

北京国际铸造会议论文集

I



中国机械工程学会铸造学会

1986

前 言

铸造这一名称在中文词汇里，已不是一个新名词了。在中国，曾经出土过公元前1766—1122年商代的铸件。在卫生学家眼中看来对人类健康危害最小的铁锅，很早以前就被中国人民所应用，迄今仍是中国家庭中受欢迎的厨房用具。有材料证明，早在2300年以前，中国的熔模铸造法就已达达到很高的水平。

虽然作为一项手艺和艺术，中国有着光荣的铸造历史，但在漫长的封建年代里，中国的铸造工艺进步缓慢。只是在中华人民共和国成立以后，铸造方法和铸件质量才有了明显的提高。但这一改进仍然达不到现代机器制造业对铸件的严格要求。

为了使中国铸造工作者能有机会与国外铸造工作者交流经验，进行贸易接触，藉以推动中国铸造工业的进步，中国机械工程学会铸造学会组织了1986年10月的国际铸造会议与展览会。

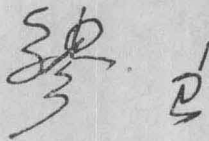
这一举动得到了全世界各地铸造专家们的热烈响应，围绕“为了生产更好和更有竞争力的铸件”会议中心议题，送来了论文。凡经组织委员会下设的技术委员会选定的论文，全部编入了会议论文集。论文集分为二卷，在截止期以后寄到的文稿，编入第二卷，于会议后出版。

我愿借此机会，向各论文作者致谢，没有他们所作的贡献，会议必然大为逊色。

作为中国铸造史上的首次，论文集是中国同世界各国铸造工作者友谊的见证。祝愿这一友谊蓬勃发展，在今后的岁月中，结出丰富的果实。

中国机械工程学会铸造学会理事长 (1986~1988)

北京1986国际铸造会议与展览会组织委员会主席



第一册目录

现代铸铁工厂中有芯感应电炉的地位.....	〔澳大利亚〕	(1)
熔模铸造硅胶粘结剂.....	〔比利时〕	(16)
清理铸件用机器人综合单元 (RO B1 C)	〔比利时〕	(27)
应用于自动化造型线 (包括冲击造型) 的湿型系统砂有关成分的性能〔瑞士〕		(38)
动力设备中的高应力铸钢件的质量控制与生产.....	〔瑞士〕	(56)
采用实型铸造工艺 (FM CP) 生产铸件单件和大批量生产.....	〔联邦德国〕	(75)
由 G1 F A 博展会所反映的湿型紧实方法和造型机.....	〔联邦德国〕	(90)
使用新式的热硬化粘结剂系统在制芯方面的进展.....	〔联邦德国〕	(105)
球铁和灰铁水平连续铸造在液压和机械制造业中的应用.....	〔联邦德国〕	(111)
玻璃和铸造工业用永久性陶瓷型.....	〔联邦德国〕	(121)
核工业和机械工业中 200 吨范围内的特重型铸铁件.....	〔联邦德国〕	(131)
MO T E M A 聚丙烯混凝土机床床身设计指南.....	〔联邦德国〕	(146)
K G T 设计的热风冲天炉.....	〔联邦德国〕	(151)
高铬白口铸铁在静力或离心铸造后的铸态或热处理状态组织.....	〔法国〕	(159)
经加工处理的硅砂—现代型、芯生产的基本要求.....	〔英国〕	(169)
铸造工业中的计算机综合生产 (C1M)	〔英国〕	(180)
高质量灰口铸铁件的尺寸控制.....	〔英国〕	(195)
过滤金属液, 提高铸件质量、生产率、性能和经济效益.....	〔英国〕	(206)
压铸生产工艺控制——以一个汽车厂的压铸生产为例.....	〔意大利〕	(218)
流变—挤压铸造和触变—挤压铸造替代锻造的探讨.....	〔印度〕	(236)
蠕虫状石墨铸铁——石墨形态、生长及组织和性能之间的关系.....	〔印度〕	(243)
一种简化的凝固模拟装置在铸造实践中的应用.....	〔日本〕	(254)
低于 2 α — γ 转变温度时片状石墨铸铁和球墨铸铁的生长行为.....	〔日本〕	(263)
球墨铸铁机械性能的统计分析.....	〔日本〕	(271)
石墨形状和温度对铁素体铸铁断裂韧性的影响.....	〔日本〕	(281)
氧在铸铁熔炼及凝固过程中的作用.....	〔日本〕	(292)
利用有限元法进行铸件的凝固解析.....	〔日本〕	(299)
应力及热处理对铸铁中超声速度的影响的评价.....	〔日本〕	(313)
呋喃树脂砂处理闭合循环系统.....	〔日本〕	(324)
球铁铸件的无冒口铸造.....	〔日本〕	(338)
Fe—30% Cr—2.8% C 合金定向凝固的组织 and 高温强度.....	〔日本〕	(352)
稀土金属处理的铁水中石墨的生产和界面能.....	〔日本〕	(364)
低硅 Cr—Mo—V 钢汽轮机壳体铸件的生产.....	〔日本〕	(374)
水轮机转子用 13 Cr ₄ Ni 低磷硫铸钢.....	〔日本〕	(386)

现代铸铁工厂中有芯感应电炉的地位

〔澳大利亚〕 J. M. Cartlidge

有芯感应电炉首次建造于1890年，并在当年获得专利。至今已有近100年的历史了，比使用更为广泛的钳锅式感应炉（或称无芯感应炉）要早大约25年。

有芯感应电炉开始是为代替电弧炉炼钢而设计的（电弧炉大约是在同一时期研制出来的）。后来，随着有芯感应炉的继续发展，人们发现它非常适合熔炼铜及其合金，具有能耗低，金属烧损小的特点。在这以后的50年中，有芯炉在全世界范围内逐渐成为铜生产商和有色铸造厂的基本熔炼炉。钢的熔炼，开始被电弧炉取代，后来又被无芯感应炉所取代。

五十年代，由于高级耐火材料的普及，有芯感应炉开始在铸铁厂用作保温炉或叫双联炉，在某些场合也用作熔炼炉。

到1960年，由于两个重要进展促使炉子的尺寸和额定功率的迅速增大。

第一个进展是发现了球墨铸铁。要生产质量稳定的球铁，需要一定的冶金和温度控制水平，用冲天炉和当时使用的其它熔炼设备是难以达到的。电炉在熔炼过程中能避免硫的影响，能储存铁水，并可变质处理和浇注前将铁水的化学成分调整到完全符合要求。

第二个因素是，对空气污染的规定越来越严格，使用冲天炉，特别是小型冲天炉，在许多地方使用起来并不经济。安装除烟设备的费用常常要比把冲天炉换成感应炉的成本还高，况且除烟设备既不能减少操作成本，也不能象感应炉那样改善铸件质量。

球墨铸铁不断增长和环境保护的要求，为感应电炉的发展提供了时机。不管是无芯炉还是有芯感应炉，在尺寸和熔化量方面都得到迅速发展。

对于大部分熔炼场合，无芯炉是用得最普遍的。它是一种方便的熔炼设备，与有芯炉相比，功率可更高，生产率也更高。然而在一定条件下选择有芯炉仍然是最佳的。美国使用电炉的事实说明了这一点，现今大约有25%的铸铁和球铁用感应炉熔炼，其中至少有1/4是有芯感应炉。

要讲明在一定应用条件下，影响选用炉型的依据，最好的方式也许是将二种感应炉的相似处与不同点加以比较，并介绍一些在实际应用中已证明采用有芯感应炉是最佳选择的实例。

1、相似之处

不管是无芯炉还是有芯炉都用耐火炉衬，用初级感应线圈使金属炉料中产生很大的电流。

两种炉子都能熔化各种铸铁和钢的废料、回炉料。如果经济上可行的话，都可以全部用废钢采用增碳工艺。

都可以用电磁加料、料桶加料、甚至用手工加料，都靠液压装置将炉体倾斜出铁。

2、不同之处

无芯感应炉	对比项目	有芯感应炉
初级线圈环绕全部金属炉料	基本形式	铁水环（或沟槽）环绕初级线圈
$< 22,000 \text{ Kw}$	额定功率	$\leq 2,500 \text{ Kw}$ （每个感应器）
$50/60 \sim 10,000 \text{ Hz}$	电炉频率	一般为 $50/60 \text{ Hz}$
≤ 100 吨	炉子容量	$< 1,300$ 吨
在冷、空钳锅中化清一批料	起 动	需有液态“起动”炉料、或预铸环料
$70 \sim 75\%$	电 效 率	$90 \sim 98\%$
$70 \sim 80\%$	一般设备的利用率	$90 \sim 95\%$
可变—取决于炉中铁水液面高度，或炉料块的大小、形状及密度	功率消耗	不变—与炉中铁水液面高度无关，只取决于炉料本身
合金种类灵活性大，因为可将炉子倒空，装上不同成分的金属从新起动	灵 活 性	熔化量灵活性大，因为在满容量范围内，不管铁水多少都不会影响功率消耗，或熔化率
一般每装一批料后，都要去渣	去 渣	通常每天只需去渣一到二次
容量小通常每批料都要取样	冶炼分析	容量大意味着化学成分变化小，可以少取样
一般要关闭电源或降低功率	加料时电源	一般让它开着
2—4月	一般炉衬寿命	6—18月（感应器区） 18—30月（主炉膛）
由于有芯炉在初/次级电路中用了变压器铁芯，因而电效率高，耐火炉衬较厚因而		

热损失小。这两个特点使有芯感应炉能够保温大量铁水，在同样浇注量的情况下，要比无芯感应炉的停工损失小（参看图1）。这一点，再加上它能保持与炉内金属液面高度无关的稳定电功率水平，使得有芯感应炉成为一种理想的保温炉或双联用炉。

在别处由冲天炉、无芯炉或电弧炉熔化的铁水通过流槽连续送往、或用铁水包定时地供给有芯感应炉。有芯炉可以在同一个温度下储存铁水，浇注线上需要时出铁，也可以根据需要升温、降温。

在冲天炉/有芯感应炉双联的情况下，常常降低冲天炉的出铁温度，然后再在有芯感应炉中加热。有芯炉中过热的热效率为80%，而冲天炉只有大约5%。这样冲天炉就可以少用焦炭，并且可以用较小的鼓风机；因而熔化铁水的能耗低。

感应炉保温或双联的其它重要效益：

冲天炉可以用更多的废钢炉料。

——每天早晨不再需要用开炉块。

——不再需要将铁水包中剩下的铁水铸锭和重熔了。

——总是有金属液储备，即使在冲天炉停了一段时间，也可以继续浇注；万一造型线上发生故障，也能继续熔化。

保温炉在一段时间内补偿了金属液的供应与需要之间的不匹配，补偿的程度取决于保温炉的大小。

有时候，用有芯炉“双联”的任务还包括调整铁水成分，可以用增碳剂增碳，也可用熔化大量废钢来降碳，需要时可以加入各种合金元素。

有芯感应炉有二种基本型式——立式和卧式，立式炉炉体绕出铁槽附近的中轴倾斜出铁。卧式炉，又叫鼓形炉，则是绕鼓形炉体的水平中心线转动出铁。

立式炉现在用得较广，图2为立式炉剖面图。在炉膛底部安装一个可拆感应器装置——包括初级线圈、变压器铁芯和耐火材料衬的沟槽，铁水充入沟槽成为次级线圈。通过与炉膛接口将热传递给金属。由于感应器衬的寿命一般为主炉衬的 $1/2$ 到 $1/3$ ，感应器应设计得便于更换，修理耐火衬也十分方便。

下面两个实例是典型的采用立式有芯炉的冲天炉/感应炉双联法。

图3是一台容量为30吨（注1）的电炉，通过铁水流槽连续从冲天炉得到铁水，需要时铁水可注入浇包。

“保温功率”是指为了维持所要求的熔池温度，补偿其热损失所需要的千瓦数。这样大的炉子，保温功率为250~300 Kw。然而实际应用的额定功率总是要大些，因为需要一部分功率用来过热冲天炉铁水、熔化废钢或合金，或是在电流中断事故后迅速恢复熔池铁水温度。这样，30吨保温炉需要800 Kw的功率。

第二例、图4为一离心铸管厂的2000 Kw、115吨立式有芯感应炉。生产直径1.6米、长8米以下的球铁管，年产量达60000吨/年。30吨的大包将铁水送到感应炉内；在炉内升温60~70°C，每10~12分钟往小包出一次铁水。感应炉密封很好，氧气很难进入

注1：本文所说的所有炉子容量均指可用的浇注容量。有芯感应炉的总容量要比可用浇注容量多15~25%；它包括感应器中和炉底部分的铁水。

炉内，产生的渣很少，这种炉子平均一个星期只要出一次渣。

图5为另一种连续双联法。在这种情况下，布置了一些铁水流槽，使两台冲天炉都能为有芯感应保温炉提供铁水。这台立式炉为40吨、1750 Kw，这种双联法每小时可出铁23—27吨。第一次炉衬，包括感应器炉衬和炉膛内衬，性能很好，寿命超过三年半。

图6为一台与冲天炉双联的1000 Kw、30吨感应炉。但铁水不是从流槽连续流入，而是用铁水包间断供给的。

几台无芯熔炼炉与一台800 Kw、70吨有芯炉相联，如图7所示。这只是用作保温以储存铁水，并使铁水的供与需协调均衡。采用铁水包注入铁水和出铁，而很少用来过热铁水。

还有一种无芯/有芯双联法示于图8。两台6500 Kw、25吨无芯熔炼炉都直接将铁水倒入其前面的一台800 Kw、40吨立式有芯保温炉这种配合，无芯熔化炉的工作效率很高，因为熔化炉可以很快倒出5—10吨铁水，然后又开始下一个循环。有芯炉频繁地向浇注线上供应铁水，因为这个汽车铸造厂每次浇注需要的铁水不多。

下面几张图片是个好实例，可说明由双联炉直接带来的效益。这个铸造厂（图9）以前用3吨电弧炉直接熔炼。熔炼后3吨铁水全部倒进一个3吨的转运包，然后，依次倒进许多小浇包。由于在30分钟的浇注时间里转运包中铁水温度持续下降，最先的浇注温度常常太高，而最后的又太低。有时浇到最后，铁水在包中便凝固了。

在靠近浇注线、电弧炉前安装一台17吨有芯感应保温炉之后，他们发现能够将浇注温度控制在小范围内波动，这能改善铸件质量（图10）。由于能大大降低熔炼炉的出铁温度，在保温炉中再过热 50°C ，因而也能减少金属和合金损失，使电弧炉炉衬寿命提高20%；减少电极费用23%。

保温炉中铁水储量大，化学成分波动小，铸件的分析成分更稳定。图11和图12为一般情况下，24小时的碳、硅分析记录，实线是在铁水从电弧炉进入转运包后取样分析结果，带点线是铁水离开保温炉后，在浇注线上取样结果，波动范围较窄。

另一常规炉型设计——卧式有芯感应炉的剖面示于图13。这类电炉全部为耐火砖衬结构。砖衬由钢板外壳牢固包围起来，因此，卧式炉衬的寿命在同样操作情况下，一般比立式炉要长。

下面几例为采用卧式有芯双联炉保温实例。图14为一台2000 Kw、90吨保温炉，从一座水冷式冲天炉中连续获得铁水；图15为一台2700 Kw、225吨感应炉与几座大型电弧炉一起工作，用一个50吨铁水包定时往保温炉添充铁水；图16是一种较复杂的双联法：三台3000 Kw、14吨无芯熔炼炉通过一个可摆动的铁水流槽将铁水输送到两台800 Kw、20吨保温炉。

还有一个引人注目的实例：有个铸造厂在冲天炉前装了一台37吨感应保温炉来代替一座烧油移动式前炉，结果提高了冶炼水平。图17左边是在正常的一周多时间里，每天测得硅量的最大、最小和平均值。使用有芯保温炉后，在一个月內，硅量控制得到明显改善，如图的右边所示。碳量的控制也得到很大改善，如图18所示。

这家公司还报告了在下例几方面成本的降低：

机器停歇时间:

4.3%

节省焦炭:

3.3%

增加废门使用量:

6.0%

省去了开炉块的铸造和重熔:

4.8%

如图19所示,两台2000Kw、8吨无芯炉在夜间将铁水倒入一台600Kw、30吨卧式保温炉,晚上的电费比白天用电高峰的费用明显低。白天不化铁,保温炉(图20)把铁水倒给自动造型线的浇包,铁水逐渐减少到最低限量。在这种场合,感应器耐火衬寿命平均1~2年,主炉衬寿命5~6年。

虽然卧式炉一般炉衬寿命比较长,但是立式炉使用方便,便于维修,因此人们还是喜欢选用它。当液压驱动盖(图21)转到旁边时,全部炉衬暴露在外。因此,扒渣很方便,需要时也便于修补炉衬。

图22为一台需要补炉的50吨电炉,在渣线区发生了浸蚀。(图23)用气动枪将修炉塘料吹到热炉衬上,直到炉衬恢复到原来的厚度。(图24)修炉完毕,并清除熔池中剩余的塘料后,电炉即可恢复工作。修炉一般只需一小时,或更少的时间。

立式感应炉的敞口大,因此用它做熔炼炉也很方便,可以用底开式料桶(图25)或电磁盘(图26)装料。炉料要求不高,旧新铸铁屑也可以使用(图27)。

(图28)这台1300Kw、10吨立式有芯感应炉成功地熔炼了多达70%的铁屑料,金属的回收率超过95%。

由于敞口大,无需将炉料破碎成小块。如图29所示,整只棒糖轧辊在一台10吨电炉中熔化。大型立式有芯熔炼炉在许多钢厂用来重熔大型钢锭模和旧轧辊,节省了破碎费用。

(图30)大炉料,比如火车轮、成卷钢带、压扁捆料和大型铸件回炉料等可能会很便宜,因为用其它炉子难以处理。但对于立式电炉来说却是理想炉料。

有芯感应电炉具有一些特点,使得它能用于一些特殊方面,在这些方面如果用无芯炉则十分困难,成本也很高。

(图31)这两台600Kw、20吨有芯感应炉是为遵守空气污染规定而买来更换冲天炉的。而浇注方式则和原来一样。他们仍然在每天下午14:00到16:00之间浇注40吨铁水,因为用户喜欢这种浇注方式。仅有的不同是现在每天需要花18~20小时进行熔炼。炉子在下午出完铁水之后,又重新加料,并且一直在满功率下工作,直到第二天中午。此时炉内铁水已满并且达到了合适的浇注温度。晚间由一人看炉,并按要求往炉内加料。

用这种方式,他们每天以每小时20吨的速度浇注2小时,全部用电仅为1200Kw。他们非常经济地利用了交接负载与夜间的电能。供电公司也喜欢这种整天稳定的用电量。无芯感应炉则无能这样用。

图32为加料、出铁日程图及炉内铁水液面高度。

(图33)这个铸造厂平均每天需要一台1800Kw、20吨立式有芯熔炼炉浇注灰铁、球铁60吨。铸件大小从250公斤到22吨(浇注重量),每个小时铁水的需要量都相差较大。每

天熔炼20~24小时，炉子几乎一直在满功率下工作，而浇注时间每天只有12~16小时。不浇注的时候，或出完一大批铁水之后，给炉子装料。当生产量很大时，炉子里的铁水量减少。有芯感应炉能提供满功率和最大熔化率这样的工作状态，而与铁水液面高度无关，这意味着它能像熔化/保温感应炉一样的工作，而无需另外再增加一台保温炉，以获得设备的高利用率。

这个铸造厂的浇注日程图没有规律，不会有装料、出铁和炉内铁水高度变化的典型图形。图34给出了一个可能的关系图。

(图35)为二台1100 Kw、30吨有芯炉。熔化24小时，浇注8小时。有几条机械化造型线。由于所用模型不同，铁水的需要量也随之变化。铁水需要量变化范围从1.5到4.0吨/小时。在正常时间周期内，炉子用450公斤的料桶装料，使之与炉子的熔化速度相匹配，装料与出铁速度无关。需要量小，炉内铁水量增加；需要量大，炉内铁水的液面高度下降。

对于具有如此大热质的炉子，450公斤炉料对熔池温度的影响几乎看不出来，因为加料后可以立即出铁。在出铁时，常常可以看到炉料浮在表面。在前面这个实例中，这些炉子既是熔化炉，又是保温炉。

图36可以代表一天的正常情况，从图中可见，加料是定时的，每小时的浇注量是变化的，炉内熔池的液面高度也是变化的，它使铁水的供给与需求之间保持平衡。

以上所谈的三个铸造厂在改用电炉熔炼时，对无芯炉和有芯炉进行了评价，他们选用了有芯感应炉，因为这种炉子更适合他们自己的特定条件。

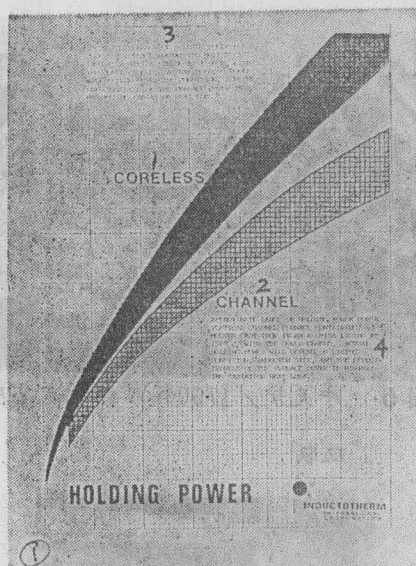
总之，如果有以下一种或多种情况，那么至少应该考虑采用有芯感应电炉：

- 用电量受到限制
- 夜间用电便宜
- 需要的功率(Kw或KVA)在白天很贵。
- 要求熔化量灵活性大
- 有廉价的大块废料来源
- 很大的铸件要求定时浇注
- 每小时所需铁水量变化很大
- 机械化和自动化造型线要求铁水以小批的接近不变的速度供应

如果以上这些情况中一个也没有，那么选择无芯感应炉更好。

(图37)在前100年中，有芯感应炉已被证明是铸造厂一种可靠的、有用的设备。随着向高技术和高质量控制的稳步发展，有芯感应炉一定会有光明的前途。

功率(千瓦)



炉子容量(公吨)

图1 保温功率对比

1——无芯炉;

2——有芯炉;

3——无芯感应炉保温功率的大致范围。炉内铁水温度 1500°C , 石英砂炉衬, 炉盖关闭。实际保温功率取决于炉衬的保温情况、炉盖减少热辐射损失的效率;

4——立式有芯感应炉保温功率的大致范围。炉内铁水温度 1500°C , 铝砂炉衬, 炉盖关闭。实际保温功率取决于炉衬保温情况、感应器大小及炉盖减少热辐射损失的效率;

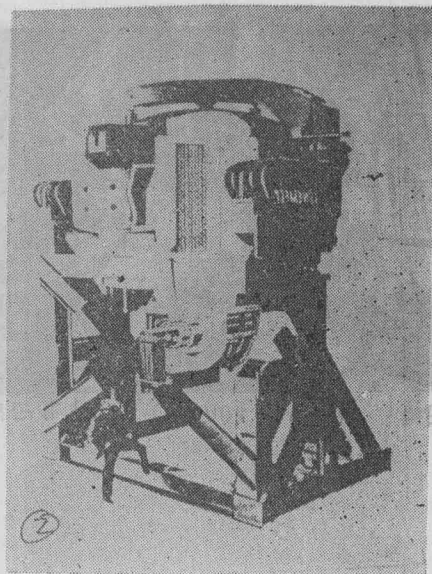


图2 立式有芯感应炉的剖面图



图3 冲天炉/800 KW 30吨有芯感应炉双联

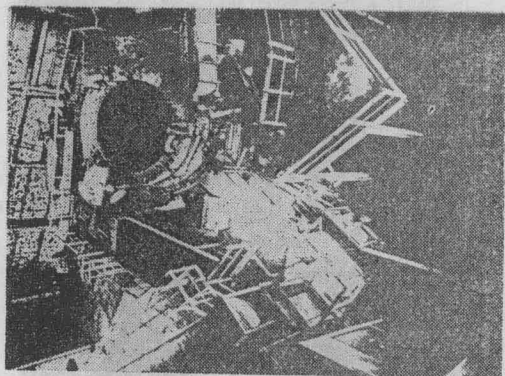


图4 冲天炉/2000KW115吨有芯感应炉双联

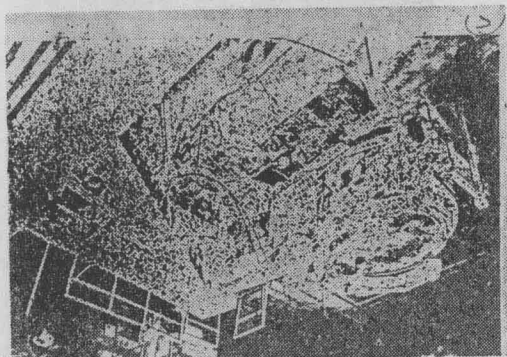


图5 冲天炉/1750KW45吨有芯感应炉双联

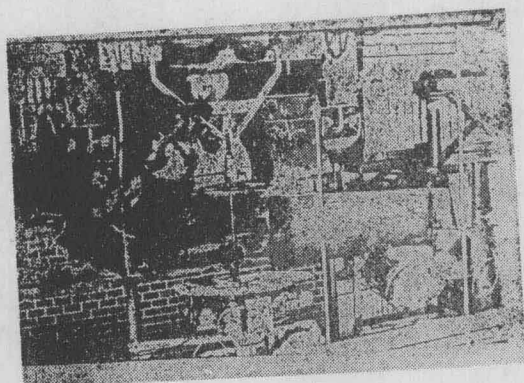


图6 冲天炉/1000KW30吨有芯感应炉双联

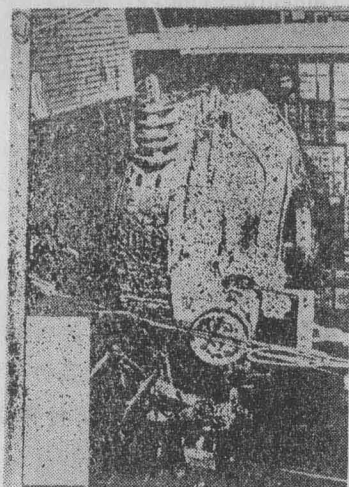


图7 无芯感应炉/800KW70吨有芯感应炉双联



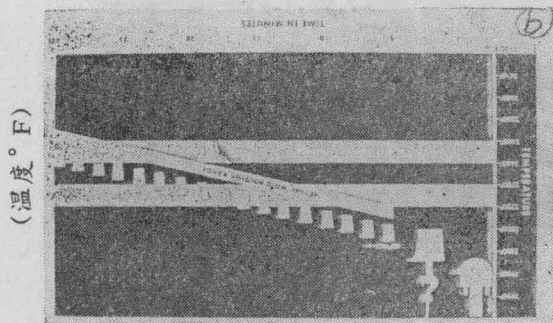
图8 无芯感应炉/两台800KW40吨有芯感应炉双联

LEHIGH铸造厂

浇注温度

采用 LINEMELT 有芯感应炉双

联以前铁水由直接电弧炉送往浇注线



时间(分)

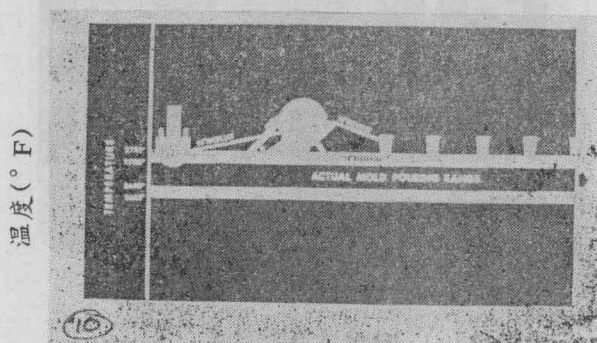
图9 浇注温度波动范围——无保温炉

LEHIGH铸造厂

浇注温度

采用 LINEMELT 有芯感应炉与

直接电弧炉双联之后



时间→

图10 浇注温度波动范围——有保温炉

LEHIGH铸造厂

直接电弧炉单独溶炼与LINEMELT
有芯炉双联对比

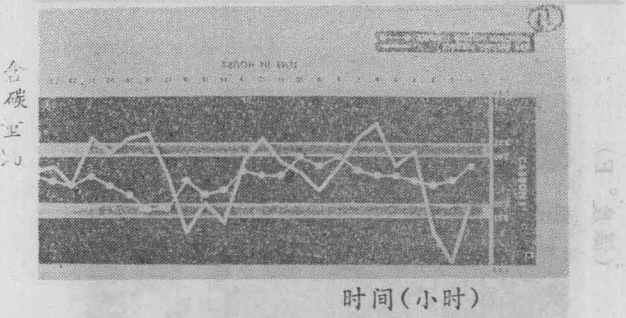


图11 碳含量分析结果

直接电炉——

感应保温炉·-·-

LEHIGH铸造厂

直接电弧炉单独溶炼与LINEMELT
有芯感应炉双联对比

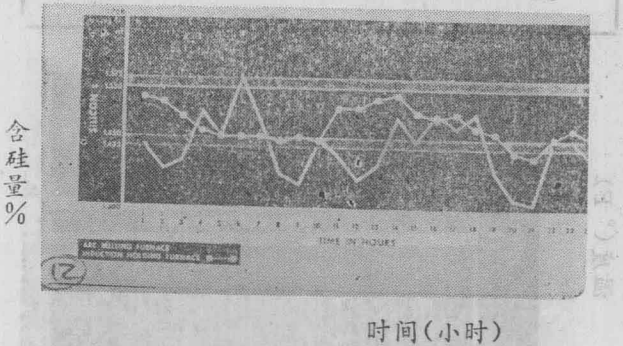


图12 硅含量分析结果

直接电炉——

感应保温炉·-·-

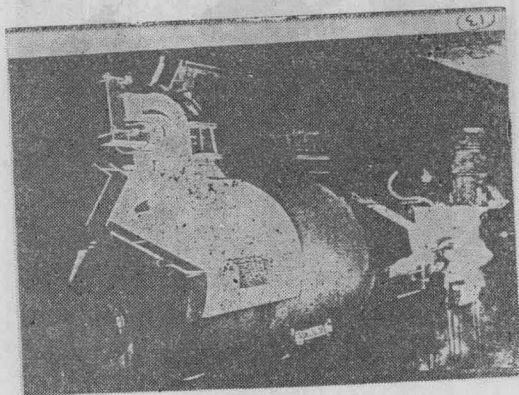


图13 卧式有芯感应炉剖面图

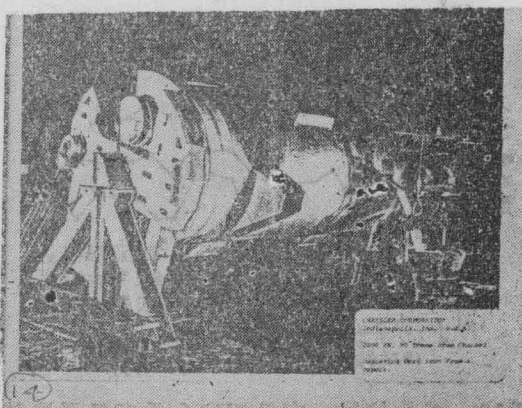


图14 冲天炉/2000KW90吨卧式有芯感应炉双联 (美国印地安州、印地安那波利斯市CHRYSLER公司2000KW90吨卧式有芯感应炉与一台冲天炉双联熔炼灰铸铁)

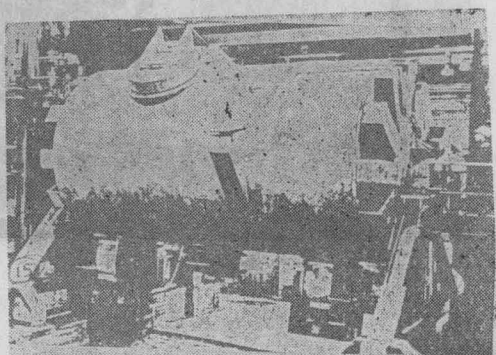


图15 电弧炉/2700KW225吨有芯感应炉双联

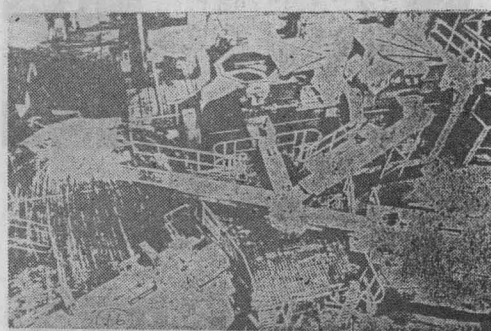


图16 无芯炉/两台800KW40吨有芯炉双联

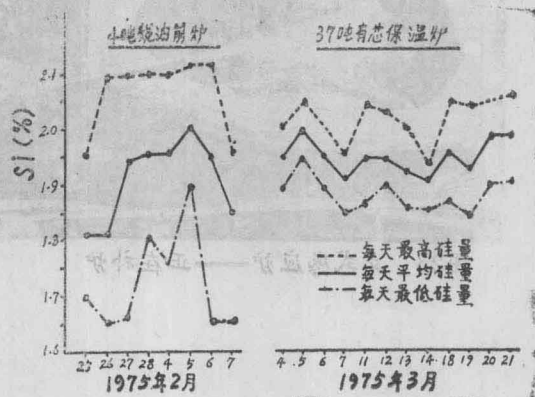


图17 硅量控制—有保温炉和没有保温炉对比

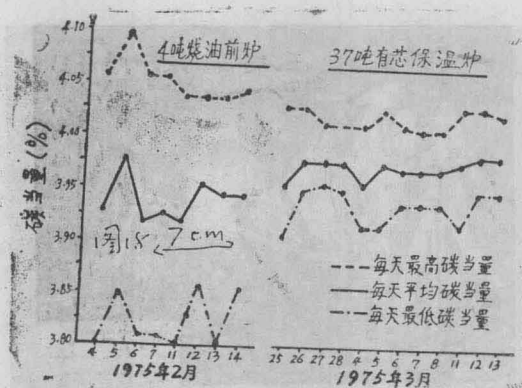


图18 碳量控制—有保温炉和没有保温炉对比

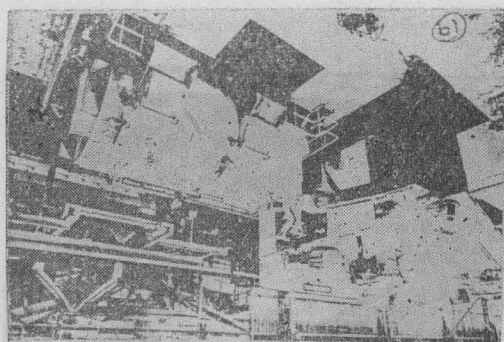


图19 无芯炉/600KW 36吨有芯炉双联

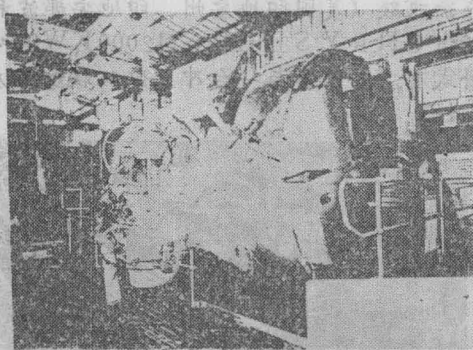


图20 36吨卧式有芯感应炉

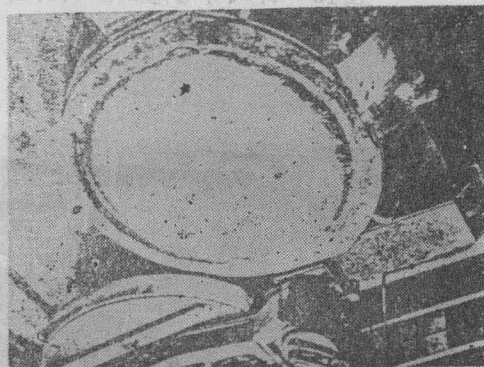


图21 立式感应炉——开盖

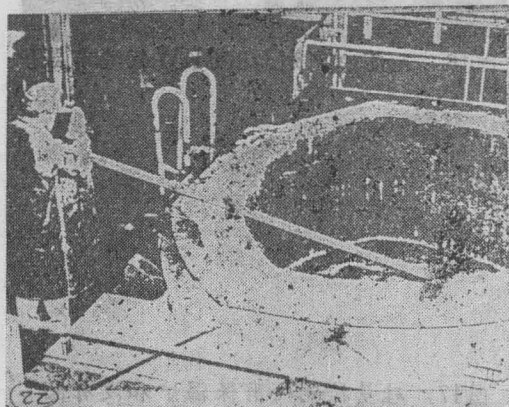


图22 立式感应炉——准备补炉

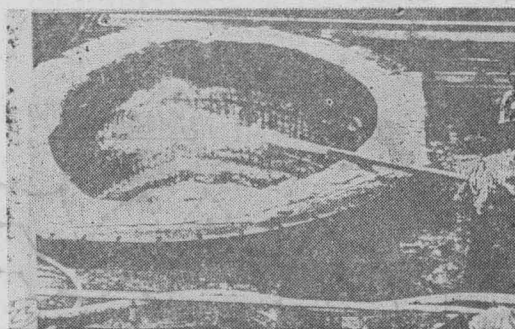


图23 立式感应炉——正在补炉

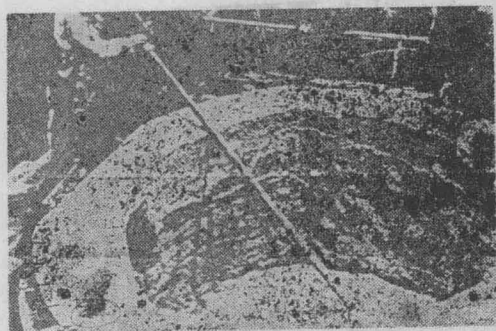


图24 立式感应炉——修炉完毕

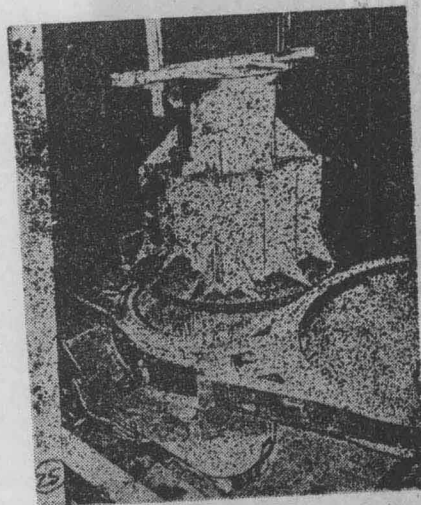


图25 料桶装料

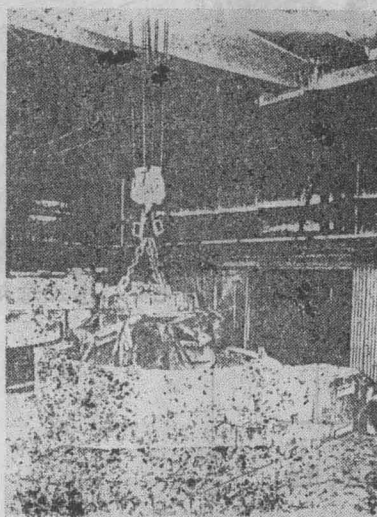


图26 电磁盘装料

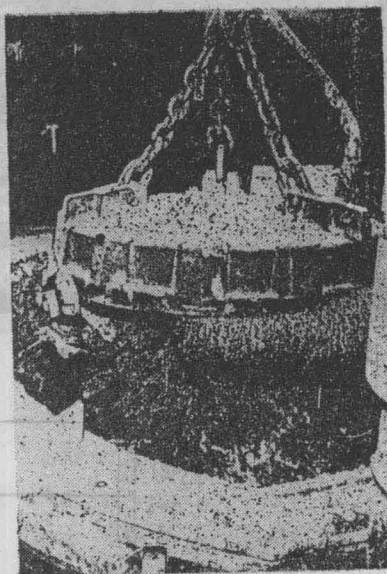


图27 装回炉料和铁屑料

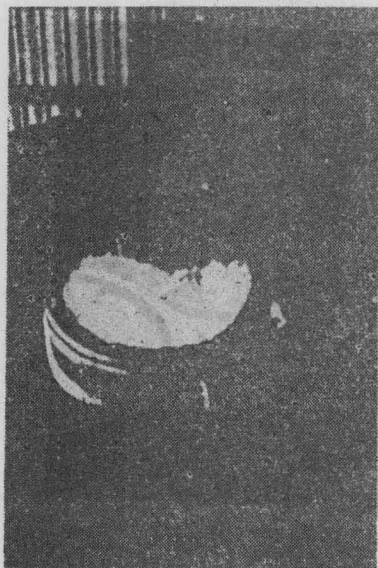


图28 熔化70%的铁屑料

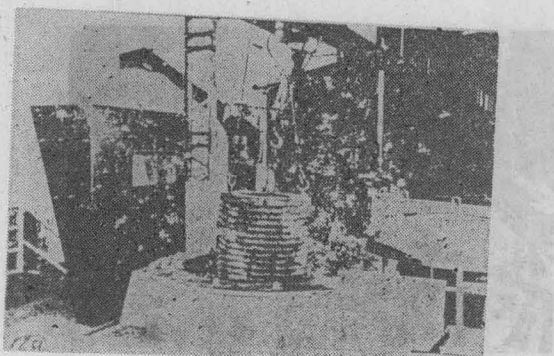


图29 将榨糖轧辊装进炉内

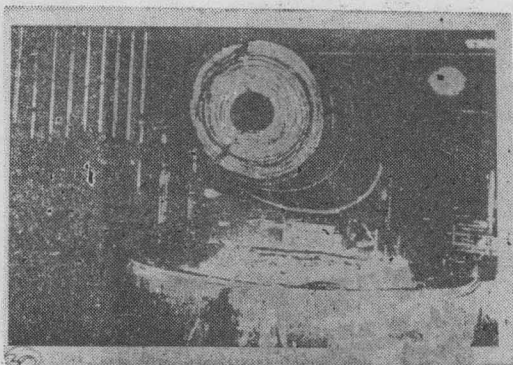


图30 将一卷铁带装进炉内

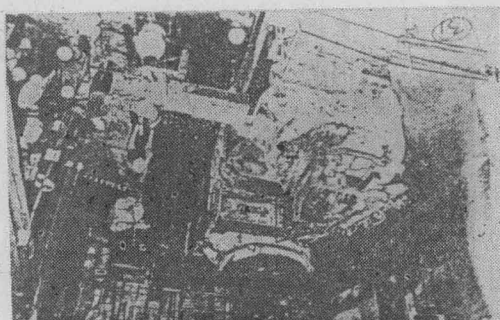


图31 两台600KW20吨有芯感应熔炼炉

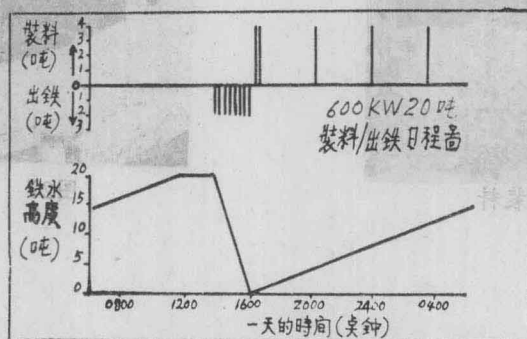


图32 装料/出铁日程图