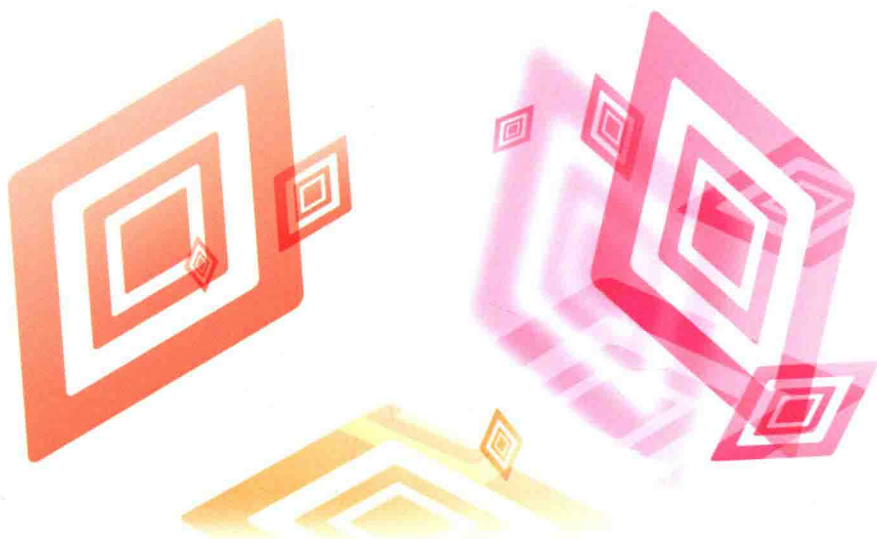




高职高专“十二五”规划教材

国家骨干高职院校建设“冶金技术”项目成果



转炉炼钢生产仿真实训

ZHUANLU LIANGANG SHENGCHAN FANGZHEN SHIXUN

主 编 陈 炜 冯 捷 王 强

副主编 刘吉涛 张 昭



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press

高职高专“十二五”规划教材

国家骨干高职院校建设“冶金技术”项目成果

转炉炼钢生产仿真实训

主 编 陈 炜 冯 捷 王 强

副主编 刘吉涛 张 昭

北 京

冶 金 工 业 出 版 社

2013

内 容 提 要

“转炉炼钢生产仿真实训”是冶金技术专业重要的必修专业课程。本书内容分为5个学习情境，分别是物料的识别及选用、转炉炼钢计算机仿真系统操作介绍、典型钢种45号、Q235、SPHC钢的计算机仿真操作，既包含了转炉炼钢基本操作的介绍，又涵盖了目前冶金行业典型钢种的仿真生产操作，注重提升学生的动手实操能力和沟通协调能力，为冶金专业顶岗实习和就业打下坚实的基础。

本书为高职高专院校冶金专业教材，亦可作为钢铁企业工人技术培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

转炉炼钢生产仿真实训 / 陈炜, 冯捷, 王强主编. —
北京: 冶金工业出版社, 2013. 12

高职高专“十二五”规划教材 国家骨干高职院校建设
“冶金技术”项目成果

ISBN 978-7-5024-6561-2

I. ①转… II. ①陈… ②冯… ③王… III. ①转炉
炼钢—计算机仿真—应用软件—高等职业教育—教材
IV. ①TF71—39

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第030431号

出 版 人 谭学余

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷39号, 邮编100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 yjcb@cnmip.com.cn

责任编辑 宋良 美术编辑 杨帆 版式设计 葛新霞

责任校对 李娜 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-6561-2

冶金工业出版社出版发行; 各地新华书店经销; 北京百善印刷厂印刷

2013年12月第1版, 2013年12月第1次印刷

787mm×1092mm 1/16; 9.75印张; 237千字; 142页

21.00元

冶金工业出版社投稿电话: (010)64027932 投稿信箱: tougao@cnmip.com.cn

冶金工业出版社发行部 电话: (010)64044283 传真: (010)64027893

冶金书店 地址: 北京东四西大街46号(100010) 电话: (010)65289081(兼传真)

(本书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)

内蒙古机电职业技术学院
国家骨干高职院校建设“冶金技术”项目成果
教材编辑委员会

- 主任** 白培珠 内蒙古自治区经济和信息化委员会 副主任
内蒙古机电职业技术学院校企合作发展理事会 理事长
张美清 内蒙古机电职业技术学院 院长
内蒙古机电职业技术学院校企合作发展理事会 常务副理事长
- 副主任** 任玉祥 内蒙古自治区经济和信息化委员会原材料工业处 处长
校企合作发展理事会冶金分会 理事长
王文儒 内蒙古大唐国际再生资源开发有限公司 常务副总经理
孙振斌 内蒙古大唐国际再生资源开发有限公司 副总经理
侯永旺 鄂尔多斯电力冶金股份有限公司 党委书记 副总经理
贾振国 包头钢铁集团公司 纪委书记
修世敏 内蒙古霍林河煤业集团有限责任公司 副总经理
孙喜平 内蒙古机电职业技术学院 副院长
内蒙古机电职业技术学院校企合作发展理事会 秘书长
- 委员** 邓忠贵 戴英飞 周立平 内蒙古大唐国际再生资源开发有限公司
闫学良 吴彦宁 大唐内蒙古鄂尔多斯铝硅科技有限公司
夏长林 于鹏 包头钢铁集团稀土高科股份有限公司
赵占峰 张俊龙 包头钢铁集团华美稀土高科有限公司
贾佼成 鲍永强 中铝集团包头铝业集团公司
马海疆 高琪 鄂尔多斯集团化工集团公司
刘国征 武斌 包钢稀土研究院
史晓光 张敬 内蒙古方圆科技有限公司
曹新胜 张建军 内蒙古光泰铝业有限公司
陈强 董拥军 包头亚新隆顺特钢有限公司
石富 刘敏丽 张秀玲 内蒙古机电职业技术学院
- 秘书** 王优 (010-64046165, wangy82@aliyun.com) 冶金工业出版社

序

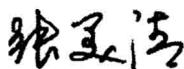
2010年11月30日我院被国家教育部、财政部确定为“国家示范性高等职业院校”骨干高职院校立项建设单位。在骨干院校建设工作中，学院以校企合作体制机制创新为突破口，建立与市场需求联动的专业优化调整机制，形成了适应自治区能源、冶金产业结构升级需要的专业结构体系，构建了以职业素质和职业能力培养为核心的课程体系，校企合作完成专业核心课程的开发和建设任务。

学院冶金技术专业是骨干院校建设项目之一，是中央财政支持的重点建设专业。学院与内蒙古大唐国际再生资源开发有限公司共建“高铝资源学院”，合作培养利用高铝粉煤灰的“铝冶金及加工”方向的高素质高级技能型专门人才；同时逐步形成了“校企共育，分向培养”的人才培养模式，带动了钢铁冶金、稀土冶金、材料成型等专业及其方向的建设。

冶金工业出版社集中出版的这套教材，是国家骨干高职院校建设“冶金技术”项目的成果之一。书目包括校企共同开发的“铝冶金及加工”方向的核心课程和改革课程，以及各专业方向的部分核心课程的工学结合教材。在教材编写过程中，面向职业岗位群任职要求，参照国家职业标准，引入相关企业生产案例，校企人员共同合作完成了课程开发和教材编写任务。我们希望这套教材的出版发行，对探索我国冶金职业教育改革的成功之路，对冶金行业高技能人才的培养，能够起到积极的推动作用。

这套教材的出版得到了国家骨干高职院校建设项目经费的资助，在此我们对教育部、财政部和内蒙古自治区教育厅、财政厅给予的资助和支持，对校企双方参与课程开发和教材编写的所有人员表示衷心的感谢！

内蒙古机电职业技术学院 院长



2013年10月

前 言



为了适应高等职业教育发展的需要,按照教育部高职高专人才培养目标、规格、知识结构、能力结构和素质要求,根据高职高专冶金技术专业的教学要求和专业特点,在总结近年来教学和实训工作经验,并征求相关企业工程技术人员意见和所使用的仿真实训软件特点的基础上,我们编写了本书。在编写过程中,吸收了国内外有关先进的技术成果和生产经验,充实了必要的理论基础知识和基本仿真操作技能;叙述由浅入深,理论与实践紧密结合,内容充实,实用性强。

本书从转炉炼钢所用原材料展开任务教学,然后按照任务驱动的教学模式分别对目前企业生产的典型钢种进行仿真操作实践,通过仿真操作,将炼钢原理、工艺、设备和具体操作融为一体,符合现代职业教育规律,便于学生对转炉炼钢生产知识和操作技能的掌握。

本书由内蒙古机电职业技术学院陈炜、河北科技大学冯捷、内蒙古机电职业技术学院王强主编,内蒙古包钢还原铁有限责任公司刘吉涛、包钢集团薄板坯连铸连轧厂张昭副主编,内蒙古科技大学王瑞芬、张利文、张国芳,安徽工业大学张立强,包头钢铁集团转炉生产部刘志鹏共同编写。其中,任务1由陈炜编写,任务2由冯捷和张立强编写,任务3由王强编写,任务4由刘吉涛编写,任务5由张昭编写,任务6~7由王瑞芬、张利文、张国芳编写,任务8由刘志鹏编写。编写中参阅了炼钢实训方面的相关文献,在此向有关作者、出版社表示衷心感谢。

由于时间仓促和编写水平有限,书中不足之处,欢迎读者批评指正。

编 者
2013年10月

目 录

学习情境 1 材料的识别及选用	1
任务 1 废钢、铁水及生铁	1
1.1 废钢、铁水及生铁的识别和选用	1
1.2 废钢铁中密封容器和有害元素的识别	7
任务 2 常用氧化剂、铁合金及渣料的识别及选用	9
2.1 脱氧剂的识别和选用	10
2.2 常用铁合金的识别	12
2.3 常用铁合金的选用	13
2.4 造渣材料的识别和选用	14
2.5 增碳剂的识别	21
2.6 增碳剂的选用	22
2.7 常用脱硫剂的选用	23
学习情境 2 转炉炼钢计算机仿真系统及基本操作	30
任务 3 转炉炼钢计算机仿真概况	30
3.1 转炉冶炼计算机仿真的技术背景	30
3.2 转炉冶炼仿真冶炼网络资源	33
任务 4 转炉炼钢计算机仿真系统界面及基本操作介绍	34
4.1 转炉总览界面	34
4.2 汽化总览界面	35
4.3 汽化冷却控制界面	36
4.4 仪表总览界面	36
4.5 设备冷却水界面	37
4.6 溅渣护炉界面	37
4.7 氩气底吹界面	39
4.8 氧气顶吹界面	40
4.9 倾动控制界面	41
4.10 氧枪控制界面	42
4.11 辅机控制界面	43
4.12 钢包车控制界面	44
4.13 投料总览界面	44
4.14 辅原料投料界面	46
4.15 钢包合金投料界面	47
4.16 炉后合金投料界面	48

学习情境 3 典型钢种的计算机仿真操作 I	50
任务 5 冶炼 45 号钢的计算机仿真操作	50
5.1 操作用具的准备	50
5.2 铁水预处理操作	52
5.3 开新炉前的准备工作	65
5.4 停炉操作	67
5.5 补炉操作	67
5.6 转炉溅渣护炉	71
学习情境 4 典型钢种的计算机仿真操作 II	77
任务 6 冶炼 Q235 的计算机仿真操作	77
6.1 氧化期的火焰特征及操作步骤	77
6.2 炉渣返干的火焰特征	79
6.3 喷溅的火焰特征	81
6.4 冶炼判断	84
学习情境 5 典型钢种的计算机仿真操作 III	91
任务 7 SPHC 钢种的计算机仿真操作	91
7.1 脱磷操作	91
7.2 大型转炉的脱硫	94
7.3 转炉冶炼终点的控制	97
7.4 沉淀脱氧	100
7.5 摇炉倒渣	103
7.6 挡渣球挡渣出钢	106
学习情境 6 异常工况处置和安全生产	110
任务 8 异常工况处置和安全生产	110
8.1 加料口堵塞	110
8.2 氧枪及设备漏水	111
8.3 氧枪粘钢	113
8.4 大喷溅	115
8.5 出钢口堵塞	119
8.6 穿炉事故	120
8.7 转炉设备常见事故及排除方法	122
8.8 磷高的处理	123
8.9 硫高的处理	125
附录 炼钢车间安全操作规程	128

学习情境1 物料的识别及选用

任务1 废钢、铁水及生铁

【任务描述】

通过转炉冶炼原料样本的观察和比较,学会对废钢、铁水及生铁进行识别和选用。能够识别各种废钢铁,并根据所炼钢种的不同选用钢铁原材料。

【任务分析】

技能目标:

- (1) 据所炼钢种的要求选用不同的钢铁料;
- (2) 据所炼钢种的要求选用合适的铁水原料。

知识目标:

废钢铁中密封容器和有害元素的识别。

【知识准备】

1.1 废钢、铁水及生铁的识别和选用

1.1.1 操作步骤或技能实施

1.1.1.1 识别

A 废钢与生铁的识别

钢是碳含量低于1.70%的一种铁碳合金,炼钢生产中所炼钢种碳含量大多在1.00%以下。钢的特点是强度高、塑性好,可以锻、轧成各种所需要的形状,并且能随成分、压力加工和热处理方法的不同获得不同的性能。

所谓废钢,是指已不能正常应用的钢材余料;锈蚀或报废的机器部件;零件加工时的碎屑,如车屑、刨屑或磨屑等。钢厂的废品及返回料等,一般以锭、坯、棒、管、板、管、带、丝、压块、铸件、轧辊等形态出现。合金废钢可以采用手提光谱仪、砂轮研磨来鉴别钢种,必要时也可以作化学分析来鉴别。表1-1所示为某厂废钢分类及规格。

生铁以铁块、铁水、铸件、轧辊等形态出现。生铁是碳含量 $w(C) > 2.0\%$ 的另一种铁碳合金,炼钢生产中所用的生铁,其碳含量 $w(C)$ 在3.5%~4.4%之间。它的特点是无塑性,很脆,不能进行压力加工变形,熔点较低,液态时的流动性比钢好,易铸成各种铸件。

固态生铁标为铁块,表面大多有凹槽及肉眼可见砂眼。铁块有两大品种:一是灰口

铁，也称灰铸铁，因其断面呈暗灰色而得名，其硅含量较高，液态时流动性好，常用于生产铸件；二是白口铁，因其断面呈亮白色而得名，其硅含量较低，一般作为炼钢用生铁。表1-2为某厂炼钢用生铁块技术条件。

表1-1 废钢分类及规格

类别	各种废钢典型举例	块度/mm	单重/kg
重型废钢	中包大块、铸坯及其切头、切尾、重型机械零件及重铸造钢件	<400×500×800	<500
中型废钢	钢材及其切头、切边、机械零件及铸钢件、工业设备废钢等	<300×400×800	<300
小型废钢	钢材切头、机械零件、铸件工具、农具等		
轻薄废钢	钢带及切头、薄板及切边钢丝盘条、钢屑等	<8	
渣钢	包底钢、跑钢、渣钢(含钢78%)		

表1-2 炼钢用生铁块技术条件

铁号	铁种		炼钢用生铁		
	牌号	代号	炼04	炼08	炼10
化学成分 w/%	C		≥3.50		
	Si		<0.45	0.45~0.85	0.85~1.25
	Mn	一组	≤0.30		
		二组	0.30~0.50		
		三组	大于0.50		
	P	一级	<0.15		
		二级	0.15~0.25		
		三级	0.25~0.40		
	S	特类	≤0.02		
		一类	0.02~0.03		
		二类	0.03~0.05		
		三类	0.05~0.07		

注：优质钢种用铁块为L04或L08；P—级；S—类或特类。

液态生铁称为铁水，分为化铁炉铁水和高炉铁水两大类。二者相比，高炉铁水中的硫、磷含量一般较低，而碳、硅含量较高，铁水兑入转炉时会飞扬起一层飞灰，其中还可能夹带有闪亮的细片。表1-3为某厂铁水技术条件。化铁炉铁水是浪费能源、破坏地球环境的工艺，必须淘汰。

表1-3 某厂炼钢用铁水技术条件

(%)

项目	Si	Mn	P	S
成分	0.45~0.85	≤0.6	≤0.15	≤0.05
前后波动量	±0.15	±0.05	±0.03	
温度/℃	≤1250			

注：优质钢种对铁水的要求见该钢种操作要点。

B 废钢来源

废钢来源主要有两方面。一是社会废钢：社会上的工业废钢（如旧机器及部件，废轧辊，废铸件，车刨屑等）和生产废钢（如废旧铁门窗，铁锅及家用工具等），经回收分类后可以作为炼钢生产的金属料，使这些废钢得到再生。二是钢厂自己的返回料（其中有的是合金返回料）：一般是指开坯、成品车间的切头、切尾、冷条、报废的坯料及钢材等，炼钢车间的注余钢水、包底残钢、汤道以及报废的钢锭等。合金返回钢返炼后可以回收其中的合金元素，节省自然资源。

1.1.1.2 根据所炼钢种的要求选用不同的钢铁料（转炉炼钢）

(1) 所炼钢种对硫、磷有较高要求的，宜选用含硫、磷低等级的铁块或铁水。

(2) 所炼钢种对夹杂物有严格要求的，应选用纯净的（一级或二级）废钢。

(3) 对钢种硫磷含量要求特别严格的应对所用铁水进行预处理，预先将铁水中的硫、磷含量脱到很低水平后再进行炼钢。

1.1.2 注意事项

(1) 废钢（特别是合金废钢）应分类堆放，标明钢种及成分。

(2) 要根据炼钢要求，配料时应合理搭配使用各种废钢铁。

(3) 必须根据钢种要求正确选用合金返回料。

(4) 废钢中不得混有砖块、泥沙、油、回丝等杂物，也不得混有有色金属、封闭物等，否则会增加冶炼难度、降低钢质、成分出格报废，甚至发生爆炸等恶性事故。

1.1.3 知识点

1.1.3.1 金属料的分类

熔炼用废钢的分类见表1-4。

表1-4 熔炼用废钢分类（GB 4223—2004）

型号	类别	代码	外形尺寸及重量要求	供应形状	典型举例
重型废钢	1类	201 A	≤1000mm×400mm，厚度≥40mm， 单重：40~1500kg，圆柱实心体直径 ≥80mm	块、条、 板、型	报废的钢锭、钢坯、初轧坯、切头、切尾、铸钢件、钢轧辊、重型机械零件、切割结构件等
	2类	201 B	≤1000mm×500mm，厚度≥25mm， 单重：20~1500kg，圆柱实心体直径 ≥50mm	块、条、 板、型	报废的钢锭、钢坯、初轧坯、切头、切尾、铸钢件、钢轧辊、重型机械零件、切割结构件、车轴、废旧工业设备等
	3类	201 C	≤1500mm×800mm，厚度≥15mm， 单重：5~1500kg，圆柱实心体直径 ≥30mm	块、条、 板、型	报废的钢锭、钢坯、初轧坯、切头、切尾、铸钢件、钢轧辊、火车轴、钢轨、管材、重型机械零件、切割结构件、车轴、废旧工业设备等
中型废钢	1类	202 A	≤1000mm×500mm，厚度≥10mm， 单重：3~1000kg，圆柱实心体直径 ≥20mm	块、条、 板、型	轧废的钢坯及钢材、车船板、机械废钢件、机械零部件、切割结构件、火车轴、钢轨、管材、废旧工业设备等

续表 1-4

型号	类别	代码	外形尺寸及重量要求	供应形状	典型举例
中型废钢	2类	202 B	≤1500mm × 700mm, 厚度 ≥ 6mm, 单重: 2 ~ 1200kg, 圆柱实心体直径 ≥ 12mm	块、条、板、型	轧废的钢坯及钢材、车船板、机械废钢件、机械零部件、切割结构件、火车轴、钢轨、管材、废旧工业设备等
小型废钢	1类	203 A	≤1000mm × 500mm, 厚度 ≥ 4mm, 单重: 0.5 ~ 1000kg, 圆柱实心体直径 ≥ 8mm	块、条、板、型	机械废钢件、机械零部件、车船板、管材、废旧设备等
	2类	203 B	I级: 密度 ≥ 1100kg/m ³ II级: 密度 ≥ 800kg/m ³	破碎料	汽车破碎料等
统料型废钢		204	≤1000mm × 800mm, 厚度 ≥ 2mm, 单重: ≤ 800kg, 圆柱实心体直径 ≥ 4mm	块、条、板、型	机械废钢件、机械零部件、车船板、废旧设备、管材、钢带、边角余料等
轻料型废钢	1类	205 A	≤1000mm × 1000mm, 厚度 ≤ 2mm, 单重: ≤ 100kg	块、条、板、型	各种机械废钢及混合废钢、管材、薄板、钢丝、边角余料、生产和生活废钢等
	2类	205 B	≤800mm × 600mm × 500mm, I级: 密度 ≥ 2500kg/m ³ , II级: 密度 ≥ 1800kg/m ³ , III级: 密度 ≥ 1200kg/m ³	打包件	各种机械废钢及混合废钢、薄板、边角余料、钢丝、钢屑、生产和生活废钢等

1.1.3.2 铁水质量对冶炼的影响

这里讲的所谓铁水质量主要是指铁水的成分和入炉温度。

A 铁水温度的影响

转炉炼钢所需的热量主要来自两方面: 一来自于铁水本身温度所具有的物理热, 二来自于铁水中元素在氧化过程中放出的化学热。表 1-5 为根据某 150t 顶底复吹转炉某炉次测定的数据 (括号内为测定值, 括号前为换算成 kJ 的值) 编制的热平衡表。

表 1-5 热平衡表

热收入			热支出		
项目	热量/kJ (kcal)	占比/%	项目	热量/kJ (kcal)	占比/%
铁水物理热	108459 (25900)	51.47	铁水物理热	132747 (31700)	63.00
各元素的氧化热	94049 (22459)	44.63	炉渣物理热	33082 (7900)	15.70
其中: C	55821 (13330)	26.49	矿石分解热	12563 (3000)	5.95
Si	25042 (5980)	11.88	炉气物理热	16667 (3980)	7.90
Mn	1118 (267)	0.53	烟尘带走热	1893 (452)	0.92
P	3915 (935)	1.86	铁珠及喷溅	3220 (769)	1.53
Fe	8153 (1947)	3.87	带走热	10549 (2519)	5.00
烟尘氧化热	4250 (1015)	2.02	其他热损失		
SiO ₂ 成渣热	3957 (945)	1.88			
共 计	210720 (50320)	100.00	共 计	210720 (50320)	100.00

从表1-5中可知,铁水温度带进去的物理热占整个热收入的51.47%,是转炉炼钢的主要热源之一。可见铁水温度对冶炼过程的温度控制有着重要作用。

B 铁水成分的影响

a 铁水成分对冶炼温度的影响

从表1-5中数据可知,铁水中元素氧化后所释放出来的化学热占整个热收入的44.63%,是非常重要的热量来源。可见铁水的成分对冶炼过程的温度控制有着重要作用。

b 铁水成分对冶炼的影响

(1) 铁水中磷、硫含量的影响。一般情况下,如果铁水中磷、硫含量高,在正常的渣量、碱度、流动性和氧化性的情况下(即去磷、去硫效果相同的情况下)得到的钢水中的磷、硫含量亦为较高,势必会降低钢的质量。但当发现铁水中磷、硫含量较高时,可以采用增加渣料用量、增加换渣次数的办法来强化脱磷、硫的效果(或者先进行铁水预处理,先将铁水中的磷、硫量降下来),使钢水中的磷、硫含量降到符合所炼钢种要求的范围,所以当铁水中磷、硫含量较高时经过工艺操作最后不会使钢水中磷、硫含量偏高,但必定会增加冶炼的负担和难度,增加冶炼时间和冶炼成本。

(2) 铁水中硅、锰对冶炼的影响。铁水中硅、锰的氧化会增加冶炼中的热收入,从表1-5中数据可知,特别是硅,其氧化热占热收入的11.88%,这对提高熔池温度有利。锰的氧化物 MnO 是碱性氧化物,其生成既增加了渣量又减轻了炉渣的酸性,并有利于化渣。但硅的氧化物 SiO_2 是强酸性物质,它的存在会增加对炉衬的侵蚀程度,降低碱度。为减轻其影响,在工艺上要加石灰(也增加了热量消耗),增加了造渣操作难度。

C 废钢质量对冶炼的影响

a 废钢成分对冶炼的影响

废钢成分对冶炼的影响同铁水成分对冶炼的影响。

b 废钢外观质量的影响

废钢外观质量要求洁净,即要求少泥沙、垃圾和无油污,不得混入橡胶等杂物,否则会使熔池内 SiO_2 、 Al_2O_3 、 $[H]$ 、 $[P]$ 、 $[S]$ 等杂质增加,其结果将增加冶炼的难度,增加熔剂等消耗,降低钢的质量。

另外严禁混入密封容器,因为它受热膨胀容易造成爆炸恶性事故。

炉料还要求少锈蚀。锈的化学成分是 $Fe(OH)_2$ 或 $Fe_2O_3 \cdot H_2O$,在高温下会分解而使 $[H]$ 增加,在钢中产生白点,会降低钢的力学性能(特别是塑性严重恶化)。锈蚀严重时会使金属料失重过甚,不仅使钢的收得率降低,而且还会因钢水量波动太大而导致钢水中化学成分出格。

c 废钢块度对冶炼的影响

入炉废钢的块度要适宜。对转炉来讲,一般以小于炉口直径的 $1/2$ 为好,单重也不能太大。如果废钢太重太大,可能会导致入炉困难,入炉后由于对炉衬的冲击力太大而影响炉衬的寿命,个别大块废钢入炉后甚至到冶炼终点时还不能全部熔化,出钢后会造出钢水温度或成分出格。废钢太轻太小也不好,其体积必然增大,入炉后会在炉内堆积,可能会造成送氧点火的困难。所以炼钢厂根据炉子容量大小对废钢块度和单重都有具体规定(见表1-4)。

例如,某厂30t转炉规定入炉废钢的最大边长不大于500mm,最大面积不大于 $0.27m^2$,

最大单重不大于 300kg；调温用废钢最大边长不大于 400mm，最大单重不大于 250kg。

D 废钢的冷却效应

a 废钢的冷却效应定义

废钢在转炉冶炼过程中既是金属料，又是冷却剂，所以必须掌握废钢的冷却效应的概念：在一定条件下加入 1kg 废钢所消耗的热量称为该冷却剂的冷却效应。

b 废钢冷却效应的计算

$$Q_{\text{废}} = Mc_{\text{废}}(t_{\text{废}} - t_{\text{常}}) + M\lambda + Mc_{\text{液}}(t_{\text{出}} - t_{\text{废}}) \quad (1-1)$$

式中 $Q_{\text{废}}$ ——加入 1kg 常温废钢，加热到出钢温度的吸热（冷却效应），kJ；

M ——废钢加入量，取 1kg；

$c_{\text{废}}$ ——废钢从常温（25℃）到液态的平均热容，取 0.700kJ/(kg·℃)；

$t_{\text{废}}$ ——废钢的平均熔化温度，取 1500℃；

$t_{\text{常}}$ ——常温，取 25℃；

λ ——废钢的熔化热，取 272kJ/kg；

$c_{\text{液}}$ ——液体金属（钢水）的热容，取 0.837kJ/(kg·℃)；

$t_{\text{出}}$ ——钢种的出钢温度，设定取 1670℃。

以上数据代入式（1-1）后，得：

$$\begin{aligned} Q_{\text{废}} &= 1 \times 0.700 \times (1500 - 25) + 1 \times 272 + 1 \times 0.837 \times (1670 - 1500) \\ &= 1446.8 \text{kJ/kg} \end{aligned}$$

【任务实施】

(1) 实施地点：转炉冶炼仿真实训室

(2) 实训所需器材

- 1) 废钢样本 1~5 号；
- 2) 密封容器样本 1~5 号；
- 3) 含有有害元素的废钢样本 1~4 号；
- 4) 铁水温度照片 1~3 号。

(3) 实施内容与步骤

- 1) 学生分组：4 人左右一组，指定组长。工作自始至终各组人员应尽量固定。
- 2) 教师布置工作任务：学生了解工作内容，明确工作目标，制订实施方案。
- 3) 教师通过实物、图片或多媒体分析演示让学生观察各种样本外观和内部结构。将样本的特征填写到表 1-6 中。

表 1-6 废钢样本

类别	代号	各类废钢典型举例	供应状态	单重/kg	外形尺寸/mm
废钢样本	1				
	2				
	3				
	4				
	5				

续表 1-6

类别	代号	各类废钢典型举例	供应状态	单重/kg	外形尺寸/mm
密封容器样本	1				
	2				
	3				
	4				
	5				
含有有害元素的废钢样本	1				
	2				
	3				
	4				

【知识拓展】

1.2 废钢铁中密封容器和有害元素的识别

目的与目标:

挑出混入废钢铁中的有害杂质, 保证废钢铁的入炉质量及安全生产。

1.2.1 操作步骤或技能实施

(1) 借助火花鉴别等方法检查废钢中是否混入有色金属(铜、锡、铅、锌等)。

(2) 在废钢堆场, 在废钢整理或废钢入炉前凭借肉眼和手感仔细观察和检查并挑出有害杂质。

(3) 检查混入废钢铁中的铜。铜(Cu), 金黄色金属, 富有延展性, 熔点 1080℃。氧化后生成碱式碳酸铜, 呈绿色(俗称铜绿)。具有良好的导热、导电性, 常用以制作电器开关、触头、电线、马达线圈等。铜主要以这些制品形态混入废钢铁中, 所以在检查中要严加注意, 全部挑出。

(4) 检查混入废钢铁中的锡。锡(Sn), 熔点 232℃, 密度 7.28g/cm³。锡有白锡、脆锡、灰锡 3 种同素异形体。常见的是白锡, 呈银白色, 富有展性。镀锡钢皮常称为马口铁, 是废钢铁中最常见的, 所以在检查中要挑出马口铁, 防止将锡带入炉料中。

(5) 检查混入废钢铁中的铅。铅(Pb), 密度为 11.34g/cm³, 熔点 327℃, 呈银白色(带点灰色), 延性弱, 展性强, 它经常混入社会废钢中, 必须仔细检查后挑出。

(6) 检查混入废钢铁中的密封容器爆炸物及放射性物质。密封容器和爆炸物进入炉内, 由于受热后发生爆炉, 是安全生产的隐患, 必须仔细地废钢铁中挑出来。检查和挑出密封容器和爆炸物后要及时进行处理, 防止未经处理的危险物品再次混入废钢铁中。

偶尔会由于不能容忍的疏忽或犯罪, 致使强放射源(如¹³⁵Cs, ⁶⁰Co)混入废钢, 对此要十分注意。发现密封铅容器或其他可疑金属物而又不能准确判断, 应及时报告有关部门作放射性检查。不可轻易触摸, 更不可入炉熔炼导致放射污染扩散。

1.2.2 注意事项

(1) 要认真、仔细地进行检查。上述提到的任何有害杂质混入废钢铁中进入炉内, 都会对冶炼及钢质量造成不良后果: 铅易沉积到炉底缝隙中, 从而造成穿炉漏钢事故; 铜、锡会造成钢的热脆; 锌易挥发, 且在炉气中被氧化成氧化锌; 密封容器及爆炸物加入炉内都可能引发爆炸恶性事件, 对人身及设备安全形成重大隐患, 后果不堪设想。

(2) 对于一时难以确认的有色金属可以先行挑出, 待确认后进行处理。

(3) 对挑出的密封容器及爆炸物要及时进行慎重处理(确保处理安全), 不可挑出后再乱丢乱放, 以免重新混入。

1.2.3 知识点

(1) 铜。钢中铜含量超过0.3%以后, 在晶界上会有低熔点共晶体出现, 在热加工时造成沿晶界开裂, 严重损害产品质量; 同时使钢的切削加工性(表面粗糙度)变坏。所以碳素钢对[Cu]含量有一定限制。铜有时亦作为合金元素加入钢中, 这是考虑到铜固溶铁素体中能增加碳钢对大气的抗腐蚀能力, 用于冶炼耐大气腐蚀钢。

(2) 锡。锡存在于钢中, 会使钢产生热脆现象, 并降低成品钢材的力学性能, 因此它作为钢内的有害元素要从废钢中挑出。

(3) 铅。铅的密度高, 熔点低, 不溶于钢水, 在冶炼时会沉到炉底钻入缝隙之中, 造成炉底漏钢事故。同时, 在冶炼的高温下, 铅还会蒸发, 对大气造成污染, 有害于人体健康。

(4) 爆炸物。混入废钢铁中的爆炸物主要有两类: 一类是军用物资, 例如废旧炮弹, 如未经处理加入到炉内, 极易引起爆炸; 另一类是密封容器, 此类容器进入炉内, 容器中的气体在炉内高温下受热膨胀到一定程度而达到能冲破外壳时即会发生爆炸。一旦发生爆炸, 可能炸毁炉子及设备, 造成操作人员伤亡, 所以在检查时一定要认真、仔细, 处理时一定要慎重。

思考题 1-2

- (1) 如何检查和识别混入废钢铁中的有害杂质?
- (2) 有害杂质对冶炼及钢质有什么危害?

【学习小结】

- (1) 所炼钢种对硫、磷有较高要求的, 宜选用含硫、磷低等级的铁块或铁水。
- (2) 所炼钢种对夹杂物有严格要求的, 应选用纯净的(一级或二级)废钢。
- (3) 对钢种硫磷含量要求特别严格的, 应对所用铁水进行预处理, 预先将铁水中的硫、磷含量脱到很低水平后再进行冶炼。

【自我评估】

- (1) 钢与铁有何区别?
- (2) 铁水质量对冶炼有何影响?

(3) 废钢质量对冶炼有何影响?

(4) 何谓冷却效应?

【评价标准】

按表 1-7 进行评价。

表 1-7 评价标准

考核内容	内容	配分	考核要求	计分标准	组号	扣/得分
项目实训态度	1. 实训的积极性; 2. 安全操作规程遵守情况; 3. 遵守纪律情况	40	积极参加实训, 遵守安全操作规程, 有良好的职业道德和敬业精神	违反操作规程扣 20 分; 不遵守劳动纪律扣 20 分	1	
					2	
					3	
					4	
					5	
废钢样本外观及特点	1. 从外观判别废钢元素组成; 2. 叙述废钢原料使用注意事项	30	能根据样本外观对废钢、铁水进行冶炼选用	从外观判别废钢元素组成 20 分; 叙述废钢原料使用注意事项 10 分	1	
					2	
					3	
					4	
					5	
铁水凝固样本, 冶炼生产时外观及特点	1. 从外观判别铁水含碳量高低; 2. 叙述铁水原料使用注意事项	30	能根据样本外观对废钢、铁水进行冶炼选用	从外观判别废钢元素组成 20 分; 叙述废钢原料使用注意事项 10 分	1	
					2	
					3	
					4	
					5	
合计		100				

任务2 常用氧化剂、铁合金及渣料的识别及选用

【任务描述】

通过转炉冶炼常用氧化剂、铁合金及渣料的观察和比较, 能识别各种脱氧剂, 并能根据冶炼钢种的不同正确选用。

【任务分析】

技能目标:

- (1) 据所炼钢种的要求选用不同的氧化剂;
- (2) 据所炼钢种的要求选用合适的铁合金;
- (3) 据所炼钢种的要求选用不同的渣料。

知识目标:

各种脱氧剂、铁合金和渣料的识别。