝钢管无论是在表面质量上，还是从机械性能、耐高压、耐高温和耐腐蚀方面都比不上工业发达国家，而且和国内无缝钢管生产厂家比较，也不是名列前茅的。1989 年 4 季度，冶金部、国家技术监督局抽查部分冶金产品质量情况，其中抽查了鞍钢高压锅炉管 3 个批号，其中 1 个炉批号的硫化物级别偏高，判为不合格。

根据以上情况，提高无缝钢管质量势在必行，要提高无缝管质量，首先必须弄清楚影响无缝管质量的因素，然后才能针对问题，采取有效措施。

© 1995-2005 Tsinghua Tongfang Optical Disc Co., Ltd. All rights reserved.

2 无缝管钢的质量问题

2.1 钢中硫含量

钢的耐应力裂纹取决于钢的化学成分和显微组织，从化学成分来看，最有害的元素是硫，提高钢的纯净度主要就是降低硫含量。钢中硫含量是依据标准而定的，标准是企业进行生产技术活动的基本依据，是产品质量特性的定量表现，我们现在正在有计划、有步骤地提高标准水平，采用国际标准和国外先进标准，国家已明确规定，国家标准不应低于国际标准水平。

碳素锅炉管钢化学成分标准比较见表1。

前苏联、日本、德国等国家公布的碳素锅炉管钢的国家标准对磷、硫含量要求不是很严，我们碳素锅炉管的标准(国家标准)和他们相差不大。但从工业发达国家的钢管标准发展趋势来看，虽然标准中钢号和检验项目不同，但标准加严的趋势是一致的：①钢的纯净度加严，随着二次精炼技术的提高，在标准中规定有害杂质逐渐降低。例如，60年代前苏联标准规定高压锅炉管 12Cr1MoV 钢中含磷、硫量均小于0.025%，而现在日本钢管公司规定耐 H_2S 钢管钢的硫含量小于0.005%；②机械性能规定了上下限，因锅炉管要经过冷热加工成型，所以要求钢管有较高的塑性，需要限制其强度在一定范围；③表面质量要求严格，钢管表面质量对锅炉使用寿命有很大影响。前苏联的试验表明，对 Φ32×4mm 锅炉管，其表面存在0.2mm 划道与不存在划道的相比，在450℃时10万小时其持久强度前者比后者低19.61～24.52MPa。

表1

钢种	国别	标准	钢号	化学成分,%					
				C	Si	Mn	P	S	其它
碳素钢	鞍钢	GB3087－82	20gu	0.17～0.24	0.17～0.27	0.35～0.65	≤0.035	≤0.035	N≤0.008
	日本	JISG3461－1984	ST13-35	≤0.18	≤0.35	0.30～0.60	≤0.035	≤0.035	Cu≤0.20
	美国	ASTMA210－1985	A-1	≤0.27	≤0.10	≤0.93	≤0.048	≤0.068	
	前苏联	TY－14－3－460－1975	20	0.17～0.24	0.17～0.37	0.35～0.65	≤0.030	≤0.025	
	德国	DIN1T175－1979	ST35.8	≤0.17	0.10～0.35	0.40～0.80	≤0.04	≤0.04	

由于鞍钢是老企业，许多设备都是40，50年代的，有的甚至是30年代的陈旧设备，所以从炼钢至成材工艺技术装备落后，而且不完善，这是最突出的，另外目前财政紧张，不可能进行设备更新。在现有的设备条件下，提高无缝管钢的质量，就要做出一定的努力。鞍钢生产的石油管和日本住友金属公司生产的石油管化学成分和机械性能的比较见表2，3。

表2

厂别	P,%		S,%	
	最低	最高	最低	最高
日本住友	0.020	0.35	0.010	0.028
鞍钢	0.008	0.032	0.016	0.033

表3 石油管机械性能对比

性能 \ 厂别		日本住友	鞍钢	鞍钢与住友对比
σ_b MPa	最大值	755	780	+25
	最小值	677	686	+9
	平均值	715	739	+24
σ_s MPa	最大值	481	579	+98
	最小值	407	451	+44
	平均值	439	566	+127
δ %	最大值	30.00	26.00	−4.00
	最小值	21.00	18.00	−3.00
	平均值	27.12	21.12	−6.00

© 1995-2005 Tsinghua Tongfang Optical Disc Co., Ltd. All rights reserved.

从磷、硫含量看，鞍钢的石油管磷含量比日本低，硫含量比日本高；从机械性能来看，鞍钢石油管的塑性比日本石油管较差。组织检验对比见表 4。

表 4 组织检验对比

项目 \ 厂别	日本住友	鞍钢
断口晶粒度，级	纤维状 8	粗结晶状 4～6

因鞍钢石油管强度高、塑性低而断口呈现粗结晶状，其铝和氮的含量也有差异（见表 5）。

表 5

厂别	Als，%	N_2，%	住友是鞍钢的倍数	
			Als	N_2
鞍钢	0.015	0.0042	3.7 倍	2.0 倍
日本住友	0.056	0.0091		

从上面的比较看，我们的差距很大，日本住友金属公司为提高钢的纯净度采取了下列措施。

（1）向钢水罐内喷吹脱硫剂，对钢水进行二次精炼；

（2）钢坯和管坯处理：在线火焰清理初轧钢坯表面，管坯用车床扒皮。

鞍钢在生产无缝管钢上也采取了一些有效的技术措施，如钢包吹氩、渣洗、喷粉等，取得了一定的效果，尤其在冶炼高压锅炉管钢和石油管钢上下了很大功夫，成绩是很大的。如 1986 年我厂生产 45U 钢 337 炉，有 230 炉进行了渣洗，其渣洗和未渣洗的硫含量差异较明显，见表 6。20G 钢硫含量的变化见表 7。

表 6 45U 钢渣洗和未渣洗硫含量的变化

项目	炉数	总的硫含量，%	平均值，%
渣洗	230	4.132	0.018
未渣洗	107	2.117	0.020

表 7 20G 钢硫含量（%）的变化

项目	1984 年	1985 年	1989 年	1990 年
ΣS / 炉数	0.799 / 41	0.713 / 39	1.283 / 90	0.510 / 51
$\bar{X}$	0.0195	0.0180	0.0143	0.010

近几年，由于我厂炉外精炼率的逐步提高和采取了喷 SiCa 粉的措施，使钢中硫含量有明显下降。但是由于设施不全（当时 2 号炉没有喷粉设备），还不能保证 20G 钢全部喷粉，有的硫含量仍在 0.016～0.025%的水平。一般无缝管钢还保持在0.030～0.035%。特别是第三炼钢厂设备比较先进，20G 钢生产的产量又不是很多，所以在控制硫含量上应该按公司的要求去做，保证无缝管钢的质量。

2.2 无缝管钢改判品多

无缝管钢在鞍钢大型厂改判情况及原因见表 8。

我厂生产的优质镇静钢 45U、20G、20gu、10gu 等在大型厂改判成普通镇静钢，45U 改成 A6、B6、20G、10gu、20gu 等，一般无缝管钢改成 A3、B3。改判原因最多的是成分不合，1988 年至 1989 年仅这一项就改钢 3000t 之多，其次是低倍不合，改钢近 2000t，两项合计 5000 多吨，这是一笔很大的损失。改钢多产生于钢锭 A、K 段，A 段约占 9%，K 段约占 2.42%，说明钢锭头部组织不好，我们应该在这方面下功夫，减少改钢，增加经济效益。

2.3 无缝管钢轧后废品多

无缝钢管从炼钢到成材用了大量的人力、物力、能源，结果成材时出现了外折废品，实在是太可惜，而且给鞍钢造成经济损失。表 9 中列出了无缝厂退给我厂的外折废，这部分外折废的 60～70%是由二初轧厂、大型厂和无缝厂来承担。产生外折废品的主要原因是管坯表面质量不好，管坯表面质量问题当

© 1995-2005 Tsinghua Tongfang Optical Disc Co., Ltd. All rights reserved.

表 8

钢种 \ 改钢原因		低倍不合 t	成分不合 t	高倍不合 t	夹杂 t	结疤 t	裂纹 t	拉裂 t	合计 t
45U	1988 年	204.6	437.1						641.7
	1989 年	185.7	432.9						618.6
	1990 年	89.7	358.3	102.3					550.3
20G	1988 年	306.4	1575.1		11.2	72.4	19.6	25.1	2009.8
	1989 年	106.5	545.1			56.0	11.2	5.6	724.4
	1990 年	255.3	12.2	16.3	2.8	25.5		22.4	334.5
10gu	1988 年					5.6	2.8		8.4
20gu	1989 年	269.4	6.6			120.4	8.4	44.8	449.6
10～45	1990 年	390.1				92.2	36.4	30.8	549.5
合计		1807.7	3367.3	118.6	14.0	372.1	78.4	128.7	5886.8

表 9 三炼钢厂无缝管钢产量及退回的外折废

钢种 \ 项目	1988 年			1989 年			1990 年		
	产量,t	外折,t	废品率,%	产量,t	外折,t	废品率,%	产量,t	外折,t	废品率,%
45U	50567	171	0.34	44022	176	0.40	27199	143	0.52
20G	20039	51	0.25	14278	60	0.42	8955	71	0.79
20gu	351	5	1.4				27672	36	0.13
10gu									
45				3340	1	0.03			
35							347	3	0.86
20	8915	6	0.07	7594	10	0.13	7141	25	0.35
10				165	1	0.61			
合计	79872	233	0.29	69399	248	0.36	71314	278	0.39

然有炼钢原因，也有轧钢问题。国外工业发达国家这种问题也不是不出现，但是他们有挽救手段，而鞍钢正是缺少这种手段，所以这种废品是很难消除的。

3 采取有效措施提高无缝管钢质量

(1) 降低、稳定铁水硫含量

铁水硫含量高及波动大是冶炼无缝管钢的最大问题，氧气顶吹转炉单渣法操作，去硫比较困难，铁水硫高且不稳定给冶炼操作也造成很大困难，有的不得不加入合金进行脱硫，延长冶炼时间，保证不了品种，还增加成本。如果铁水含硫相对稳定，冶炼操作正常，再加上炉外精炼等辅助手段，这种含硫低的钢种也是不难保证的。

近年来铁水含硫情况见表 10 所示。

表 10 近年来铁水含硫情况

年度 \ S，%	<0.02		>0.02～0.03		>0.03～0.04		>0.04～0.05		>0.05～0.06		>0.06～0.07		>0.07～0.10		>0.10	
	罐	%	罐	%	罐	%	罐	%	罐	%	罐	%	罐	%	罐	%
1988	853	3.12	23097	84.39	1193	4.36	420	1.53	924	3.38	482	1.76	349	1.28	50	0.18
1989			21297	81.20	3798	9.85	1829	4.75	910	2.36	395	1.02	305	0.29	10	0.03
1990			35237	90.11	2436	6.23	845	2.16	367	0.94	131	0.33	89	0.23	1	

© 1995-2005 Tsinghua Tongfang Optical Disc Co., Ltd. All rights reserved.

(2) 进行炉外精炼

1) 铁水脱硫扒渣

铁水脱硫扒渣是鞍钢的先进技术之一，是配合板坯连铸而研究的，正在试验阶段。由于设备存在一些问题，还没有正式投产。它的投产将给冶炼无缝管钢创造极有利条件，也是赶超世界水平的一项重要措施。

2) 挡渣出钢

冶炼无缝管钢必须挡渣出钢，不能将含有大量杂质的渣子出到罐内，否则一方面影响钢水的纯净度，另一方面不易控制钢水成分，也给炉外精炼带来困难。三炼钢厂领导已经做出决定，镇静钢全部挡渣出钢，现在炉前操作已经基本做到了，但要进一步加强挡渣效果。

3) 钢水罐内处理

炉外精炼是国内外成功的经验，我厂力争对重要用途的钢水加入合成渣、吹氩气、喷粉等，先后建起了喷粉、吹氩、挡渣等设备，给生产高质量的无缝管钢创造了有利条件，而且几年来取得了一定的效果。鞍钢三炼钢厂无缝管钢中硫含量情况见表 11。炉外精炼情况见表 12。

第三炼钢厂生产的无缝管钢在第二初轧厂开坯的质量也是最好的。1990 年上半年无缝管钢给各系统退料情况，见表 13。

表 11 三个炼钢厂无缝管钢中硫含量情况

厂别 \ S，%	0.030～0.026	0.025～0.021	0.020～0.016	≤0.015
一炼钢厂	88.50			
二炼钢厂	34.10	20.42	3.94	
三炼钢厂	10.75	24.73	22.60	41.94

表 12 三个炼钢厂炉外精炼情况

厂别 \ 项目	喷粉，%	渣洗，%	吹氩，%	精炼率，%	计划，%
一炼钢厂			81.7	81.70	80
二炼钢厂			77.10(起翻率 52%)	77.10	80
三炼钢厂	11.82	78.50	3.23	95.55	80

表 13

厂别	投料量，t	退料量，t	退料率，%
一炼钢厂、一初轧厂	6994.470	216.893	3.10
一炼钢厂、二初轧厂	601.800	15.087	2.51
二炼钢厂、一初轧厂	35460.350	1028.883	2.90
二炼钢厂、二初轧厂	38472.155	846.070	2.20
三炼钢厂、一初轧厂	877.000	32.078	3.66
三炼钢厂、二初轧厂	18730.860	159.843	0.85

从硫含量和退料率上看，我厂送二初轧厂的无缝管钢都好于一、二炼钢厂，但离用户要求相差甚远，尤其是在改革开放的年代，为提高竞争能力，为增加更大的经济效益，我厂

© 1995-2005 Tsinghua Tongfang Optical Disc Co., Ltd. All rights reserved.

要在炉外精炼上下功夫，特别是生产高压锅炉管钢和特殊用途的钢，必须采取喷粉措施来降低硫含量，提高钢的机械性能。1990 年 2 月鞍钢公司成立了无缝管一条龙攻关队，对无缝管提出了更高的要求。要求一般无缝管钢 S≤0.020%，高压锅炉管、石油管 S≤0.015%。高压锅炉管要求喷粉喂丝。

1990 年 4～12 月（公司无缝管攻关队成立后），从三炼钢厂生产的无缝管钢统计数字看（表 14），共生产 20G 钢 51 炉，喷粉 37 炉，

表 14

钢种	炉数	产量 t	钢锭合格率 %	炉外精炼情况				硫含量，%					
				喷粉炉	渣洗炉	吹氩炉	精炼率 %	$\bar{X}$	0.035～0.031	0.030～0.026	0.025～0.021	0.020～0.015	≤0.015
K20G	51	8308	98.19	37	13	1	100	0.010	0	0	4	8	39
45U	134	21910	97.27	0	123	5	95.52	0.017	0	11	29	35	59
20gu	118	15724	98.84	0	68	28	81.36	0.017	0	2	22	39	55
10gu	7	7201	96.37	0	6	1	100	0.014	0	0	1	1	5
10-45 管	14	2401	99.42	0	7	3	71.43	0.020	2	2	1	5	4
合计	324	49544	98.00	37	217	38	90.27	0.016	2	15	68	88	162

渣洗 13 炉，吹氩 1 炉。有 14 炉没有喷粉，占 27.15%，硫含量在 0.021～0.025%范围的有 12 炉，占 23.50%，都是不符合要求的。

3.2 加强管理，精心操作，减少改判

前面已经列出了每年由于成分不合、低倍不合等原因造成的改钢数量，这给三炼钢厂的经济效益造成很大损失，所以加强管理，在现有设备条件下减少改钢。成分不合主要是成分偏析造成的，最突出的是碳元素。低倍不合主要是非金属夹杂造成的。不合的主要集中在钢锭的头、尾段。

在日常操作中，严格控制好温度和成分，严格执行无缝管钢优质工艺制度。应该加强盛钢系统的清洁工作，减少非金属夹杂，从而减少大型厂管坯因夹杂而改判。浇铸温度不能高也不能低，温度越高，成分偏析越严重，而且对耐火材料的侵蚀越历害，温度低非金属夹杂上浮困难，所以对无缝管钢的温度要求严格。

要研究含碳量低的保护渣和保温剂，而且保温剂的粘度要高，这对减少碳的偏析起很重要的作用。

3.3 建议公司上清理手段，减少废品，增加经济效益

日本住友金属公司提高钢的纯净度，除了向铁水罐喷吹脱硫剂，对钢水进行二次精炼以外，最重要的手段是采用在线火焰清理初轧钢坯表面和管坯用车床扒皮。

国内其它钢管厂也采用这种手段来减少轧后废品，烟台钢管厂和齐齐哈尔钢厂都采用火焰清理和车床扒皮的手段来保证无缝钢管质量。

鞍钢无缝钢管厂也做过试验，完全进行表面清理和扒皮的管子，一根废品也没有，所以在“品种、质量、效益年”的时候，公司应该投入力量把这一工作搞好，减少浪费。

总之，要生产适销对路，有竞争能力的产品，就要采用有效的技术措施，对钢水的二次精炼及初轧机的最佳压下制度等。实践证明，采用上述措施对提高无缝管坯表面质量是行之有效的，对已有的二次精炼设备应加以充分利用和完善，有条件的逐步增设二次精炼设备和铁水预处理设施。

（编辑 南瑞云）

© 1995-2005 Tsinghua Tongfang Optical Disc Co., Ltd. All rights reserved.