

冶金工业废渣处理工艺与利用

科技成果汇编

(六)

1987

冶金工业废渣处理工艺与利用 科技成果汇编 (六)

中国金属学会冶金环保学会
冶金部建筑研究总院环保所

编

1987

编 者 的 话

冶金工业废渣处理工艺与利用科技成果汇编已出五册约200万字，出版以来得到很多单位的支持和拥护，特别应该感谢的一些钢铁企业的赞助，使出版物印刷费得以保证。出版的汇编销售全国有关单位以后对普及开发利用冶金渣技术起了较好的作用。订户逐渐增多，经常有些需要者登门求购。有的企业不只订几份而是几十份，鞍钢每册订200册分发给有关的工人和技术干部及管理干部，作为推动钢铁渣处理与利用的手段。

本汇编原准备出版五册不再出版了，由其是赔款多无法解决，经常靠资助也不是长久办法。但是根据读者要求，考虑我国钢铁企业特点，企业数量多，分布广，多数在城郊边缘，钢铁渣处理与利用技术都在探索途径，采取的处理工艺与利用方法各异，因此及时交流技术十分必要。解决资金办法拟采取分配汇编办法，希望各单位大力支持。

第六册内容是：钢渣处理与利用，主要有钢渣水泥作及混凝土；钢渣作道路骨料；钢渣山开采；钢渣水淬工艺技术；高炉渣膨珠及热泼渣场设计及高钛高炉渣处理利用等。

本汇编仍由冶金部建筑研究总院环保所王立庆工程师主编，参加汇编工作的有梁向宝工程师，鞍钢环保处钟国柱工程师。本期得到鞍钢大力支持表示感谢。

编者 1987年6月10日

目 录

平炉钢渣水淬及综合利用·····	黄成典 (1)
	何乃树
马钢火法提钒与钢渣综合利用·····	李文翔 (12)
平炉钢渣磁选加工综合利用技术研究·····	钟国柱 (25)
水泥稳定平炉水淬钢渣土基层的研究及其在道路工程的应用·····	张胜兴 (42)
冷固造块法处理炼钢尘泥的设计研究·····	孟秉琳 (55)
攀钢高炉渣热泼场设计及运行·····	曹鸿钊 (68)
炉前膨珠做水泥混合材试验研究报告·····冶金部建筑研究总院 马鞍山钢铁公司	(85)
钢渣沸石水泥的水化特徵·····	郭竟雄 相永起 李 瑞 (90)
钢渣砌筑水泥的研制与应用研究·····	陈冠岳 (108)
包钢的工业废渣状况及利用前景·····	郝 荣 (130)
转炉钢渣的特性与快速处理技术·····	林大利 沙成琳 陈慧莉 (141)
跳汰尾矿石用作混凝土骨料的试验研究与应用·····	曹石麟 (148)
转炉钢渣水淬工艺设计·····	马鞍山钢铁设计院 (161)
太钢渣山开采的组织管理·····	刘进章 李双良 (166)
高炉锰铁重矿渣做混凝土细骨料研究·····	袁筱林 (173)
马钢一铁厂七号高炉炉前滚筒法膨珠工艺·····	马鞍山钢铁公司 (186)
马钢炉前膨珠工艺技术经济比较·····	马鞍山钢铁公司 (204)
炉前膨珠及混凝土性能研究报告·····冶金部建筑研究总院 马鞍山钢铁公司	(208)
高钛重矿渣及其混凝土的性能试验与应用·····	侯 周 (222)
钢渣矿渣硅酸盐水泥上海市标准·····	上海市标准局 (238)
钢渣矿渣硅酸盐水泥编制说明·····	标准编制组 (245)
钢渣矿渣硅酸盐水泥的研究·····	标准编制组 (253)
钢渣矿渣硅酸盐水泥混凝土性能·····	标准编制组 (285)
风淬粒化高钛高炉渣作水工建筑材料研究报告·····王立庆 梁向宝 黎尚周 李俐丽	(309)

平炉钢渣水淬及综合利用

黄成典 何乃树

(马鞍山钢铁公司)

摘 要

本文论述马鞍山钢铁公司第一炼钢厂的钢渣水淬技术及装置、工艺流程、技术操作经验、水淬后的钢渣理化性能和钢渣综合利用途径及应用钢渣水淬技术所获得的技术经济效益。

一、概 述

排渣和钢渣的综合利用,是当今炼钢工业的一大问题。随着炼钢产量的增大,钢渣量亦增多。为排出钢渣,需动用庞大的运输、倒渣设施,花费大量人力和财力,侵占大量农田,还使环境受到污染。特别是以高磷生铁为原料的炼钢厂,炼钢过程渣量大,出渣次数频繁,运渣设备周转紧张,耽误炼钢炉作业,使炼钢生产能力受到很大限制。在氧气炼钢法中,采用传统的排渣方法这些问题尤为突出。

为寻求新的排渣方法和钢渣综合利用途径,从1969年起马鞍山钢铁公司第一炼钢厂开展了钢渣水淬和综合利用试验研究,研制成了我国第一台钢渣水淬装置,于1970年4月25日炉前钢渣水淬粒化首次获得成功,并正式投入了使用,成为国内第一个采用钢渣水淬技术处理熔融钢渣的厂家。随后,对水淬的钢渣又进行了大量的、开创性的综合利用试验研究工作,如制作钢渣水泥、钢渣磷肥、钢渣砖、提取五氧化二钒、返回烧结矿、回收渣中钢粒、用于修筑公路等。

马钢第一炼钢厂两座平炉已进行了三万多次钢渣水淬,约有三十万吨经水淬粒化的钢渣成为炼钢副产品而得到利用。钢渣水淬技术已成为马钢第一炼钢厂提高钢产量、降低材料消耗、改善钢质量、减少能耗、简化钢渣运输等的必不可少的炼钢工艺手段,并在国内炼钢行业中广为推广应用。如济南钢铁厂、天津第一炼钢厂、湖少潭钢铁厂、成都无缝钢管厂等单位的转炉或平炉均推广应用了钢渣水淬技术。十六年来马钢的钢渣水淬实践以及应用了马钢钢渣水淬技术的各炼钢厂的实践均已证明,此项技术和装置是成功的,为我国炼钢厂排渣和钢渣处理利用开辟了新途径。其特点是,工艺创新,排渣迅速,安全经济,可用于平炉、转炉、电炉钢渣的水淬粒化,有利于炼钢生产和钢渣的综合利用,经济效益和社会效益显著。

二、水淬装置工作原理

钢渣水淬装置的工作原理是在炼钢车间内，将出炉的熔融钢渣，经渣罐自流落入流动的水中，使其遇水骤冷水淬成粒。之后热渣粒在流水中继续冷却，淬裂成更小的颗粒，在水力的作用下，渣粒随流水输送至集渣池。由于水流量十几倍于熔渣流量，热渣能快速和充分地冷却，而水的温升不会过大，不产生大量的水蒸汽。即使局部产生了高温水蒸汽也能在其通过水层自由逸散时被冷却，不足以产生爆炸性的高压水蒸汽，从而使钢渣水淬可以安全进行。

三、钢渣水淬工艺设计

1. 工艺流程

熔融钢渣从平炉排渣口流入置于平炉下部的容积为11立方米渣罐，然后经渣罐的出渣孔，落入渣罐外侧的设有喷水口的水淬器内与水相遇而水淬成粒。在水力的推动下，渣粒随流水流入集渣池（见图1）。

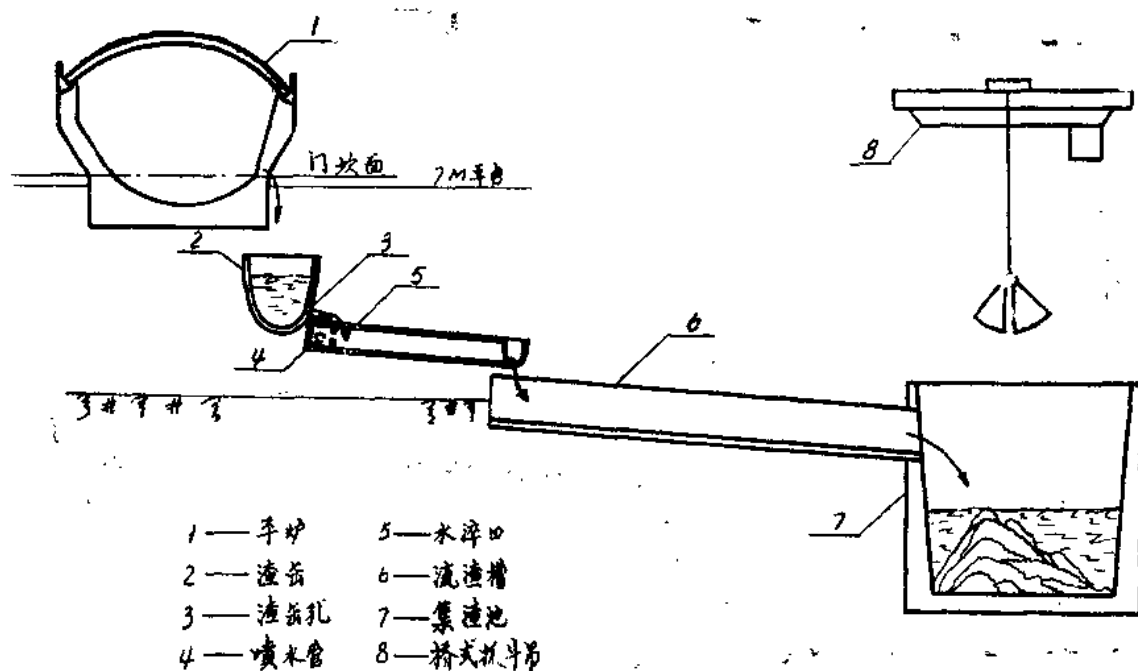


图1 平炉钢渣水淬装置示意图

沉集于集渣池的钢渣，用 1m^3 抓斗吊抓至集渣池两头的堆场，或直接抓取放在露天栈桥内的钢渣专用铁路车箱内，运至钢渣用户，亦可用汽车装运至用户（见图2）。

工艺流程为：

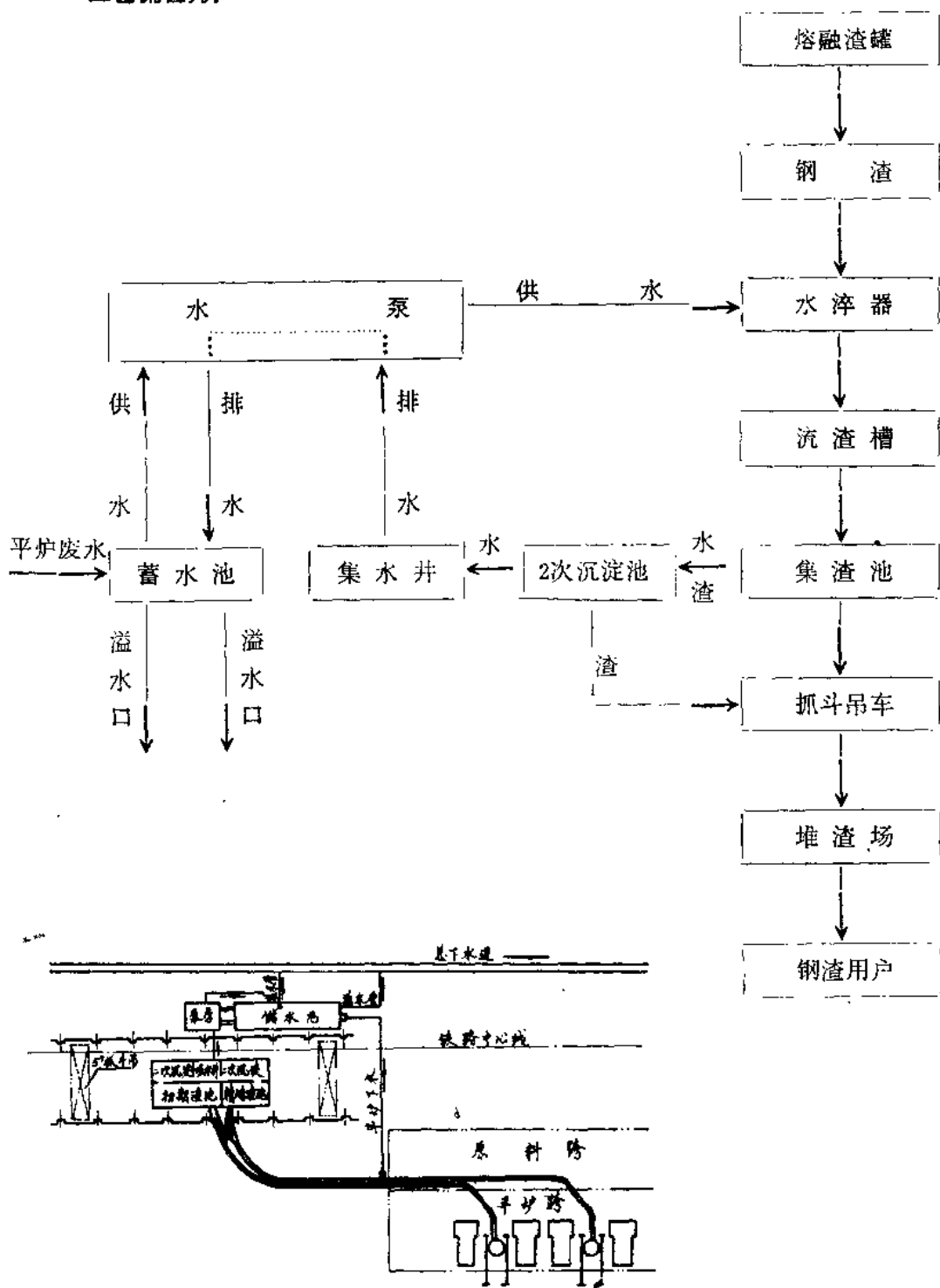


图 2 平炉钢渣水淬工艺流程图

2. 水淬工艺主要参数

马钢钢渣水淬装置工艺主要参数如表（1）。

水 淬 工 艺 主 要 参 数 表

渣 类	渣:水 (重量比)	水耗量 (吨/小时)	水 压 (公斤/厘米 ²)	钢渣温度 (℃)	水温升 (℃)	出渣孔 直径 (毫米)	水 淬 器		
							水流速 (米/秒)	水深速 (毫米)	坡 度 (%)
初期渣	1:10~1:15	720	1.5~2	1350~1450	6~10	140	3~4	400	7~8
精炼、出钢渣	1:10~1:15	720	1.5~2	1550~1650	23~40	140	3~4	400	7~8

水量与渣量的配合比例、水淬器的坡度与阻力以及熔渣的流动性是钢渣水淬工艺重要参数。

（1）水 量

水量是以渣水比来表示的，其意义为在单位时间内落入水中的渣量与水量之比，即单位渣量所需之水量。水的作用主要是冷却熔渣，使熔渣骤冷成粒，其次是输送渣粒。最小的供水量应使水在吸收熔渣热量后，温度不超过60℃不产生足以引起爆炸的高压水蒸汽。

水量的确定按下式计算：

$$Q = \frac{G \cdot C_{\text{渣}} (t_{\text{渣}} - t_2) + G \cdot g}{C_{\text{水}} (t_2 - t_1)}$$

式 中：

Q —— 供水量，公斤/分钟

G —— 熔渣流量，公斤/分钟

$t_{\text{渣}}$ —— 熔渣温度，℃

$C_{\text{渣}}$ —— 钢渣平均比热，0~1640℃时为0.294伏卡/公斤度

g —— 钢渣熔化潜热，50仟卡/公斤

$C_{\text{水}}$ —— 水的比热，取1仟卡/公斤度

t_1 —— 水淬前的水温，℃

t_2 —— 水淬后的水温，取小于60℃为宜

（2）水 压

钢渣的水淬粒化是熔渣在水中急速冷却过程中裂碎的结果。采用低压水，即供水管在水淬器的出口压力0.5公斤厘/米²，就能满足钢渣水淬和输送渣粒的需要。采用高压水，增大水流速度，在水淬时会出现热渣在水面上飘浮飞行现象，即使供水量很大也不能将钢渣迅速冷却。这不仅降低了水的利用率，还会产生大量的水蒸汽，也容易发生爆炸。

（3）水淬器与流渣槽的坡度

水淬器与流渣槽的坡度对于水淬效果和水力送渣均有很大影响。坡度小，阻力大则水渣

不易输送至集渣池而在中途停留淤塞。水淬器落渣点附近发生淤塞易引起爆炸。马钢第一炼钢厂的水淬器坡度为7~8%，流渣槽直线段为3%，拐弯处为4%。采用光滑耐磨的辉绿岩铸石作流渣槽内衬。

(4) 熔渣的流动性

熔渣是流经渣罐进入水淬器，粘度小流动性好的熔渣，水淬能不间断的连续进行。熔渣的流动性取决于熔渣的化学组成和温度，放渣之前需将熔渣粘度调整好。

3. 水淬装置

(1) 渣罐与出渣孔

渣罐：利用原有排渣用的11m³圆锥形渣罐作中间罐，用以缓冲控制熔渣流量。

出渣孔：是渣罐内熔渣的排出口，因受炉下空间位置和地下烟道的限制，为使水淬器有较大的坡度，马钢第一炼钢厂选择在渣罐中下部距离底部一米的位置开一个直径为140毫米的出渣孔。

(2) 水淬器与流渣槽

水淬器是熔渣在水中急冷水淬成粒的设施，是水淬装置中的一个关键部份，其坡度为7~8%，宽度为500毫米，平均高度800毫米，全长为20米，厚8毫米的钢板结构。水淬器结构（见图3）。

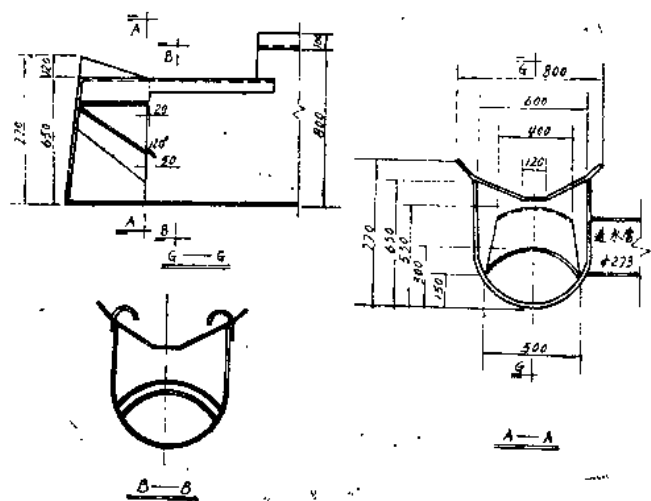
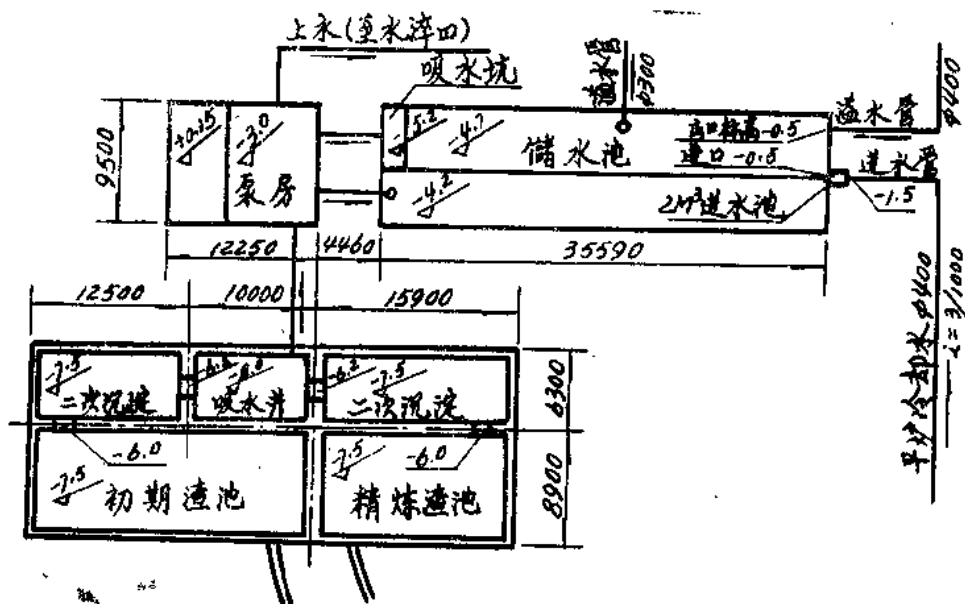
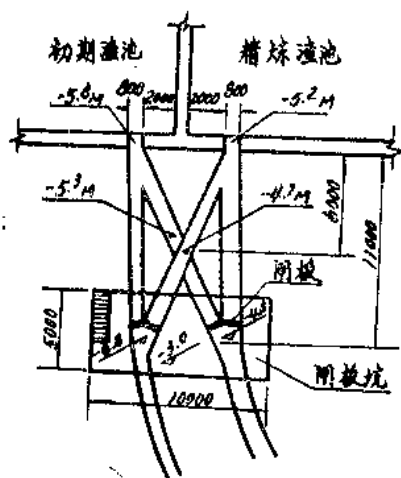
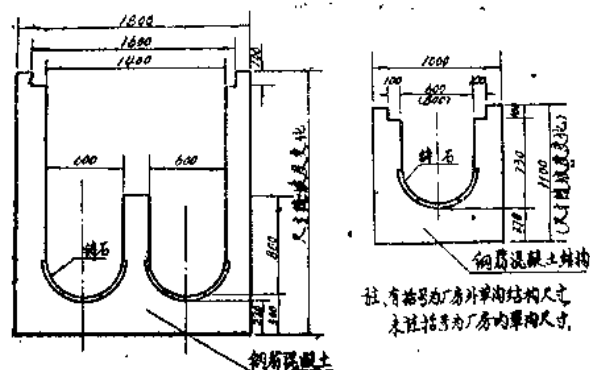


图3 钢渣水淬器结构图

流渣槽是联接水淬器与集渣池的暗渠，钢筋混凝土结构，其弧形底部镶有厚度为30毫米的辉绿岩铸石作内衬。流渣槽全长，一号炉为165米，二号炉为122米。其结构（见图4）。

两座平炉分别设有水淬器和流渣槽，可使两座平炉同时水淬不同种类的钢渣。流渣槽与集渣池联接的部位，采用立体交叉结构，设有闸板控制钢渣粒和水的流向，使钢渣能分类流入指定的集渣池，便于钢渣的利用。流渣槽立体交叉结构（见图5）



(3) 集渣池和蓄水池

集渣池的作用是沉积水渣。集渣池分初期渣池和精炼渣池。初期渣池长22米宽8.3米，贮渣深度1.5米，有效的贮渣容积为200立方米。精炼渣池长15.3米，宽8.3米，贮渣深度1.5米，有效的贮渣容积140为立方米。均系钢筋混凝土结构，可供贮存15炉钢渣用（见图6）

精炼渣比重较大，在集渣池内能沉积下来。初期渣比重较小，在集渣池内受水流的搅拌有部分悬浮，但经二次沉淀后基本能全部沉积下来。

蓄水池有循环水及平炉废水的积蓄处，为冲渣之水源，其蓄水量约1000立方米，加上平炉废水的连续补充，能满足两座氧气平炉的同时进行水淬的需要（见图6）

(4) 供排水

马钢第一炼钢厂的钢渣水淬装置系以两座平炉的废水为水源。水淬一次的最大水温升为40℃，因此，水只能部份循环使用。采用平炉废水为水源，不仅节约了用水，还能使蓄水池的水温降低，避免水淬后水温过高产生大量水蒸汽，可确保操作安全。平炉废水是不间断的以每小时300~500吨的流量进入蓄水池，当水位至一定高度时，水即从设在蓄水池内的直径300毫米和直径400毫米溢水口排入厂区总下水道（见图6）。

供、排水设备均设置在-3.0米的深井泵房内，共有五台水泵，其用途与技术性能（见表2）。

水泵型号、技术性能及用途

表 2

序号	名称	型号	数量 (台)	排量水 (m ³ /h)	吸程 (M)	扬程 (M)	附 电 动 机			用 途
							型 号	功率 (KW)	数量 (台)	
1	离心式水泵	12Sh-A	2	720	4.5	49	JS1315-4	155	2	供 水
2	" "	"	1	720	4.5	49	JS116-4	155	1	备用，可供水和集渣池排水
3	" "	12Sh-19	1	789	1	1	J091-6	55	1	集渣池排水
4	悬臂式水泵	2B31K	1				J042-4	2.8	1	深井泵房排水

(5) 钢渣吊运与堆场

在集渣处设置长84米，跨距25.5米的露天栈桥，集渣池、沉淀池和堆场均设在其内。栈桥内设有两台5吨桥式抓斗吊车，担负钢渣的抓取吊运，装车及沉淀池清理作业，抓斗容积为1立方米，提升高度为18米。

栈桥的内有一条专用铁路线，专供装钢渣用。渣桥两端还与厂这公路相通，也可用公路运输钢渣。

钢渣堆场设在栈桥的两端，分别堆放初期渣和精炼渣。每个堆场面积约360平方米，共可堆放水淬钢渣约5000吨。

四、水 淬 操 作

1. 基本操作

- (1) 平炉放渣前, 将渣缶置于接渣位置, 出渣孔要对准水淬器。
- (2) 在炼钢工艺允许的前提下, 调正好熔渣粘度, 使其具有较好的流动性。
- (3) 平炉放渣前10分钟开始给水, 严格遵守先给水后出渣, 先停渣后停水的操作原则。
- (4) 当熔渣粘度较大, 出渣孔被熔渣粘结时, 可用钢钎疏通或氧气烧通。
- (5) 当渣缶内熔渣快满时, 应控制平炉出渣流量, 不使渣缶溢渣。
- (6) 集水井内的水要及时用水泵排除, 使集渣池、二次沉淀池水位保持在溢水水位, 防止水位升高堵塞流渣槽及影响沉淀效果。
- (7) 集渣池的积渣高度不应超越小隔墙标高, 以提高沉淀效果。
- (8) 在水淬过程中, 给水泵不准停泵断水。

2. 氧气炼钢平炉钢渣水淬的几项操作

采用顶吹氧炼钢以后, 铁矿石装入量大为减少, 固体钢铁料熔化速度快, 装料期加入的石灰过早上浮, 致使初期渣流动性差, 往往不能顺利地放渣和进行水淬, 在操作上应注意上述问题:

- (1) 装料期注意造料的分布, 避免石灰过早上浮。装入适当的铁矾土, 铁鳞等熔剂, 并注意控制氧枪的枪位, 调整初期渣的化学组成, 降低炉渣熔点。
- (2) 掌握适宜的放渣时机, 放渣期间不宜过多的减小热负荷, 使熔渣有一定的过热度 and 较好的流动性, 能顺利地经出渣孔落入水淬器。
- (3) 放渣时, 当假门坎高度降到一定位置后, 可采取调整吹炼枪位或单、双枪交替吹炼的方法来控制平炉出渣口的熔渣流量。当氧枪在渣层浅吹时渣面上涨, 出渣流量会增大, 当出渣流量过大时, 可将上火侧的氧枪停吹减小渣流。

五、水淬钢渣的理化性能

1. 化学组成

水淬钢渣的化学成份 (见表 3)。

水 淬 钢 渣 的 化 学 成 份 表 3

种 类	化 学 成 份 (%)											
	GaO	SiO ₂	FeO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	MgO	P ₂ O ₅ (全)	P ₂ O ₅ (有效)	V ₂ O ₅	TiO ₂	MnO	fCaO
初期渣	18~30	9~34	27~31	4~5	1~2	5~8	6~11	5~10	1.3~3.5	2~4	2~3	
精炼渣	42~55	10~20	6~13	5~11	1.8~4.8	6~12	3~8		0.7~0.8		0.9~2	0.7~4
出钢渣	50~60	10~18	6~10	4~6	2~3	4~7	3~7		0.7~0.8		1~2	0~2

※ 即枸溶性 P_2O_5

2. 物理性能

(1) 外观

初期渣呈亮黑色，疏松多细孔，质脆，外形不规则多棱角。精炼渣呈棕褐色，致密质硬多呈圆形和球扇形。

(2) 水淬钢渣的粒度、含水率、容重、含钢量（见表 4）。

表 4

种 类	度 粒 (mm)	含 水 率 (%)	松 散 容 重 (kg/m ³)	含 钢 量 (%)
初 期 渣	0.25~3.0	2~6	1200~1400	5~12
精 炼 渣	0.5~8.0	2~5	1500~1700	4~6

平炉放渣时，有部分钢液随熔渣流出水淬成钢粒。钢粒的形状多呈圆球和空心圆球形，粒度为0.5~10mm，其化学成份（见表 5）。

表 5

名 称	化 学 成 份 (%)				
	C	P	S	Si	Mn
钢 粒	0.1~0.8	0.05~0.11	0.03~0.045	微 量	微 量

六、水淬钢渣的利用途径

马钢第一炼钢厂水淬钢渣综合利用主要有以下几方面：

(1) 钢渣水泥

精炼渣经干燥、磁选分离钢粒后，掺适量石膏可球磨成钢渣水泥。钢渣水泥标号为275~325号，已用于建筑厂房、宿舍、球场、水沟、晒谷场等。

(2) 钢渣砖

初期渣掺和一部份煤灰、电石渣、磷石膏等工业废料，经搅拌、轮碾、压制成型后，采用蒸汽养护成钢渣砖。钢渣砖强度在150号左右。马钢第一炼钢厂已用此砖建筑了一栋1920平方米机修车间厂房和一幢1600多平方米的四层单身宿舍以及其它一些生产、生活设施。

(3) 钢渣磷肥

马钢第一钢铁厂因生铁、铁水含磷量高，初期渣中的五氧化二磷含量高达5~10%，且几乎全部为枸溶性五氧化二磷，经干燥、磁选后球磨至80目即为钢渣磷肥。经委托中国科学院南京土壤研究所用马钢钢渣作磷肥作盆栽和田间试验，结果表明具有一定的肥效，不仅当

季作物表现出肥效，而且能使后茬作物增产。例如在白土上第二茬小麦增产192.4%，第二茬水稻增产达117.26%，是一种良好的复合矿质肥料。

(4) 从渣中提取五氧化二钒

马钢第一炼钢厂初期水淬渣含有1.3~3.5%的五氧化二钒，但含钒量比钒渣标准规定低70%，而CaO却是钒渣标准允许含量的20倍以上，一般认为平炉渣不能用于提钒。为使钒渣资源得到回收利用，马钢第一炼钢厂进行了从初期水渣中提取五氧化二钒试验探索从高氧化钙含量的平炉渣中提取五氧化二钒工艺，曾取得初步成果，五氧化二钒转化率达75%左右，成品中五氧化二钒含量达80%左右。

(5) 返回烧结矿

初期水淬渣中五氧化二钒含量比钒精矿高2.5~5倍，不需破碎加工可直接掺入烧结料中，生产含钒烧结矿，除能回收利用渣中钒和铁之外，还可改善烧结性能，提高烧结矿强度，有利于高炉生产。碱度较高的精炼渣返回烧结矿还可代替部分烧结熔剂。

(6) 钢粒回收

水淬钢渣中有大量的钢粒，初期渣含钢量5~12%，精炼渣含钢量4~6%，经磁选很易与渣分离而得到回收，钢粒可作炼钢原料或其它用途。

七、经济效果

钢渣水淬工艺实施后，据不完全统计，仅增加钢产量、节约能源、减少冶金石灰消耗、降低废渣费用、水淬渣销售等项，以1980年价格计算每年的经济效益为310.5201万元。此外，在改善钢质量，减少平炉白云石、镁砂消耗，简化运输，少占农田等方面也有明显的经济效益。

1. 可消除渣罐的干扰耽误，加速冶炼过程，每炉钢的熔炼时间至少可缩短三十分钟（见表6）。以1979年钢产量计算，一小时的钢产量可提高9.31%，全年增产的效益为116.7万元。

2. 减少了能源消耗，以年1979平均能耗计，每吨钢的重油消耗可降低7.53公斤，全年平均节约重油3319.55吨，价值20.3万元。

3. 降低造渣剂消耗，一般每炉钢可省石灰二吨，若以每炉钢少用一吨计算，则每吨钢的石灰消耗减少5.26公斤，年节约量为2369.13吨，价值82919.55元。

4. 变废渣为炼钢副产品。水淬后的钢渣已全部回收利用，年经济效益为147万元。

5. 减少渣罐消耗，简化运输，降低废渣费用以每吨钢0.4元计，全年可节省排渣费18万元。

6. 可使渣带出的金属通过磁选得到回收，每吨钢渣可回收钢粒4~12公斤。

7. 方便炼钢过程中除磷、硫操作，提高了脱磷、硫效果，可改善钢质量。

8. 可减少熔渣对炉衬的侵蚀，降低白云石和镁砂耐火材料消耗，对延长炼钢炉体使用寿命也有一定作用。

排渣方法对平炉冶炼时间的影响表

表 6

排 渣 方 法	统计炉数	冶炼过程中更换渣罐 平均耽误时间 (时:分)	每 炉 钢 的 平 均 冶 炼 时 间 (时:分)
未采用钢渣水淬	11	0:34	8:33
初期渣进行水淬	10	0:08	6:10
初期渣、炼精渣全部水淬	10	0	4:22

八、结 语

1. 马钢第一炼钢厂研制的钢渣水淬装置系国内首创。此项新技术的开发为我国炼钢炉排渣开辟了新途径, 尤其是为氧气炼钢炉的生产创造了有利条件。采用钢渣水淬技术放渣时可不受渣罐的限制, 能满足炼钢炉及时和大量放渣的需要, 可减少渣罐和简化运输, 对于缩短冶炼时间提高钢产量, 降低重油消耗, 去除钢中有害元素, 降低炼钢生产成本和延长炉体使用寿命及减轻现场清渣劳动强度等都有明显效果。

2. 马钢第一炼钢厂十六年来的钢渣水淬生产实践表明, 钢渣水淬粒化工艺是可行的, 已被国内一些平炉、转炉炼钢厂推广采用。

3. 熔渣出炉时会带出部份钢液, 这部份金属铁不易回收。采用钢渣水淬装置, 在钢渣粒化的同时这部份钢液也水淬成粒, 可采用磁选等方法进行分离回收。

4. 经钢渣水淬装置处理的钢渣, 粒度小, 便于加工有广阔的利用途径, 已成为马钢炼钢副产品。采用钢渣水淬装置为钢渣的综合利用创造了有利条件, 使钢渣少占农田, 对于环境保护和综合利用国家资源都很有益处。

马钢火法提钒与钢渣综合利用

李文翔

(马钢公司钢研所)

前言

马鞍山钢铁公司的含钒磁铁矿藏中,伴生的钒资源总量(按 V_2O_5 计)多达200万吨以上,因而,马钢是我国主要钒渣生产厂家之一,同时也是我国最早的钒渣生产厂家。

马钢主要是通过火法提钒工艺以钒渣形式回收含钒铁水中的钒资源。目前马钢年产钒渣一万吨,供应上海901厂生产钒片出口。另外马钢还每年生产80~100吨粉状高纯五氧化二钒($\geq 97\%$)供应南京化学工业公司生产优质钒催化剂。由于马钢钒渣中含铬量较攀钢和承钢钒渣为低,因此马钢钒渣是生产纯金属钒及钒催化剂的优质原料。

由于马钢含磁铁矿的特点是含钒低,含磷高(V 0.07~0.2%、 P 0.3~2%)。采用300 m^3 中型高炉冶炼,获得的可供吹钒的铁水特点,也是含钒低、含硅、含磷高(一般为 $[V]$ 0.20~0.31%、 $[P]$ 0.3~1.2%、 $[Si]$ 0.5~1.0%)因此马钢的含钒铁水原料条件远不如攀钢和承钢铁水。为适应这种较差的原料条件以生产合格的钒渣,马钢多年来在火法提钒的含钒铁水吹炼工艺技术及钢渣返回富集提钒工艺技术两方面进行了广泛的试验研究工作,现将两方面工作取得的进展介绍如下:

一、含钒铁水吹炼工艺技术的进展

在1958~1979年间,马钢在转炉提钒(包括侧吹空气转炉提钒工艺、氧气底吹提钒工艺、氧气顶吹转炉提钒工艺、卡尔多转炉提钒工艺)和连续提钒(包括槽式炉连续侧吹工艺、槽式转炉连续顶吹工艺)等方面进行了工业性试验研究。其中空气侧吹转炉提钒工艺槽式炉提钒工艺通过试正式投入了生产,氧气底吹转炉提钒工艺也作了系统研究。

(一) 侧吹转炉提钒工艺试验及生产

马钢从1958年开始试验空气倾吹转炉提钒工艺,1963年3.5吨空气倾吹转炉提钒车间投入生产。1965年正式连成8吨空气倾吹转炉提钒,炼钢车间,后来仅有一座吨倾吹转炉提钒,其余3座转炉改为顶吹氧气转炉。这样含钒铁水通过转炉双联工艺、既生产出了成品钢水也付产了钒渣,回收了钒资源。

8吨倾吹转炉炉型为涡鼓形,炉衬采用过焦油镁砂,焦油白云石,高铝砖。鼓入300~

500 毫米汞柱的低压空气。工艺控制主要是通过摇高炉角度控制吹炼深度，熔池温度靠加铁块冷却进行控制。

自侧吹转炉投产至目前，经历了三个时期铁水条件变化，其主要生产指标也有较大波动，情况如下：

1. 1963~1970年时期

这段时期烧结矿内配入承德部份钒精矿，由一铁厂9*高炉专门冶炼含钒铁水，由45吨混铁车送至二钢转炉车间，进行提钒炼钢。这段时期的提钒主要指标如表 1 所示：

表 1

铁 水 成 份 (%)				钒渣成份 (%)					钒回收率 (%)
V	Si	S	P	V ₂ O ₅	SiO ₂	MFe	P	CaO	
0.345	0.54	0.045	0.3	11.13	20.1	10	≤1.0	≤1.5	59.9
~0.35	~0.64	~0.05	~1.0%	~12.13	~34.4	~19.8			~92.57

钒渣属三级到四级品，按当时价格属盈利产品，主要供应锦州、合金厂。

1971~1982年时期

这段时期停止配加承德钒精矿，全部用马钢含钒烧结矿在二铁厂冶炼含钒铁水，由45吨混铁车送二钢转炉车间提。钒炼钢如其指标表 2 所示。

表 2

铁 水 成 份 (%)				多钒渣成份 (%)					钒回收率 (%)
V	Si	S	P	V ₂ O ₅	SiO	CaO	P	MFe	
0.23	0.6	0.04	0.3	7.12	45.76	6.11	0.17	26.79	50~68
~0.32	~1.0	~0.049	~0.8	~22.6	~36.2	~1.6	~0.28	~16.5	

钒渣质量属三类品或等外品，按二钢成本核算本期产品属亏本产品。这段时期钒渣供应锦州，上海901、南京铁合金厂等。

3. 1983年~目前

1982年马钢在三铁二钢系统试验成功高配比钢渣返回富集提钒工艺，用高钒、高磷铁块代替原来普钒铁块作侧吹转炉钒冷却剂。由于摸索出最佳高钒高磷铁块的加入量约占总装入量的14%左右，从而使铁水的钒、硅、磷含量都达到最佳值。自1983年投入正式生产以来即取得良好经济效益，1984年侧吹转炉提钒的各项技术经济指标创建开炉以来最佳历史水平。现将各项指标分述如下：

(1) 高钒铁块及普钒铁水成份见表3