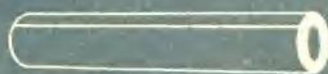


氧气转炉钢的品种质量



冶金工业出版社



氧气转炉钢的品种质量

《氧气转炉钢的品种质量》编写组

冶金工业出版社

氧气转炉钢的品种质量

《氧气转炉钢的品种质量》编写组

*

冶金工业出版社出版

(北京灯市口74号)

新华书店北京发行所发行

冶金工业出版社印刷厂印刷

*

850×1168 1/32 印张 13 1/8 字数 345 千字

1981年8月第一版 1981年8月第一次印刷

印数 00,001~2,500 册

统一书号: 15062·3695 定价1.65元

前 言

扩大钢的品种，提高钢的质量是我国冶金工作者当前的一项重要任务。为适应我国钢铁工业发展形势的需要，我们编写了《氧气转炉钢的品种质量》一书。本书扼要地介绍了国内外氧气转炉钢的品种质量概况。着重总结了国内各厂自氧气转炉投产以来，在生产中积累的各类钢种的操作经验。本书的最后部分还阐明了扩大氧气转炉钢的品种，提高钢质量的一些途径。

本书的第一章氧气转炉钢的品种质量概况，以及第二章中的优质碳素无缝钢管钢、热轧硅钢和第三章中的铁水预处理、炉外精炼、吹氩处理均由韩至成编写。第二章中的钢筋钢、弹簧钢、滚动轴承钢由曾家炳编写。农用复合钢由王录清和韩至成合写。冷轧硅钢由刁国田编写。工业纯铁由孙学英编写。普通低合金钢、易切削钢、半镇静钢由刘应妙编写。船板钢、深冲钢由温昌才编写。冷敏钢由蔡清蔚编写。焊条钢由陈积初编写。真空处理由韩至成、何清东编写。全书由韩至成负责主编。在编写过程中曾得到攀钢、鄂钢、南钢、上钢一厂、上钢三厂、太钢、首钢钢研所、唐钢、北京特殊钢厂等单位大力支持，不少同志提供了宝贵的经验和资料，特此表示衷心的感谢。

本书可供炼钢工人、技术人员、冶金院校学生参考。

由于编写时间仓促，编者水平有限，错误之处，希读者批评指正。

编 者

1979.10

目 录

第一章 氧气顶吹转炉钢的品种质量概况	1
第一节 国外氧气顶吹转炉钢的品种质量概况	1
第二节 国内氧气顶吹转炉钢的品种质量概况	14
第二章 氧气转炉钢的品种	17
第一节 优质碳素钢	17
一、深冲用钢	17
二、优质碳素无缝钢管	27
第二节 普通低合金钢	53
一、普通低合金钢发展概况	53
二、普通低合金钢的分类	54
三、普通低合金钢的冶炼及轧制	57
第三节 碳素船板钢	92
一、对碳素造船钢板的要求	92
二、碳素造船钢的化学成分	93
三、碳素造船钢的冶炼和浇注	99
四、性能与检验	101
第四节 冷镦钢	103
一、冷镦钢的概况	103
二、影响冷镦钢质量的因素	105
三、冷镦钢的冶炼与浇注	113
四、目前冷镦钢质量状况	117
五、冷镦钢新品种15MnB简介	118
第五节 钢筋混凝土用普通低合金高强度钢筋	121
一、我国钢筋钢品种介绍	122
二、钢筋的一般生产工艺	131
三、氧气顶吹转炉生产16Mn螺纹钢筋	133
四、Mn-Si-V系低合金高强度钢筋介绍	143
第六节 弹簧钢	177
一、钢种介绍	177

二、质量及工艺要求	182
三、首钢生产弹簧钢的工艺流程简介	185
四、弹簧钢的冶金质量及工艺因素的影响	190
五、弹簧钢的机械性能	196
六、弹簧钢的淬透性、组织及其转变	205
七、弹簧的制作和使用寿命	209
第七节 农用复合钢	215
一、小农具用复合钢材的品种、规格和使用范围	215
二、复合钢的生产工艺及质量	218
第八节 硅钢	223
一、对硅钢片性能的要求	223
二、影响硅钢片性能的主要因素	224
三、硅钢的冶炼与浇注	230
第九节 工业纯铁（电工用纯铁）	240
一、概述	240
二、电工用纯铁牌号的简介	241
三、对工业纯铁性能的要求	243
四、各种因素对磁性性能的影响	245
五、冶炼和浇注	247
六、易发生的质量问题及解决办法	252
七、改善工业纯铁工艺和性能的主要途径	252
第十节 焊条钢	253
一、概况	253
二、焊条钢的类别、技术条件和制作焊丝的要求	254
三、碳素结构焊条钢的吹炼及浇注	258
四、焊条钢的质量	264
五、提高焊条钢质量的途径	273
第十一节 易切削钢	274
一、易切钢的分类	275
二、合金元素对切削加工性能的影响	282
三、切削性能的评价	287
四、易切钢的冶炼、浇注及轧制	295
五、含砷、钙易切钢	306

六、含铅易切钢	311
第十二节 滚动轴承钢	314
一、滚动轴承钢的技术要求	315
二、冶炼和浇注工艺	317
三、开坯和成材	326
四、冶金质量	327
五、轴承的抗压和寿命试验	337
第三章 扩大氧气转炉钢的品种, 提高钢质量的某些途 径	339
第一节 半镇静钢	339
一、国内外半镇静钢的发展概况	340
二、生产工艺	344
三、质量问题	353
第二节 铁水预处理	359
一、概况	359
二、几种典型的炉外铁水脱硫方法介绍	359
第三节 炉外精炼法	369
一、炉外精炼法的种类	371
二、真空脱气法	372
三、钢包精炼法	382
四、氩氧炼钢	388
第四节 钢包吹氩	398
一、钢包吹氩处理发展概况	398
二、钢包吹氩的基本原理	402
三、工艺因素对吹氩效果的影响	403
四、钢包吹氩装置	407

第一章 氧气顶吹转炉钢的品种质量概况

第一节 国外氧气顶吹转炉钢的品种质量概况

一、前言

氧气顶吹转炉于1952年在奥地利投入工业性生产后，从1957年开始，世界各国相继采用，至今已成为世界上最主要的炼钢方法。例如，1975年全世界钢产量为6.51亿吨，其中氧气顶吹转炉钢为3.4亿吨，约占总产钢量的52%。

1975年在几个主要产钢国家中，转炉钢占各国钢产量的比例如表1-1。

表 1-1 主要产钢国转炉钢占全部钢产量的比例

国 名	转炉钢占全部钢产量的比例，%
日 本	82.5
西 德	69.3
法 国	63.5
美 国	61.4
英 国	50.1
意 大 利	45.8
苏 联	22.7

钢产量增加速度最快的是日本。日本从1963年至1973年十年间钢产量由3200万吨增加到1.19亿吨。平均每年增加870万吨。它主要是依靠建立巨型高炉、大型氧气顶吹转炉而实现钢产量大幅度增长的。

日本、美国和西欧各国转炉钢迅速发展是与转炉钢的质量不断改善、品种不断扩大分不开的。

目前，大家一致认为氧气顶吹转炉钢具有如下三个特点：

① 钢中气体含量很少。钢液含氧量在脱氧前主要决定于钢

中含碳量，氧气顶吹转炉的冶金反应比平炉和电炉更接近平衡。即在相同含碳量下，熔池中钢液含氧量比平炉的低，钢材中氧化物夹杂含量也相应地低些。

不同冶炼方法，钢中氢和氮含量见表1-2。

表 1-2 钢中氢和氮含量

冶炼方法	[H], %	[N], %
氧气顶吹转炉	0.0001~0.00025	0.0005~0.0003
平炉	0.00035~0.00055	0.004~0.008
电炉	0.00035~0.00055	0.006~0.009

② 由于炼钢主要原材料为高炉铁水，所用废钢量所占比率不大，外加带入的有害杂质如镍、铬、钼、铜、锡含量较少，钢质较纯洁，性能优良。

③ 生产极低碳钢很方便 ($C < 0.03\%$)。

由于钢中气体和夹杂量少，所以在使用性能上具有如下优点：钢的抗时效性能好；冷加工变形性能好；焊接性能好；钢材内部缺陷少，但也有不足之处，如强度偏低，淬火性能稍次于平炉和电炉钢，但能符合标准要求。

氧气顶吹转炉初期只生产普通低碳钢，现在国外转炉不但可以生产全部平炉钢种，而且也可以生产象电炉钢那样纯净的钢，即硫化物系夹杂物、氧化物系夹杂物少的钢。转炉生产的特殊钢和高级钢逐年增加。

随着现代化工农业的迅速发展，对钢质量提出了越来越复杂的要求，需要大量具有特殊性能的高质量碳素钢。要求耐海水腐蚀，耐硫，耐低温的钢种；要求钢材各向同性的钢；低合金高强度钢需求激增；汽车、罐头等工业也提出许多新要求；许多所谓“普通钢”的质量要求，已经进入以前合金钢的范围；有些钢种要求含硫低于0.005%。面对这样的情况，国外为了提高氧气顶吹转炉钢的质量，除发挥转炉炼钢的特长外，还配合采用炉外精炼、钢包处理等技术。大致从如下几方面入手：

① 通过铁水预处理提高进入转炉的铁水质量。目前采用最多的是喷射 CaC_2 进行铁水脱硫，可将铁水含硫量降到0.02%以下或更低。

② 钢水炉外脱硫。如美国阿里奎巴第二氧气顶吹转炉厂于1975年试验成功钢水炉外脱硫，已正式采用。此法只能用于镇静钢。标准操作方法如下：将脱硫剂（石灰和萤石混合物，用量2.5~10公斤/吨）和全部Fe-Si（按所炼钢种需要）放在钢包底部，提高出钢温度约 10°C ，增加Al加入量约0.07公斤/吨，出钢时使钢包稍微前后摇动，见渣立即摇炉。脱硫效果一般在40~50%以上。

有的报导，用钢水炉外脱硫，钢中含硫量甚至可以降到0.003%。

③ 吹炼中通过自动控制，准确控制出钢成分与温度。如日本采用动态控制技术，使终点碳和温度同时命中率达到90%以上，而静态控制只能达到50%左右。

④ 通过以Cr-Cr₂O₃作标准极的氧浓差电池掌握出钢前钢水含氧量，进行正确的脱氧操作。

⑤ 应用EMK探针测量转炉吹炼终点氧的活度及与铝熔损之间的关系，控制钢中溶解铝含量，采用快速分析钢水中铝含量的设备和铝丝喂送等新的加铝操作方法。

⑥ 配合以RH或DH真空脱氧、脱碳、钢包吹氩，以减少钢中气体与夹杂和冶炼极低碳钢种及微调高级钢的成分，配合以钢水炉外脱硫、合成渣处理和使用微量元素合金化控制晶粒度等。

二、美国氧气转炉钢的品种质量概况

如前指出，美国在1975年氧气转炉钢已占全国钢总量的61.4%。随着氧气转炉炼钢技术水平的不断提高，冶炼品种也越来越多。从普碳钢到特殊钢，合金钢从超低碳钢到高碳钢已都能顺利地冶炼。由于转炉脱碳效率高，钢中含氮量低，其它杂质也少，所以钢材性能良好。因此，近年来，美国转炉冶炼特殊钢的

比例逐年增多。

在六十年代以前，美国70%的合金钢（主要是Cr钢、Cr-Mo钢和Ni-Cr-Mo钢不包括不锈钢）用平炉生产。1960年开始用顶吹转炉生产合金钢。1970年转炉合金钢产量超过平炉，接近于电炉。据1971年美国材料试验协会所公布的标准，顶吹转炉已可冶炼218个钢号，其中包括碳素钢、多元素低合金结构钢、弹簧钢、硅钢和低温用镍钢（Ni9%）等。不锈钢未列入1971年的标准，实际上当时已开始大规模生产。如艾·勒德隆钢公司从1968年就开始用转炉生产不锈钢。

1974年开始，美国转炉合金钢的产量已超过电炉。目前美国45%的合金钢是转炉炼的。美国近几年氧气顶吹转炉生产的钢种数量及比例见表1-3。

表 1-3 美国氧气转炉钢种总况

年份	转炉钢总产量，万吨		转炉合金钢 比例，%	转炉合金钢占全 部合金钢比例，%
	碳素钢	合金钢		
1971	5450	410	7.0	33.3
1972	6340	490	7.2	34.4
1973	7050	585	7.7	35.4
1974	6840	644	8.6	36.8
1975	5940	637	9.7	44.7

在美国用氧气顶吹转炉生产合金钢的厂家有威斯康辛、蒙纳逊、普韦布洛、纳特罗纳和米德兰厂等。CF&I钢公司从六十年代中期就开始用转炉大量生产高碳钢，高碳钢产量约占转炉钢总量的60%以上。其余30%以上也是含碳量在0.20~0.30%范围内的。国际收割机公司威斯康辛钢分公司钢厂从1964年以来就开始生产高碳钢（如0.48~0.55% C的1050钢）和合金钢（如含碳量在0.20~0.25%的含锰、镍、铬、钼等多种元素的8622钢）。

蒙纳逊、威斯康辛、东芝加哥二车间三个厂转炉生产的钢种比例见表1-4。

表 1-4 三个转炉厂生产的钢种比例

项 目	蒙 纳 逊	威斯康辛	东芝加哥二车间
统计年度	1965	1965	1975
统计炉数, 炉	2235	7422	7919
C<0.1%的炉数, %	42.3	6.0	29
C 0.1~0.3%的炉数, %	54.8	41.6	53
C>0.3%的炉数, %	2.9	52.4	18
其中合金钢占的比例, %	20.8	21.8	18

在美国氧气顶吹转炉常用“高拉碳”操作炼高碳钢，如普韦布洛厂转炉生产高碳钢占全部产量的61%，采用“高拉碳”法（或称“留碳法”）的工艺进行生产。在美国之所以通常用“高拉碳”冶炼高碳钢，和美国的资源条件有关。美国炼钢铁水的磷、硫含量都是很低的。据1974年美国钢铁协会作为典型发表的资料，全国大小不同的五家转炉厂所用铁水，含磷量全都在0.048~0.08%之间，含硫量全都在0.023~0.030%之间。用这样的铁水炼钢，磷、硫可几乎用不着考虑。“高拉碳”就是在这种特定原料条件下发展和保存下来的。

应该指出，“高拉碳”直接冶炼高碳钢虽然有一定优点，如渣中氧化铁低，金属收得率略高，氧气和脱氧剂消耗略低，美国还有人认为钢质较好。但是现代化转炉，随着供氧强度的提高，脱碳速度非常快（特别是含碳量高时），很难准确控制所要求的碳。为了高拉碳，不得不中途倒炉取样、分析成分，并进行必要的补吹。往往一次取样还不够，要多次倒炉。这样一来，冶炼时间反而延长，使生产能力受到很大影响，炉龄也跟着降低。因为碳高对脱磷不利，如果原料铁含磷量稍高，高拉碳对产量的不利影响就更严重了。因此在欧洲，即使使用低磷原料（高磷铁可以说根本不能高拉碳），大多数钢厂都不采用高拉碳，而用炉后增碳操作。

近年来，欧洲有些原来采用高拉碳操作的钢厂也改用炉后增碳，以便更好地发挥转炉的高生产能力。例如，西德蒂楼公司鲁

尔奥德能力为430万吨的一家现代化转炉厂，过去用“高拉碳”法生产高碳钢，包括滚珠钢、极硬线材、高级结构钢、锻造用钢等，需要中间倒炉取样，操作困难；现在改为炉后增碳，转炉操作大为简化。合金加入量大时，以预先熔化状态加入。又如英国钢铁公司拉根贝厂260吨转炉原来用“高拉碳”法生产重轨钢，经常需要补吹脱磷，操作效率不高，现在也改为低碳出钢，炉后主要用石油焦增碳。

美国生产的合金结构钢，主要是镍钢、镍铬钢、钼钢、镍钼钢、铬钢、铬钼钢和镍铬钼钢，除镍、铜和钼不易氧化的合金加入炉内外，其余合金均于出钢时加入包内。

美国不锈钢的产量在资本主义国家中多年来也占首位，但从1970年起被日本超过，退居第二位。1976年产量为150.4万吨(包括耐热钢)。过去冶炼不锈钢一直是采用单一的电炉精炼法，但是这种方法在冶炼低碳高铬不锈钢时受到限制，因为如果精炼时合金的含铬量较高，就必须在非常高的温度下进行脱碳，否则会由于氧化而造成铬的大量损失，而这样高的精炼温度会使耐火材料大量损耗。另一方面如果精炼时合金的含铬量较低，则在脱碳精炼后必须加入大量昂贵的低碳铬铁，致使生产成本增加。因此近年来国外对不锈钢的冶炼方法进行了工艺革命，已从原来单一的电炉精炼法逐渐过渡到与一些二次精炼炉相结合的多联方式。

在不锈钢的二次精炼工艺中以电炉——真空脱碳法和电炉——氩氧脱碳法(AOD)使用最普遍。从目前趋势来看，氩氧脱碳法发展速度更快，使用更为普遍。氩氧脱碳法是由美国联合碳化物公司Linde分厂发明，其后和Joslyn不锈钢公司合作于1968年4月发展成功并投入生产的一种冶炼不锈钢的新方法。这种方法的基本原理是利用惰性气体氩稀释炉内CO气体，使其分压保持很低，从而可以在比较低的温度下，不使铬氧化而将碳脱到很低的水平。这种方法为发展不锈钢的生产开辟了广阔的前途。

用氩氧脱碳转炉(AOD转炉)冶炼不锈钢时，炉料在电弧

炉熔化后，去掉渣子，将未精炼的钢水经钢包倒入AOD转炉中，由炉底吹入Ar和O₂进行精炼和合金化。此法优点是：

① 由于连续均匀的搅拌，钢水成分比电炉法均匀，而且波动范围较小；

② 钢中〔O〕和〔H〕量比电炉法约低50%；

③ 不用高温（<1900℃）就能炼超低碳不锈钢；

④ 不用低碳和微碳铬铁，成本大为降低。冶炼时间一般在75分钟左右。

目前世界上最大的AOD转炉（175吨），是在美国 Bulter厂，于1977年春投产。

美国目前氧气顶吹转炉生产的合金钢虽约占全部合金钢的一半，但有些钢种如含钨高速钢、高合金耐热钢、氮化钢和超高强度钢等仍用电炉进行冶炼。

毫无疑问，氧气顶吹转炉配上炉外脱硫和真空脱气，钢的质量将进一步提高，品种也将扩大。近来已向冶炼成分复杂、超低碳、超低硫、高清洁度、超低氢的新优质钢的方向发展。

三、日本氧气转炉钢的品种质量概况

日本在1957年秋从奥地利引进了氧气顶吹转炉炼钢新技术。八幡钢铁厂第一个采用了LD转炉。其后日本成立了LD委员会，对LD转炉炼钢法反复进行了共同的研究，并获得很大成果。

六十年代日本确立了进口铁矿石→大型专用船→巨型高炉→氧气顶吹转炉→连注机→轧制操作的自动化、连续化这样一个高效率大量生产方式的生产体系。到1975年日本顶吹转炉钢产量已占本国钢产量的82.5%。最近几年世界各国在发展转炉钢的同时，电炉钢也得到一定的发展。唯独日本，电炉钢发展很慢，相对比例有所下降。这是由于日本氧气顶吹转炉钢的质量高，不但能炼所有的平炉钢种，而且能炼大部分的电炉钢种。日本在特殊钢的产量中，氧气顶吹转炉钢的比重已越来越大。例如，1970年已达44%，约占特殊钢总产量的一半。又如，1976年1~5月，日本转炉钢总产量中，镇静钢占50%，真空处理钢占7.9%。日本

转炉钢的产品包括：结构钢、油井套管、锅炉钢管、高碳钢、不锈钢、弹簧钢、高碳钢线材、调质合金钢等。

半镇静钢在日本的一些顶吹转炉车间的产量也相当大，据1968年对五家公司十四个厂的统计，半镇静钢的产量占普碳钢产量的26.5%，其中新日铁所属厂达35.1%，川崎为37.8%，水岛钢厂180吨转炉的半镇静钢产量达到70.7%。新日铁公司1973年投产的福山3号顶吹转炉车间，半镇静钢占月产33.7~55.8%，而同期的镇静钢产量为6.3~18.3%。

为了扩大不锈钢的生产，在日本也建立了氩氧脱碳转炉。据日本估计，今后全世界不锈钢将主要用AOD法生产。

日本曾系统地对比了氧气顶吹转炉、平炉、电炉生产热轧薄板、冷轧薄板、高碳钢及高强度钢、低碳钢线材等各类钢种的性能。实践证明，转炉冶炼的各类钢种其性能可与同类的平炉钢或电炉钢性能相媲美。譬如热轧薄板，按日本工业标准分为五种：SPN1，SPN2，SPN3，SPN4，SPN5。顶吹转炉钢性能相当于SPN1牌号（化学成分：C<0.10%，Si<0.08%，Mn0.25~0.50%，P<0.05%，S<0.05%。抗拉强度>28公斤/毫米²，延伸率>26%，弯角180°）。同时，在一定程度上满足了日本汽车工业标准。含碳量在0.10%以下的转炉钢的机械性能良好。就是含碳量在0.15~0.20%的汽车梁用钢材，即使在严格的加工条件下，也很少出现夹杂缺陷，具有良好的加工性能。

按日本工业标准，冷轧薄板分成三种：SPC1，SPC2，SPC3。SPC1用于一般用途，SPC2用于一般深冲，SPC3用于重深冲。由表1-5可见，转炉钢冷轧薄板的冷加工性能较之一般平炉钢和用氧平炉钢为好。氧气顶吹转炉钢与平炉钢或电炉钢相比，钢中含氮量低是其优点之一，这对钢的抗时效稳定性有良好作用。

表1-6、7、8比较了氧气顶吹转炉钢及平炉镇静钢厚板(40毫米)的各种性能。

由表1-6所列数据证明，两种钢的化学成分差异不大。钢的

表 1-5 平炉和LD转炉钢冷轧钢板质量 (板厚0.8毫米)

钢的类 型	化 学 成 分, %							屈服强 度 公斤/ 毫米 ²	抗拉强 度 公斤/ 毫米 ²	延伸率 %	艾里克 森杯凸 深度 毫米	锥形中 头冲压 实验 毫米
	C	P	S	Cu	Ni	Cr	N					
平炉钢	0.056	0.012	0.019	0.10	0.04	0.03	0.0035	23.1	34.8	42.1	10.3	38.4
用氧平 炉钢	0.045	0.010	0.017	0.09	0.04	0.02	0.0030	22.0	34.3	43.1	10.6	38.02
LD转 炉钢	0.047	0.012	0.019	0.06	0.02	0.01	0.0012	20.8	33.7	46.2	10.7	37.85

表 1-6 钢的化学成分, %

钢	取样部位	C	Si	Mn	P	S
标 准	—	≤0.18	0.10~0.35	0.70~1.50	≤0.05	≤0.05
平炉钢	钢包中	0.12	0.22	1.03	0.011	0.025
	上	0.14	0.19	1.03	0.012	0.028
	下	0.13	0.21	1.04	0.011	0.026
LD转炉钢	钢包中	0.13	0.24	0.95	0.016	0.019
	上	0.15	0.25	0.99	0.013	0.022
	下	0.14	0.24	0.97	0.013	0.021

注：上一钢锭上部检验分析；下一钢锭下部检验分析。

表 1-7 强度试验结果

钢	取样部位	屈服强度 公斤/毫米 ²	抗拉强度 公斤/毫米 ²	延伸率 %
标 准	—	—	41~50	≥21
平 炉 钢	上	29.4	45.3	34.0
	下	28.7	43.3	31.5
LD转炉钢	上	28.9	43.5	35.0
	下	29.1	43.9	33.0

表 1-8 却贝冲击韧性试验结果 (顺轧制方向取样)

钢	测定温度 ℃	取样部位	冲击破坏时 吸收的能量 焦耳	表面破坏系数 %
平 炉	+ 20	上	14.5	0
		下	17.3	0
	0	上	14.9	0
		下	16.9	0
	- 10	上	14.7	0
		下	16.7	8
	- 40	上	6.5	73
		下	9.4	75
LD转炉	+ 20	上	15.9	0
		下	17.5	0
	0	上	15.8	3
		下	17.6	0
	- 10	上	14.0	15
		下	17.2	6
	- 40	上	7.2	83
		下	8.3	86

注：按标准10℃吸附能量等于6.22焦耳，30℃为2.8焦耳。

性能有某些差异。但从整体来看，氧气顶吹转炉钢不次于平炉钢。

厚板要求具有良好的焊接性能。对表1-6、7、8所列出的钢种的厚板焊接性能，特别是焊缝状态、裂缝的形成、冲击韧性、硬化等研究证明，氧气顶吹转炉钢具有良好的焊接性能。

目前日本用氧气顶吹转炉冶炼出的钢管用钢种，几乎赶上了以前用平炉、电炉所生产的钢种。各类钢管钢性能良好。以锅炉热交换器用合金钢管为例，由于该类钢管比锅炉用普碳钢钢管要在