

閃速煉銅

SHAN SU LIAN TONG

(总第34、35期)

第七届国际闪速熔炼会议论文集

1993.10.25~28 汉 城

'94/2-3

江 西 贵 溪 冶 炼 厂
铜 业 公 司



閃速煉銅

SHAN SU LIAN TONG

(总第34、35期)

第七届国际閃速熔炼会议论文集

1993.10.25~28 汉城

'94/2-3

江西贵溪冶炼厂
铜业公司



贵溪炼铜

1994年第2,3期(总第34、35期)

• 内部资料 注意保存 •

编辑出版 贵溪冶炼厂档案科情报组

(地址: 江西省贵溪县)

印 刷 江西省地质测绘印刷厂

出版日期 一九九四年九月

30元

闪速炼铜

贵溪冶炼厂档案科情报组编

江西地矿局测绘印刷厂印

一九九四年第二、三期（总第34、35期）

一九九四年九月出版

目 录

住友东予冶炼厂闪速熔炼炉的新发展·····	李贻煌译（1）
佐贺关冶炼厂闪速炉有效的作业改善·····	黄明金译（7）
小坂冶炼厂近十年的进步和改造·····	黄明金译（14）
肯尼可特·犹他铜冶炼厂和电解厂的现代化·····	徐洪保译（20）
炉渣化学与闪速炉生产·····	陈汉春译（30）
PASAR 的现代化规划·····	陈汉春译（35）
铜闪速冶炼工艺发展探讨·····	李建波译（42）
费尔普斯·道奇·希达尔戈冶炼厂1993年最新成果·····	裴书照译（47）
奥托昆普闪速熔炼工艺和设备的改进·····	蒋建兴译（50）
奥林匹克坝高品位精矿直接生产粗铜闪速熔炼的发展·····	龙子平译（57）
翁山铜冶炼厂能力的提高·····	李建波译（65）
哈里亚伐耳塔冶炼厂1987年以来的主要发展·····	林 基译（70）
诺里尔斯克矿冶公司纳捷日金冶炼厂闪速熔炼系统的生产实践·····	林 基译（75）
卡拉依巴金属公司闪速炉精矿及油喷嘴的改进·····	林 基译（78）
KHETRI 闪速炼铜厂控制四氧化三铁的经验·····	钟 灵译（81）
波兰格洛戈冶炼厂一步闪速炼铜法对环境的影响·····	钟 灵译（85）
爱尔·塔约冶炼厂第二炉期的改进·····	郑继红译（88）

住友东予冶炼厂闪速熔炼炉的新发展

T. Kimura, N. Kemer, K. Hondoh

摘 要 住友东予冶炼厂1971年投产, 熔炼能力是850t/d铜精矿。随着鼓风富氧浓度的不断提高, 以及冶炼技术和冶金设备的不断发展, 目前精矿处理能力已是投产初期的两倍以上, 这些技术的发展不仅增大了工厂的生产能力、降低了冶炼系统的劳动强度、减少了工厂的工人数量, 而且体现了工厂强烈的安全环保意识。

一、前 言

45年前诞生的奥托昆普闪速熔炼技术是一项具有划时代意义的冶炼技术。即使在当今, 它与其它冶炼技术相比, 仍有许多优点, 比如: 低能量消耗, 烟气中的二氧化硫易于处理等。然而, 从整体上看, 闪速熔炼技术的最大缺点可能就是经常会诱发废热锅炉烟尘故障的高烟尘发生率。东予冶炼厂1982年采用富氧熔炼技术后, 还多次发生过这样的烟尘故障。从那时起, 东予冶炼厂就一直致力于开发更好的精矿喷咀, 以降低闪速炉的烟尘发生量。由于精矿喷咀的不断完善, 目前东予冶炼厂闪速炉的烟尘发生率已降低到4%左右, 这对目前工厂精矿处理能力达到投产初期850t/d的两倍以上作出了重大的贡献。此外, 在减缓反应塔耐火砖损耗、降低劳动强度、解决生产量增大所带来的其它问题等方面, 最近东予冶炼厂又成功地完成了许多技术改造和设备改进工作。这些R&D活动和设备改进一直支撑着工厂生产率的持续增高, 如图—1所示。本报告将对此进行详细的叙述。

二、闪速炉及其生产实绩

东予冶炼厂有一台奥托昆普式闪速炉、

三台P—S转炉。闪速炉最近的生产实绩统计于表—1。由表—1可见, 1992年统计年度里, 即1992年4月至1993年3月里, 东予冶炼厂全年日均处理精矿量为1861t/d。应该强调的是, 自1985年以来, 东予冶炼厂一直在处理来自Hishikari矿山的金矿, 该金矿二氧化硅含量在70~80%之间, 作为闪速炉渣的添加熔剂使用。东予冶炼厂利用现行工艺, 只增设一台干式球磨机、而未进行其它任何设备投资、一直成功地回收着该矿石所含的黄金。为尽可能多地处理含金矿石, 闪速炉渣的铁硅比控制在1.05, 对于有色硅渣, 这样的铁硅比是相当低的。东予冶炼厂年处理含金矿石总量远超过457000吨, 这意味着工厂每年可回收35吨黄金(见图—2)。

三、精矿喷咀的发展

1982年东予冶炼厂开始富氧熔炼生产。然而, 事与愿违, 烟尘发生率从9%上升到12~14%, 烟尘阻塞废热锅炉故障频繁发生、严重影响着闪速炉的正常生产。针对于此, 东予冶炼厂开始着手开发精矿喷咀, 并一直持续至今。

精矿喷咀的开发规划是基于“两粒子模型”而制定的。“两粒子模型”是铜精矿与氧气之间的一种反应机理, 它是PRC(Nii-

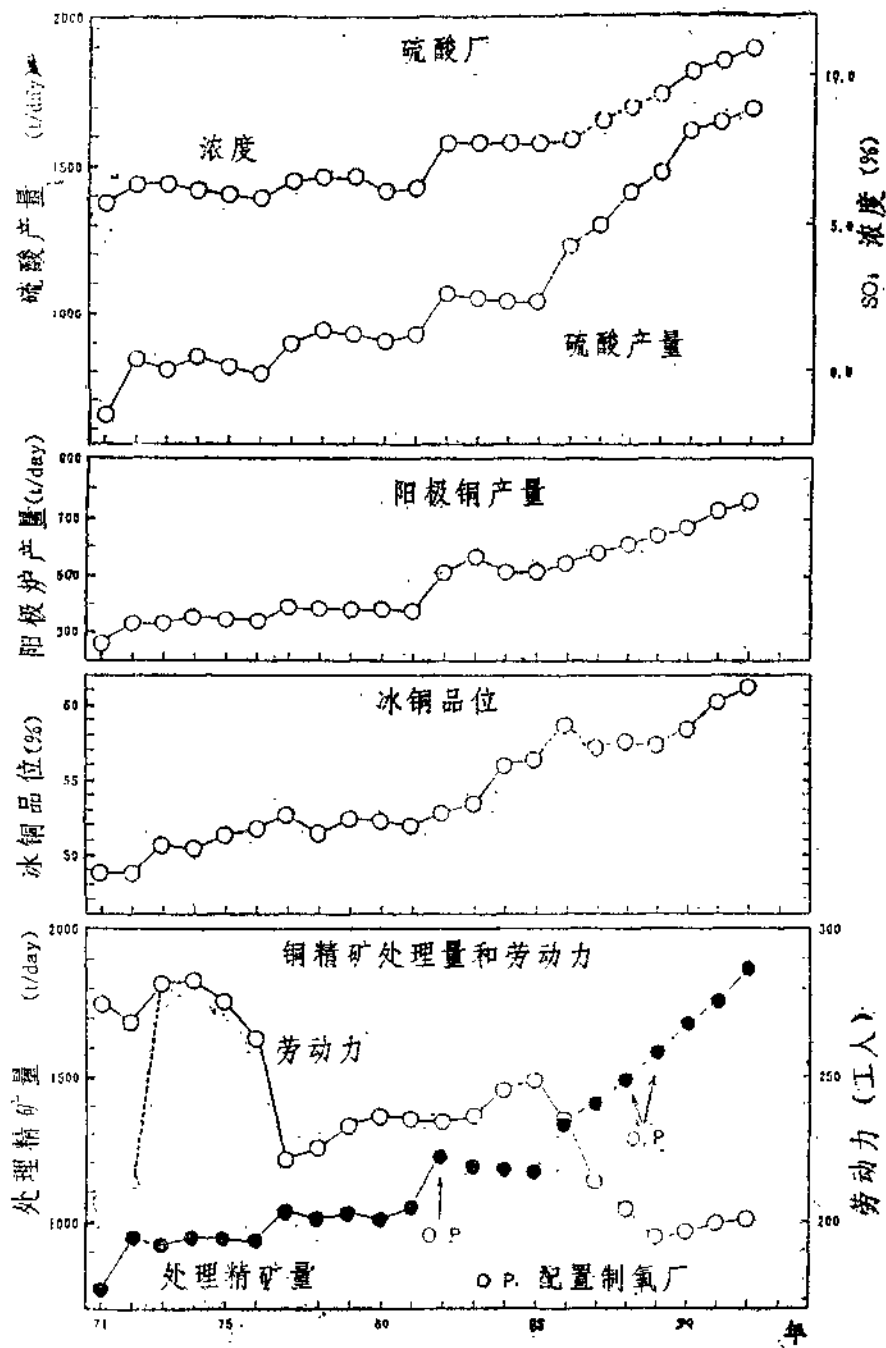


图1 东子冶炼厂生产能力的年变化情况

hama火法冶金研究中心)多年研究的成果。例如,按照这一理论,采用高温火焰的氧—油喷咀,增大喷咀圆锥体喷出部的精矿分布密度以及提高喷咀咽喉部的热风速度都能降

低烟尘发生率。

东子冶炼厂精矿喷咀经历了如下发展过程:图3所示(I)型是富氧熔炼前使用的一种文丘里式喷咀,鼓风温度 450°C 时其热

表—1 闪速炉生产实绩表

Item	Unit	1992F	1992S	1992
作业率	%	98.1	98.0	98.1
处理精矿量	t/day	1834	1883	1861
送风量	Nm ³ /h	30458	28669	29561
富氧率	%	42.3	44.7	43.5
冰铜产量	t/day	961	972	967
冰铜品位	%	61.3	61.9	61.6
烟尘发生率	%	4.64	4.31	4.48

注：F为统计年度上半年（4月—9月） S为统计年度下半年（10月到3月）

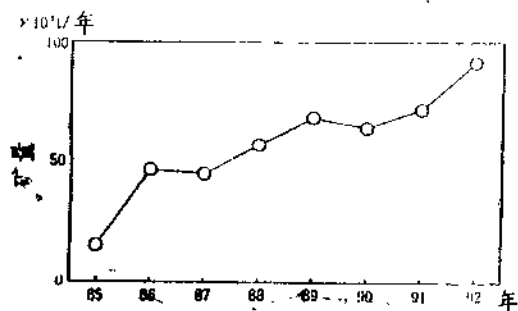


图2 处理Hishikari金矿量的变化状况

风速度为80~100m/s；(Ⅱ)型是富氧熔炼后的第一种改良喷咀，它的特点是增设了调风锥，解决了富氧熔炼热风速度大幅度降低

而造成的精矿分散差的问题；(Ⅲ)型在精矿溜管内设置了氧—油烧咀，它加速了铜精矿的起燃着火，(Ⅳ)型是现在使用的喷咀，如图4，它有一根特别设计成下部直径小于上部直径的精矿溜管，以及一个取代文丘里喷咀圆锥体的垂直状喷咀端部。现行生产中，(Ⅳ)型精矿喷咀的热风速度控制在200~250 m/s。

图5所示的是近斯闪速炉烟尘发生率的月均实绩。由图中可见，现行生产中，(Ⅳ)型精矿喷咀的烟尘发生率大约是4%。(Ⅳ)型精矿喷咀的这种优越性能既稳定了闪速炉的生产操作，又提高了东予冶炼厂的生产能

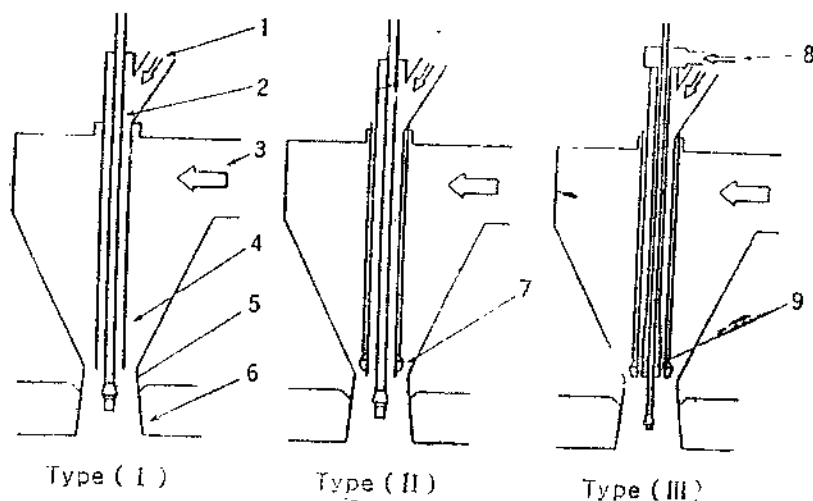


图3 精矿喷咀示意图

1.炉料和粉煤，2.油烧咀，3.富氧空气，4.精矿溜管，5.分散锥，6.文丘里式喷咀圆锥部，7.调风锥，8.氧气(纯度90%)，9.带回旋叶片的氧气混合器

力。

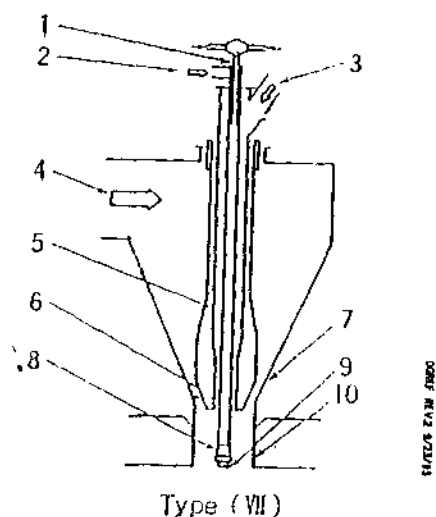


图4 精矿喷咀示意图

1.油烧咀; 2.氧气(纯度90%); 3.炉料分离器; 4.蓄氧空气; 5.精矿溜管; 6.调风锥; 7.上漏斗; 8.分故锥; 9.氧—油烧咀; 10.垂直式喷咀下部

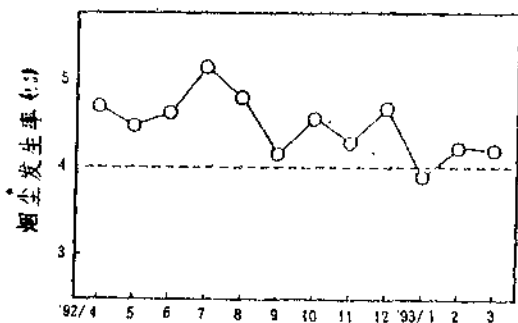


图5 烟尘发生率的月变化状况

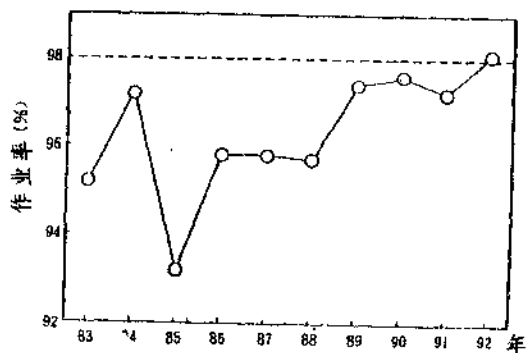


图6 冶炼厂作业率的年变化状况

四、冶炼技术和设备的最新进步

1、反应塔冷却系统

东予冶炼厂的反应塔是由低碳钢外壳、半结合 $\text{MgO}-\text{Cr}_2\text{O}_3$ 砖、安置在耐火砖间的水冷铜水套、以及位于耐火砖与外壳间的水冷铜管组成的,如图—7。采用氧油烧咀后,反应塔喷咀的焰心位置上移到图—7中的第二层水套与第三层水套之间,从而,加剧了该部位耐火砖的冲刷侵蚀。为保护整个反应塔的耐火砖,实现特殊部位的有效冷却,反应塔增加了水套配置量,并改变了水套的布置方式。见图—7。

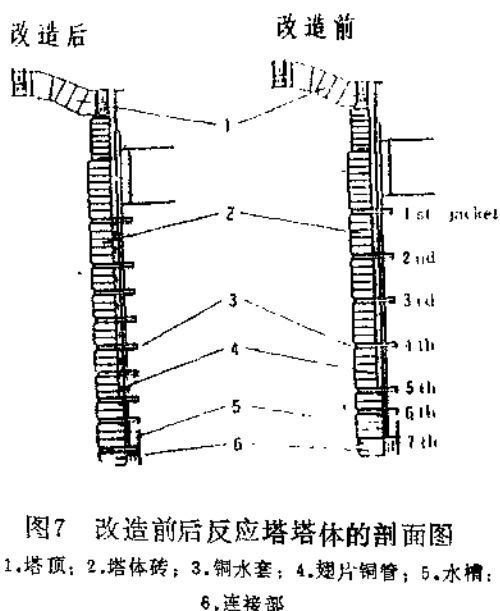


图7 改造前后反应塔塔体的剖面图

1.塔顶; 2.塔体砖; 3.铜水套; 4.翅片铜管; 5.水槽; 6.连接部

2、沉淀池的喷射技术

按照“两离子模型”理论,在反应塔上部,部分铜精矿过氧化并且变成熔融液滴,这些熔融液滴之间,以及塔耐液滴与固态的小粒氧化物之间,在反应塔里的下落过程中相互碰撞。因而,大部分过氧化熔融液滴被固态的小粒氧化物还原成冰铜和渣,但是,未能与固态小粒氧化物碰撞而直接落入渣面上的过氧化液滴,将在冰铜相与渣相之间形成高磁铁粘渣层。沉淀池形成粘渣层

会带来许多麻烦,例如:造渣反应减弱、冰铜熔池缩小、铜金属的渣损增大等。为消除粘渣层,东予冶炼厂与PRC合作开发了沉淀池喷射技术,图示于图—8。

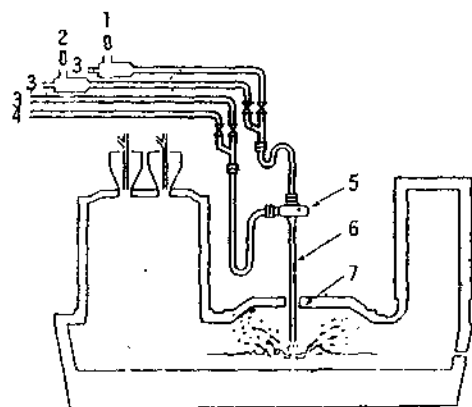


图8 沉淀池喷射技术示意图

- 1.烟尘; 2.干矿; 3.压缩空气; 4.氧气(纯度90%);
5.混合器; 6.喷吹管; 7.沉淀池顶

这项技术不仅能处理铜精矿,而且能处理其它非易燃性的粉末物料。喷射原料的选择只取决于原料的处理目的,无论选择何种原料,喷射技术对防止粘渣的形成,以及保持沉淀池熔池体积都是非常有效的。毋庸置疑,东予冶炼厂也有许多防止沉淀池泄漏冰铜与炉渣的措施和对策。

3、废热锅炉

采用(Ⅳ)型精矿喷咀后,烟尘发生率大幅度地降低到4%左右,但是由于熔炼处理量的增加,废热锅炉的烟尘负荷并没有发生大的变化,并逐渐地发展成经常性的漏水。辐射部锅炉管漏水的原因确定为锅炉管老化之后,即对辐射部进行了改造性的整体更新。改造前后锅炉的技术规格列于表—2。结构改造方案是以计算机对锅炉中烟气速度和温度的模拟图为基础而确定的。如图—9所示,所算的烟气温度完全与实测温度相符。

4、过热器中煤的转换

废热锅炉产生的蒸汽经过热器加热后,引入蒸汽式空气加热器,加热反应塔二次空

表—2 锅炉辐射部尺寸对照表

	尺 寸	改造后	改造前
长 度	m	18.5	18.3
高 度	m	16.3	13.4
宽 度	m	6.8	6.4
表 面 积	m ²	958	754

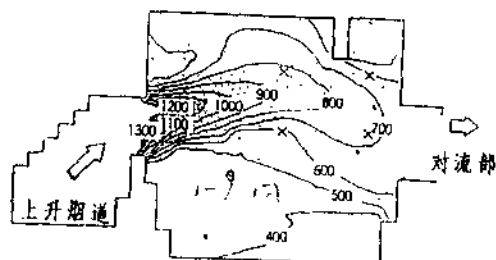


图9 计算机模拟的两维温度图和改造后辐射部里的实测温度(×)

气。自1979年第二次石油危机以来,为节约能源费用,闪速炉所用的油已部分地被煤所替代。为进一步推行煤的转换(见图—10),老式的烧油过热器也改成了新式的烧煤过热器。在确定新式过热器的技术规格时,重点考虑了污染防治、安全操作、以及减轻劳动强度三个问题。东予冶炼厂采用烧煤过热器后,煤的转换比例超过了60%。

五、降低劳动强度和无污染操作

1、冰铜溜槽

随着熔炼处理量的不断增加,炉前工人的劳动强度变得越来越重。在炉前工作中,劳动强度最大的是排放冰铜和清理溜槽工作,因而,只要减少这两项工作的工作量就能有效地降低劳动强度。为此,6条冰铜溜槽改成了3条冰铜溜槽,溜槽长度也缩短到了原来的三分之一左右,如图—11所示。上

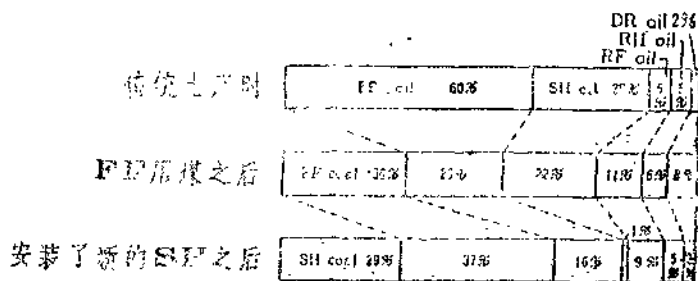


图10 煤转换比例的变化图

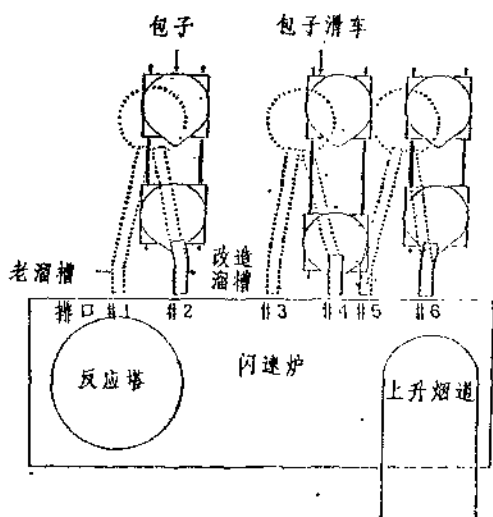


图11 冰铜溜槽的改造和包子滑车的引导方式

述改造以及堵铜口机器的开发使用不仅降低了工人的劳动强度，而且还使炉前工的数量从4个减少到了3个。

2、外逸烟气的定位吸气罩

在熔炼系统，包括闪速炉、电炉、三台转炉和两台阳极炉共有34个定位吸气罩，它们把所有的外逸烟气收集到外逸烟气处理厂进行处理。处理厂的烟气处理能力高达3000 $\text{CO Nm}^3/\text{h}$ ，因此，东予冶炼厂的总硫回收率高达99.9%。如表—3所示。在冰铜溜槽缩短改造的同时，包箱的定位吸气罩也进行了有效地改造。新的定位吸气罩的示意图见图—12。

六、结 语

表—3 东予冶炼厂硫平衡表

条 目	分配率(%)
硫 酸	95.8
石 膏	2.6
渣	1.3
水 处 理	0.2
排 放	0.1
总 计	100

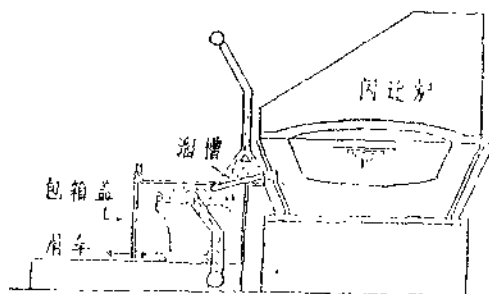


图12 用于冰铜排放的集气系统

在东予冶炼厂，冶炼技术和设备的新发展已经使闪速炉高效、稳定地生产成为了现实。因此，目前熔炼处理能力已经达到了投产初期250t/d的两倍以上。

李贻煌译

裴书照校

佐贺关冶炼厂闪速炉有效的作业改善

摘 要 在日本,人工成本已成为闪速炉作业经费的最大一部分。为了提高工作效率和工厂效益,佐贺关冶炼厂靠过程自动化和工作负荷的减少来节省劳动力。水冷铜质流槽的采用,熔体深度自动化检测,以及精矿干燥机和加热炉的操作自动化等诸方面的改善,使冶炼厂炉前工人的工作负荷得以减少。由于这些改善,炉前工人的数量减少了一半,生产率指数从500提高到1500t精矿/人·月。本文就改善的细节作一阐述。

前 言

日本矿山金属株式会社。佐贺关冶炼厂,于1916年开始生产。1970年建造了它的第一座奥托昆普型闪速炉,1973年又建造了第二座。佐贺关是世界上唯一的同時操作二座奥托昆普型闪速炉的冶炼厂。目前,年产量为330,000吨粗铜。

由于货币汇价的变化对日元有利,使得日本的铜冶炼界的利润水平降低。为了维持他们的竞争地位,日本的冶炼厂家一直在为降低成本努力。降低产品的成本主要有二个途经。一是在不发生较大投资的前提下扩大生产规模,另一个方法是减少生产经费。在日本由于人工成本已成为冶炼厂经费的最大一部分,人工成本的减少就成为节省开支的目标之一。

佐贺关冶炼厂一直在这二个方面上下功夫,以减少生产费用。就生产能力的扩大来说,佐贺关冶炼厂于1982年把粗铜的年生产量从240,000吨增加到300,000吨,1991年再增加到330,000吨而没有增加炉子的数量。佐贺关冶炼厂为过程自动化和工作负荷的减少也改进了它的工艺,以减少人力。

本文就为工作负荷的减少提供的改进和过程自动化以及它们的作业结果作一阐述。

减少工作负荷的改进

水冷流槽

1973年,铜质水冷流槽首先是作为一条渣流槽被引入的。在这之前,冰铜和渣子的流送都用石墨流槽。由于冰铜渗入流槽表面,把凝固的冰铜从流槽上清除下来是一项艰苦的工作。由于渗入还使流槽的表面凹凸不平,每次清理以后流槽都需要修理。两个工人清理和修理一条流槽大约要花半小时。此外,石墨流槽的寿命在熔体的落点部位仅仅几周,流槽的其它部位也不会超过三个月。石墨流槽更换也是一项艰苦和费时的的工作。工作人员在他们的作业过程中不得不花费较多时间去维护石墨流槽。

最初,水冷铜流槽引入,是放在闪速炉和贫化电炉之间用来流送闪速炉渣。由于熔体的喷溅,流槽周围炉墙的严重烧蚀给贫化电炉的作业带来了问题。为此,考虑用把流槽的末端插入炉内的方法来防止炉体耐火材料遭受损伤。为了达到理想境界,流槽被插入炉内后,应该是耐热的,且可以自由地进行清理和修理。

佐贺关的工程师们发现,由于水冷铜流槽的冷却性能,熔体不会渗入它的表面,而是在流槽的表面上产生一冷凝渣薄层。这层

薄渣起到保护层的作用。在清理流槽作业时,这一保护层的厚度保持不变,冷凝渣可以容易地离开流槽表面,所以,水冷铜流槽被作为炉子内侧的流槽进行试验。第一条铜流槽是用这样的方法做成的,即:在通风冷却的铜管上浇铸铜水,形成流槽内部的水路。

第一条水冷铜流槽在贫化电炉内被使用4个月后,流槽的端部发生了漏水。把流槽从炉内取出后仔细查验,发现铸铜被炉内高温熔化了,仅仅剩下作为水路的铜管。为此推测在流槽浇铸期间,铜管与铸铜之间产生了空隙层,这层空隙阻止了热传递,使定位于炉内的流槽的冷却能力大为不足。此外,用一次浇铸成型的方法来制做一条流槽取代石墨流槽,其费用也太昂贵,然而,由于清理流槽的工作大为减少,从减少工作量的观点出发,水冷铜流槽看来是有前途的。

后来,改变了制做流槽的方法,用连续浇铸的铜锭作为流槽的材料。铜锭经过切削形成流槽,而水路采用钻孔及焊接堵头封闭的方法来产生,如图1所示。采取铸锭制做流槽的理由有以下几点。

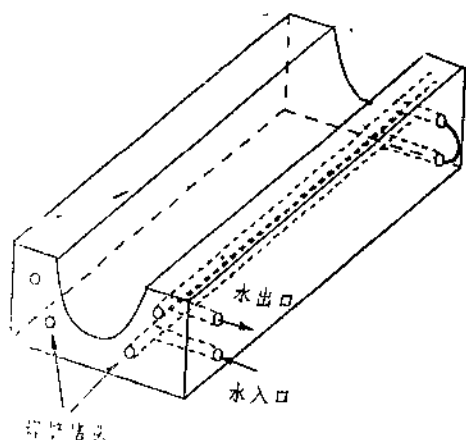


图1 水冷铜流槽示意图

1) 由于连续浇铸的特性,与一次浇铸成型的流槽相比,其铸锭几乎没有缺陷,比

如气孔。

2) 钻水路时不产生空气夹层。

3) 用铸锭加工流槽的费用,比一次浇铸成型的少。

用铸锭加工的流槽,起先也被用作贫化电炉内侧流槽。尽管担心钻成水路末端的焊接堵头的寿命,但没有发生故障,流槽维持了三年多。基于这个试验结果,炉子内侧和外侧的渣流槽都应用了水冷铜流槽,从而导致了流槽的清理和修理工作负荷减少。

此后,计划到冰铜流槽上应用。直到这时,水冷铜流槽仍然仅仅在渣流送上使用,因为熔融冰铜被认为比渣子更具侵蚀性。在冰铜上做水冷铜流槽试验的结果表明,流槽的表面没有发生侵蚀。凝固冰铜的薄层也产生了,并且这一薄层对流槽起到了保护层作用。此后,所有的冰铜石墨流槽于1978年被水冷铜流槽所取代。1987年,为了防止飞溅和使流槽的清理工作更容易,把流槽的尺寸扩大了。图2大概地表示了炉前水冷铜流

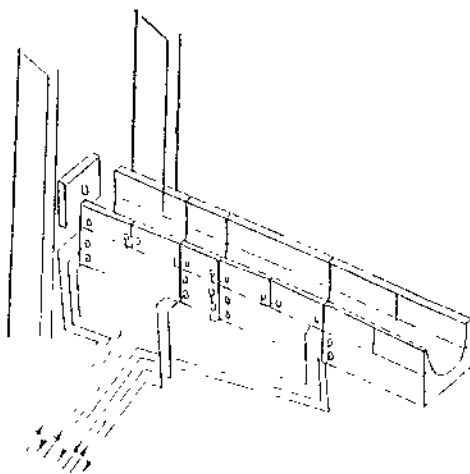


图2 炉前流槽的装配图

槽的布置情况。水冷铜流槽引进并扩大以后,一个工人清理一条流槽花费时间仅仅三分钟。流槽的寿命(冰铜的落点处除外)达5年之久。由于冰铜的落点部位很难产生保护层,定位于这个部位的流槽寿命最多只能

维持一年半。清理人员的工作负荷因此改善,使每班得以减少2名工作人员。

冰铜包载运小车

1973年,采用冰铜包载运小车取代了原使用的固定包箱和活动包箱盖的布局,它大大地改进了工作环境和工作效率。在这之前,原来的配置有一些缺点,列举如下。

1) 连接冰铜口和包箱的流槽太长,造成维护流槽的工作负荷增大。

2) 由于包箱局部隐蔽在包箱盖之后,吊车操作人员很难把包子放置于正确地点。

3) 由于包子触碰包箱盖,活动包箱盖频繁地发生故障。

4) 当包子被放置于不正确的地点时,熔体容易顺着包子的边沿流下来。

5) 流槽清理人员的工作环境不好,这是因为,在流槽清理期间,包箱盖不能充分收集所有逸散出来的烟气。

所以,1973年佐贺关冶炼厂建设第二台闪速炉时,就设计和采用了移动式冰铜包小车与双门相结合的方式。冰铜包由小车送入设置于操作平台下面的包箱,然而把包箱门关闭,如图3所示。新的布局使安置包子的操

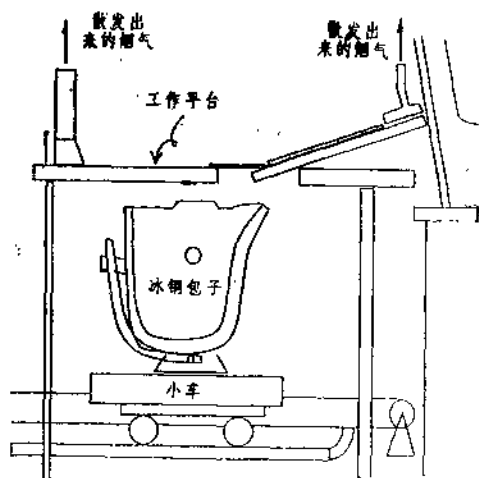


图3 冰铜包载运小车的示意图

作更加容易,并且对包箱盖和冰铜包不带来损坏。由于包箱是用门密封的,散发出来的

烟气被完全收集起来,工作环境大为改观。流槽的长度也缩短了大约1米,作业人员的工作负荷得于减少。1979年,第一台闪速炉的布局配置也被改成采用冰铜包小车方式。

在早期的设计里,冰铜包小车载着它自己单独的电动机组,电机就安装在小车平盘的下面,但驱动上存在许多机械故障。1981年,小车的运动方式被改变,由链条把小车和固定的电动机组连接起来驱动小车。重建以后的配置工作情况非常好,没有发生任何较大的故障。

堵塞和粘结的预防

闪速炉熔炼工艺处理许多粉末物料,比如精矿和烟灰。粉末物料容易堵塞料管的下料口和矿仓,这就要求工人们努力工作,以免堵塞发生。为了防止或消除下料管及矿仓的堵塞和粘结,工人们每天必须围绕炉子巡视点检二十多个小时。所以,堵塞和粘结的预防成为研究的目标之一,以减少闪速炉上的工作量。佐贺关对此已进行了两个不同的探讨。

一种方法是,在堵塞和粘结形成之前把它们破坏掉。虽然广泛地使用电动振动器以防堵塞,但在许多场合下,效率不高,并且还导致料管破裂。佐贺关已采用磁性锤打器和气动桥式破碎器来代替电动振动器。磁性锤打器是Nippon Magnetics Inc开发出来的,被用来防止下料管堵塞,如图4(a)所示。锤打器定期地发出突然有力的冲击力破坏堵塞且不使下料管产生任何裂纹。人们发现,由锤打器提供的突然的冲击力比振动器高频率的振动对破坏和防止堵塞更加有效。气动桥式破碎器是Chubu Engineering Co. Ltd.开发出来的,它靠压力的突然变化而不是鼓入的空气本身来破坏矿仓壁上的粘结。贮藏于空气罐(24升)中的所有空气突然地鼓入而使粘结构内部的压力迅速升高。气动桥式破碎器主要用于破碎矿仓粘结,如图4(b)所示。佐贺关有50台磁性

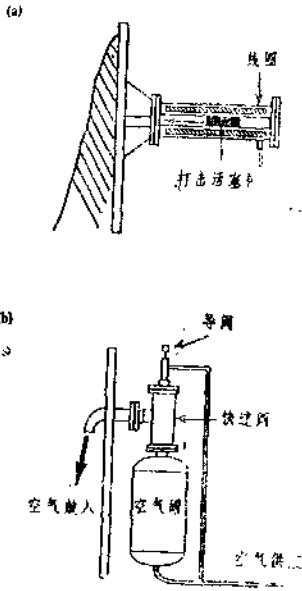


图4 磁性锤打器(a)和气动桥式破碎器(b)的示意图

锤打器和25台气动桥式破碎器在两台闪速炉系统进行工作。这些破碎器的采用有助于减少工作量。

另一种方法是,改变矿仓和下料管的材质,使粉料几乎不粘结在它上面。许多不同的材料,比如不锈钢和陶瓷,都被作为矿仓的内衬做过试验。然而,人们发现,由高分子塑料制作的低摩擦力板,对防止粉料粘结非常有效。尽管与其它材料相比,这种板很昂贵,高分子塑料板已经被用来做湿矿仓的内衬。这种内衬被采用之前,矿仓壁上的全部粘结需二名工人清理大约一小时。气动桥式破碎器和高分子塑料内衬的综合使用使湿矿仓的内壁不再产生粘结。

这些改善在80年代后期已经完成。因此,清除及防止堵塞和粘结的工作负荷大为减少。并且使我们能减少原数量一半的巡视点检的工人。

过程自动化

精矿干燥机的自动化操作

如前所述,过程自动化是减少闪速炉作业人员的目标之一。尽管闪速炉的操作控制从一开始就被集中,但两名操作者必须留守在控制室内控制作业。为了减少控制室内操作人员的数量,1990年,实现了干燥机的开机操作自动化。

佐贺关用气流干燥机干燥精矿(由古河矿业公司开发)。干燥机的布局如图5所示。最初,精矿干燥机被设计为自动化控制,但干燥机的开机和停机操作不能自动,为了起动干燥机作业,作业人员须先手动起动设备,比如干燥窑,鼓风机和运输皮带,在控制室内依次起动这些设备。然后,操作人员点着油喷嘴再开始向干燥窑给湿矿。干矿的水份用控制沉尘室入口的温度来保持其小于0.5%。用PID控制仪控制喷嘴的重油流量和一次空气量来保持沉尘室温度恒定。然而,由于控制上的逻辑性,它不可能用于开机和停机操作,操作人员不得不对重油流量和给矿量进行手动控制。干燥机的开机和停车,一次差不多花费半小时,因此,干燥机的手动操作是控制室操作人员的主要工作负担之一。

因此,着手研究干燥机操作的完全自动化。自动化操作的最困难点在于开机操作时的温度控制。沉尘室的温度会迅速上升及围绕设定值上下波动,这一点即使在手动控制中也难以避免。从避免收尘器里的烟尘着火的观点来考虑,沉尘室温度升高超过设定值是不利的。所以,减少沉尘室温度的波动幅度是干燥机操作完全自动化的一个主要问题。为了达到这个目的,对干燥机的装备做了如下改进。

1) 采用一根燃烧范围更宽的重油喷嘴。
(160~1000 l/h)

2) 引进一台称重机器并把给料皮带的传动电机改成可调速电机(VS马达)来对给料量进行称重和控制。

3) 采用一种新逻辑的、程序可控的控

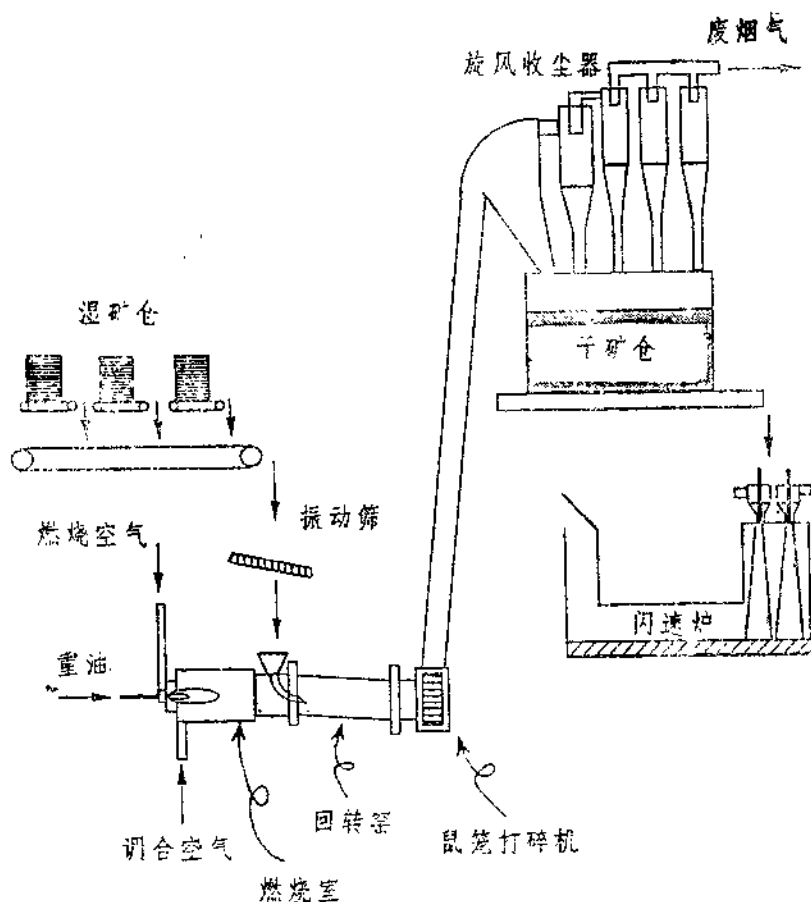


图5 精矿干燥系统示意图

制器来控制给料量和重油量。

在新的开机作业逻辑指导下，设备按照可控程序控制器的顺序自动地开机作业。然后重油喷嘴以最低油量（160 l/h）自动地点着。喷嘴一旦被点着，湿精矿就以一定的速度（30 t/h）给入干燥机并于大约10分钟的时间逐渐地增加到设定给料量。设定温度也逐渐地增加到最终设定值（75℃），重油流量则根据PID逻辑指导下的设定温度被控制着。大约20分钟后，温度和给料量都达到设定值而没有大的波动。由于干燥机采用了阳极炉和加热炉的废热，所以自动化程序包含了阳极炉和加热炉的废气引入风机的操作。当废气引入时，程序就靠测量引入风机的旋转速度来调节总烟气流。

自动化操作程序工作情况非常好，并且只需按下一个按钮，干燥机就能开机和停机。

加热炉的自动化操作

1990年，加热炉的自动化操作程序也被开发出来，以减少控制室里作业人员的工作负担。佐贺关闪速炉一直使用交错方格（Checker brick）型加热炉，它把气流加热到1000℃。加热炉由两个燃烧室和两个热贮藏室组成。每个燃烧室用排列成方格的配管与热贮藏室相连接，如图6所示。在加热作业方面，重油在燃烧室里燃烧后，热气通过热贮藏室而把热量贮存于方格的里面。在鼓风作业方面，空气从热贮藏室的底部鼓入。在它通过交错方格的同时被加热达到1000℃，

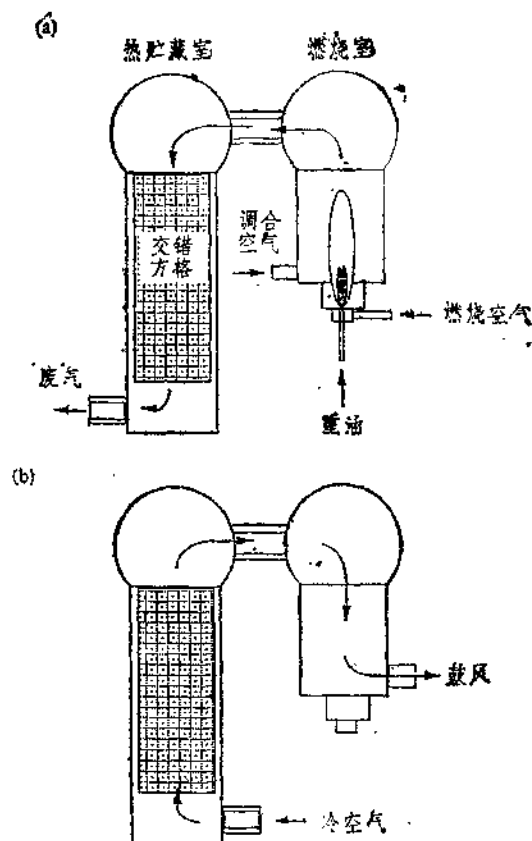


图6 加热炉作业的示意图

(a)加热作业; (b)鼓风作业

从而带走方格里的热并鼓入闪速炉。加热炉的两套装置交替循环进行加热和鼓风作业。

从加热转换到鼓风或其它状态,有20个阀门必须靠气动来驱使它的开或关。尽管有一个自动化操作转换程序,但这个程序仅仅包含着阀门的操作。这就意味着作业人员在加热作业时,必须依靠测试废气和方格的温度来手动设定作业周期和重油流量。因此,操作人员必须每60分钟回到控制室一次,启动炉子作业的转换程序并改变重油流量(如果需要的话)。操作人员的工作负荷由于这些半自动化的作业而效率很低。并且,炉子的操作状况极大地受操作人员技能水平的制约。

为了克服这些问题,加热炉的自动化作业程序被开发出来。程序的基本思路列举如

下:

1) 转换作业的周期被固定为60分钟,所以每小时作业自动地转换一次。

2) 重油流量根据加热炉的热平衡计算结果自动地算出来并设定上去。

3) 为了实现2),采用了一台电子计算机和一台可控程序控制器。加热炉的鼓风温度、鼓风流量、氧气流量和废气温度等数据被输入计算机。

在完全自动化程序指导下,作业周期每60分钟就自动地转换一次,并且每次作业之后都进行一次热平衡计算。由于热平衡计算的结果,及时改变加热期的重油量,从而使方格里的热贮存保持恒定。完全自动化作业程序引入后,操作人员不再需要控制加热炉的作业,除非发生设备的机械或电气事故。它自己作业已非常稳定,避免了操作人员不同技能水平的影响。

精矿干燥机和加热炉二个作业的自动化,大大地减少了操作者的工作负担。所以,控制室里操作人员的数量从两个减少到了一个。在最新的作业安排里,控制室里仅保留一名作业人员做全部的工作,设备的运行靠它自己。而作业人员主要是观察作业状况,发觉查明异常现象,如果必要的话,进行设备的开机和停止。

自动化熔体深度测量器

不仅闪速炉的控制要自动化,炉前工作也是过程自动化的一个目标。但是,与熔体有关的工作要实现自动化是非常困难的。因为熔体温度高,烧蚀性强,普通材质的自动化装备很不耐用。由于熔体还会微妙地依靠自身的温度和组成改变它的流动性,所以,通常的自动化工艺技术运行得很不好。在许多与熔体有关自动化工作的课题中,自动化熔体深度测量器是几个已良好运行的范例之一。

自动化熔体深度测量器是用来自动进行冰铜和渣子液面测量工作的。这项工作以前

一直是炉前工人手动进行，把一根铁棒插入炉内后再用一根链子和滑轮把它提起来。通过测取粘结在棒上的熔体长度，冰铜和渣子的深度就被检测出来。虽然这项工作非常简单，但工作环境又热又脏。这项工作一天大约需要干30次，每一次通常需花费大约5—10分钟。从改善工作环境和减轻劳动负担的观点出发，自动化工作很有必要。

自动化检测器由一根铁棒、一个电动孔盖、一个电动卷扬机、电动锤和电视摄影机组成，如图7所示。卷扬机用于检测棒的插

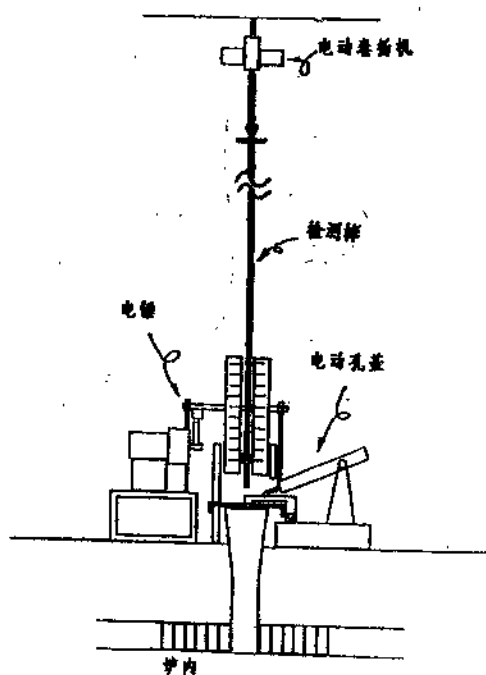


图7 自动化熔体深度测量器示意图

入和提升（带有上限和下限控制）。电锤用于清除检测棒上的冷凝熔体。电视摄影机与控制室里的电视屏幕相联系，可观察检测棒上的熔体高度。接通控制室里的一个开关，检测器就自动地工作。先打开孔盖，检测棒下落并在中间位置停止，电锤对检测棒敲打几下以便清除凝固的熔体。然后，检测棒下落到下限位置并停留几分钟。再后，把检测棒

提起来，到上限时停止不动。电动孔盖自动地关闭。所有这些有次序的动作，在3分钟之内完毕。在控制室里，只要把粘结在检测棒上的熔体长度与机器上配置的标尺刻度一比照，熔体深度就被检测出来了。

检测器的引进并没有节省很多工作时间，但它能减少工作负荷。由于所有的工作能在控制室里完成，工作环境大为改进。所以，已打算把粘结在检测棒上熔体长度的自动化测量结果与实测的数据送往过程计算机来进行图象分析。

概括和结论

如同技术改造和过程自动化能使闪速炉作业人员的工作负荷大为减少一样，在另一方面，由于设备和作业技巧上的几项改进，闪速炉的生产能力也大大地增加。生产率指数（这个指数的新定义：一个月里闪速炉的硫化矿处理量除以从事闪速炉作业的工人数量）大为进步，如图8所示。1970年，闪速炉刚开始产生时，指数仅为500t—精矿/人·月。1978年，由于冰铜包载运小车和冷水铜流槽的采用，这个指数进步到1000t

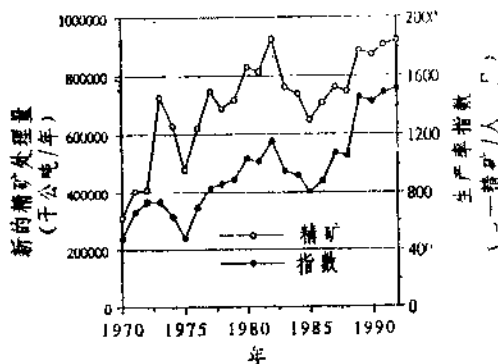


图8 生产率指数年变更图

—精矿/人·月。1982年，粗铜的生产量从240,000吨增加到300,000吨而没有增加工人的数量，此时这个指数达到了1200t—精矿/人·月。最终，1992年，由于粗铜的生产量扩大到了330,000吨以及精矿干燥机

（下转19页）