

平炉炉底資料彙編

(內部資料)

武汉鋼鐵公司技术处技术情报科

前 言

平炉炉床是平炉结构中最重要部份，而其炉底的制作和维护是炼钢生产中的关键问题之一。所以炼钢工作者对此特别关心，对这方面的资料也很感兴趣。近几年来，世界各国对此进行了许多试验研究，出现了不少炉底制作的新方法，使炉底的烧结或打结时间大为缩短，炉底层减薄，质量不断提高，从而降低了炼炉率，节约了稀缺材料，提高了炉子产量。

几年来，为了减少冶金镁砂消耗、提高炉底寿命、降低炼炉率，我公司进行了许多炉底快速烧结及维护方面的试验研究工作。结合公司生产和科研的需要，我们特收集了国内外有关论文二十七篇，编译成册，专集出版。该彙编着重介绍了现代平炉炉底烧结、打结及维护的新方法、理论研究和试验成果。希望它对炼钢工作者和从事这方面研究的同志能有所帮助，并在促进这项试验研究及新经验推广中起到一定的作用。

在彙编过程中，得到公司炼钢厂、中央试验室及有关技术人员的大力协助，我们特此表示感谢。由于缺乏经验和水平有限，缺点错误一定很多，尚希读者不吝批评指正。

编 者

1963年11月

目 录

一、燒結炉底

平炉快速煉炉能手	1
烏拉尔煉钢工作者为发挥内部生产潜力而奋斗	4
大型平炉新炉底的快速燒結	7
平炉新炉底的燒結	10
降低煉炉率的途径	13
大型平炉炉底的快速加热与燒結法	17
傾动式平炉的快速煉炉	23
新炉底的燒結经验	27
用細粒鎂砂燒結炉底	39
破碎粉末在煉炉中的应用	41
用細粒耐火粉料修理碱性平炉炉底	43
平炉炉底的管理及维护方法	45

二、理論研究

燒結炉底的理論与实践	49
决定炉底寿命的因素	55
論冶金粉末顆粒組成对平炉炉底性能和寿命的影响	62
平炉快速燒結时炉底形成与损坏的物理化学过程	67
关于平炉炉底的某些特性	73
炉底燒結和损坏时的物理化学过程	77
炉底燒結层在煉钢氧化过程中的作用	81
金屬与平炉炉底的相互作用	88
熔池中碳与碱性平炉炉底的相互作用	93
平炉磚砌炉底的侵蝕机理	99

三、打結炉底

平炉打結炉底	103
采用茨萊斯比(Crespi)型打結平炉炉底	106

四、厂內試驗总结

高砂鎂砂及紅鎂砂煉炉試驗总结	110
武钢煉钢厂燒結炉底总结	122
炉底保护层的試驗	133

平炉快速炼炉能手

Г. А. 維諾格拉道夫

库兹涅茨克钢铁联合企业是平炉快速炼炉法的诞生地。从联合企业建立的初期至今天库钢的炼钢工作者们，一直为缩短炼炉时间而进行着始终不懈的斗争。这里的一些数字说明了库兹涅茨克人在这二十多年来所取得的成就。1936年炉子停修时间占了日历时间的10%，1938年停修时间缩减到5%，1950年已仅为2%，又过三年时间已缩减到了1%。在最近几年，库钢的大型平炉炼炉时间不超过日历时间的0.6—0.7%。这一切都是在冶炼相当复杂的钢种的情况取得的。

在1950—1955年期间，其他各厂在同型平炉炉底修补方面平均用去比库钢多四倍的时间。

大概我国的冶金工作者已人人皆知库钢炼钢工 А. Д. 拉烏斯金、И. Г. 莫基列夫采夫和 М. М. 普利伐洛夫的名字。为了把炉底热补停炉时间缩减到最小限度，这些人化费了许多精力。他们每个人对平炉炉底的操作工艺和维护组织进行了根本性的改进。

1934年四十五岁的总工长 А. Д. 拉烏斯金从顿巴斯来到了联合企业。在这个时候库钢已经建成了八座150吨的平炉。炉子工作得很不好，主要是由于对炉底的维护组织得很差。有的炉子每月停修炉底要损失达6—7昼夜。联合企业非常需要技术熟练的炼钢工，能够推翻外国专家所下的“布尔什维克只会建设巨型工厂，但由于缺乏干部不能使其发挥全部能力”的预言。

必须迅速改变炉底维护的工艺及炉子炼炉的组织工作。当时炉底的坑是由人工用木耙或铁耙清理的。操作极其繁重而且效率低，尤其是当坑很深并离出钢口很远时就更难，从这种坑里很难将金属完全除净，因而在炼炉后熔炼最初几炉钢时就造成了烧结层的破裂。

为了清除掉炉底上的凸包，美国顾问建议用大量高硅硅铁来浸洗炉底，这种做法使炉底形成了许多深坑。А. Д. 拉烏斯金拒绝了这种建议，并且从根本上改变了操作工艺和炉底维护组织工作：停止了用脱氧剂浸洗，在补坑时同时进行炉底的全面修补，并开始采用硅砖碎块和砂子投铺到炉底凸包处，为了减少炉底起凸包，建议将堵假门坎材料扒出炉外，另用铁矿石代替石灰石装于炉底上。为了彻底清除离出钢口远的深坑，А. Д. 拉烏斯金采取了大胆的手法，他建议用氧气烧大出钢口，从而彻底清除坑内残钢。有经验的工长严密地注意着出钢口的情况，因炉底能否正常使用及炉子整个工作俱取决于此。所有这一切几乎消灭了起坑而使停炉时间缩短了一半。

1936年 А. Д. 拉烏什金在我国冶金工作上首次采用了压缩空气清理平炉炉底。结果使炼炉时间缩短了不少。1950年 А. Д. 拉烏什金所服务的由三座大型平炉组成的炉组，炼炉时间为日历时间的1.47%，甚至于目前还有许多厂还没有达到这个成绩。祖国对这位老工长的功绩给予了应有的评价，授予了 А. Д. 拉烏什金五枚勋章，其中有两枚列宁勋章。

1961年1月11这位卓越的冶金学家81年的冶金生活终止了，他被安葬在库兹涅茨克冶金工作者公墓墓地，著名的俄罗斯炼铁家M.库拉科的坟墓旁边。库钢的优秀人物继承着A.Л.拉烏什金的传统，不断地改进炉子的工艺及维护组织工作。站王优秀人物前列的有И.Г.馬基列夫采夫和M.M.普里伐洛夫。

社会主义劳动英雄И.Г.馬基列夫采夫是在1931年来到库钢的。九年以后他被委任为炉组的总工长。利用同志们工作中丰富经验和自己的技术知识，И.Г.馬基列夫采夫取得了全国同型炉子最低的炼炉率。

1950年И.Г.馬基列夫采夫决定使补炉机械化。为此他建议将补炉机装备以反射式补炉勺。从前仅用补炉机补前墙和后墙，而补炉用的料粉还是用锹以人工投铺到炉底上。过去修补炉底要用一个五个人的小组，而且仅为投铺镁砂就要占去一个半小时。

补炉机械化后使用于炉底修补工作的人员减少了三分之二，并且使炉底各层的投铺时间缩短了三分之二。在新法补炉中由总工长操纵反射式补炉勺，而炼钢工操纵补炉机。

炉底修补的机械化将炉子炼炉时间占全部日历时间的百分比缩减到0.8—1.0%，这就使全国每年约可多炼50万吨钢。

经一年之后，И.Г.馬基列夫采夫制定了炼炉前预先扩大出钢口的方法。在炼炉前最后一炉钢的装料期就扩大出钢口，结果在保证炉底清理干净和烧结层寿命增长的条件下，炼炉时间缩短了25—30分钟。

1956年由于根据M.M.普里伐洛夫厚层烧结炉底方法的结果，И.Г.馬基列夫采夫又将炼炉时间缩短了20—30分钟。И.Г.馬基列夫采夫不仅是一个优秀的生产工人，而且还是一位卓越的教师。他付出了许多时间和精力来教育年青的工人用快速法优质地修补炉底。他的炉组的全体炼钢工和助手们一向无事故地安全生产，并且其炼炉率为全国最短。

社会主义劳动英雄M.M.普里伐洛夫的名字和库钢的历史是不可分割的，更确切地说而是和库钢炼钢生产的发展不可分割的。1933年他来到联合企业的炼钢车间还是个二十岁的小伙子。车间的行政领导马上就发现了他的天赋和无穷的精力。经过半年之后他就当了炼钢工，再经过两年之后为炼钢一车间四座炉子炉组的工长。

在他担任平炉总工长的1951年2月6日至1958年8月的期间，普里伐洛夫制定了铬镁砖平炉炉底快速炼炉的新工艺。快炼法包括炼炉的全部工序：用压缩空气快速清除炉底（20—25分），同时使用3—4根带耐热喷嘴的管子吹扫，不用酸性材料（硅砖碎块和砂子）进行侵洗，并以两厚层（120—150毫米）进行炉底机械化的快速铺炉，以保证铬镁砖炉子炉顶温度1750°的最大热负荷快速加热厚层，用较大数量的铁皮（15—18%）以机械化方法利用补炉机和装有篦条盖的料箱进行各厚层的渣洗操作。

一般的炼炉方法，要用大量的砂子来侵洗炉底，这就延长了炼炉时间，并且降低了烧结层的寿命。利用压缩空气进行炉底残渣残钢的清除，由一根或两根钢管引入，耗时1.0—1.5小时。炉底铺补3—4层较薄的烧结层，每层加热0.5—1.0小时。总共炼炉时间比采用快速法时要长1—2倍，而且烧结层的寿命还要短。

新法烧结炉底，我国是从1957—1958年当平炉大修后烧结新炉底时采用的。在保证炉底正常寿命的情况下，烧结层数由从前的18—22层减少到6—4层，甚至两层。这就使炉子大修时间缩短了3.0—3.5昼夜。

不烧透全部厚度的成功的炉底厚烧结层,可由烧结好的表面壳层具有足够的强度来证明。壳层阻止粒料浮起,在炉子冶炼过程中粒料逐渐被炉渣浸透,并且往深处烧结。用较大量的铁皮进行各厚层的渣洗,并在铬镁砖炉顶可能达到的高热负荷下进行各层的加热以使烧结层形成坚固的壳层。

过去为硅砖炉子制订的多层(层厚 15—20 毫米)烧结中获得了均匀密致的烧结层,这都能保证烧结层不至于破裂。

普里伐洛夫在库钢 390 吨平炉采用了自己的方法。结果这些炉子的炼炉时间由 1950 年占日历时间的 1.47% 下降到 1956 年的 0.6%,即每炉钢缩短 5—6 分钟,并且至今一直保持着这个水平,同时炉底使用了相当长的时间(10—11 年)。M. M. 普里伐洛夫将自己的经验传授给库钢炼钢车间的其他工长和炼钢工们,结果全库钢所有炉子的炼炉时间都缩短了,并且 1960 年各座 390 吨炉子的炼炉时间仅为日历时间的 0.76%。

1954—1958 年各大厂举办了铬镁砖平炉炉底快速炼炉的厂际训练, M. M. 普里伐洛夫以指导的身份参加了这次训练。由于举办这次训练的结果使全苏所有双槽炉子的炼炉率平均由 1955 年日历时间的 5.15% 下降至 1959 年的 2.24%,即下降一半多。其他炉组(130—200 吨的单槽平炉和 460—500 吨的大型平炉)的炼炉率也相应地降低到占日历时间 1.3% 和 0.4%。

在 1955 年—1959 年期间,全苏所有平炉的炼炉时间平均缩短了日历时间的 2.0%,这大约每年要多炼 110 万吨钢,并且每年节约 170 万卢布的固定费用。

纪海德译 陈茂力校

苏联“冶金学家”1962 年第 4 期

烏拉尔炼鋼工作者

为发揮内部生产潜力而奋斗

B. Γ. 普什科夫等

1961年在为完成社会主义工作任务的斗争中，斯维尔德洛夫斯克经济区的冶金工作者在平炉生产技术经济指标方面取得了很大的改善。

斯维尔德洛夫斯克国民经济委员会所属各企业的钢产量 1961 年为 1957 年的三倍，比 1960 年增长了 9%，单位产钢量相应地增加了 1.12 和 0.23%。平炉停炉总时间从 1957 年的 11.35% 下降到 1961 年的 8.1% 和 1962 年第一季度的 7.1%。平炉炉底的修补时间也大大地缩短了。

但是，目前在烏尔尔的炼钢工作者的工作中还存在着严重的缺点。在某些厂里总停炉时间还很长。例如：在庫什维斯克钢厂 1961 年总停炉时间为 10%，在下谢尔基斯克钢厂为 9.7%，在阿拉巴耶夫斯克钢厂为 9.9%。在许多钢厂里平炉热工制度全部自动化方面实现得很差，现有的自动装置使用效果不好。在个别企业中，平炉进行大修时，没有对炉子构造作重大改进促使加热能力的改善。

为了制订能保证缩短平炉停炉时间、提高耐火砖砌体的寿命、改进结构和热工作的措施，1962 年 4 月 17—20 日在谢洛夫钢铁联合企业召开了斯维尔德洛夫经济区各企业的炼钢車间主任、总工长、热工主任及优秀的炼钢工会议。其他各国民经济委员会所属各炼钢車间的工作者也应邀参加了会议，其中有庫茲涅茨克钢铁联合企业、茲拉托烏斯托夫斯克钢厂、伊日夫斯克钢厂、哈萨克钢厂、彼得罗夫斯克—外貝加尔钢厂和雷斯纹斯克钢厂。参加会议工作的还有许多研究院的科学工作者。

谢洛夫的冶金工作者们为会议的参加者表演了快速炼炉：平炉生产期中的炉底烧结和冷修后用磨碎的耐火粉料打结炉底。

从 1960 年起在谢洛夫钢铁联合企业开始采用磨碎的耐火粉料进行炉底烧结和打结的试验工作。利用在碾压机上碾细的 MIIK 号鎂砂、废鎂砖和鎂砖粉以及在萨特金《鎂砖》厂配制的鎂混凝土作为烧结材料。所有这些粉料的特征是不含粗粒级颗粒(大于 2.5 毫米)，并且含有大量细于 0.2 毫米的细粉(35—40%)。磨细的废鎂砖粉以各种不同的比例作为附加料加入磨细的鎂砂中。粉料用带有 30—40 毫米直径孔眼钢板盖的料箱送入炉底，将料箱向各方翻转，粉料就均匀地铺滿整个炉底。个别不均匀的地方利用压缩空气进行铺平工作。该层经过 45—60 分钟加热之后就用铁皮渣洗。

根据已经历的十七个炉龄期得出的结论，这种烧结层的寿命要比一般烧结层长 40%。鎂砂颗粒紧密的结合完全不许铁水渗入烧结层。谢洛夫钢铁联合企业 1962 年第一季度平炉炉底的炼炉时间为 0.7%，而三月份则为 0.52%。

目前，在冷修期间所有炉底都采用打结。打结采用干的磨细镁砂或不掺任何附加料的磨细的废镁砖粉。这种打结炉底的寿命要比一般烧结炉底寿命高出 0.5 倍。将砌砖与修补炉底结合进行可使炉子停炉时间缩短 4—6 小时。

目前，谢洛夫钢铁联合企业正在贯彻新炉底快速烧结法的工艺。必要的烧结厚度是以厚层铺料而不将全部厚度完全烧结透的方法达到的。为了形成一个整体的壳层，烧结层用铁皮进行渣洗，这时铁皮使该层 $1/3—1/4$ 深度(40—50 毫米)部分的烧结材料结合成整体。该层未烧结透的部分则在炉底使用过程中由于铁的氧化物渗入烧结材料而形成整体。大修后，新炉底烧结采用两层，历时 7 小时 35 分钟。库什维斯克钢厂在谢洛夫钢铁联合企业总工长巴雷什尼克领导下采用单层烧结，用 5 小时 16 分钟烧结了一座新炉底。

会议决定于 1962 年内在斯维尔德洛夫国民经济委员会所属各企业贯彻这个平炉炉底烧结的先进方法。根据各先进钢厂的经验会议建议严格地按计划进行平炉的检修，实行全盘机械化，并且在繁重的拆炉工作上采取措施改善劳动条件，利用爆破进行拆除砌砖和清理炉渣，广泛地采用耙渣装置清除沉渣室钢渣和固定式卷扬机清除蓄热室的格子砖以及广泛地采用固定式和移动式皮带运输机及大型吊斗(废砖，废物箱)，组织向检修地点连续送料，炉子大修中还采用大块安装法在平台上下部进行，并在检修时广泛采用焦炉煤气切割金属。

为了节约耐火材料起见，推荐采用已使用过的砖来砌筑工作平台以上的上升道、蓄热室格子砖的下部、铺沉渣室的底层、封砌沉渣室及蓄热室门，并且尽可能使用标准异形砖。

东方耐火材料研究院建议扩大镁质高级耐火混凝土及砌块用于平炉各砌体的试验。在车间装备有吊运设备的条件下，采用这种材料可以保证操作工业化，减少劳动量，缩短检修期限和改善劳动条件。

目前，在新塔吉尔钢铁联合企业已经完成了镁铬质砌块的试验，砌块重为 360—500 公斤，保萨尔金斯克钢厂耐火材料车间制造的。第一批是用废镁铬砖和冶金镁砂制成的，第二批是用《镁砖》厂配制的混凝土拌合料制成的。砌块用于炉体上部高出车间平台水平面的上升道部分、前墙墙垛及渣线以上的后墙中，两批砌块的寿命表明和砖砌体一样(按炉头计算为 385、418 炉)。采用了铬镁质的气硬砂浆作为火泥胶结砌块和砖。

改善平炉热工制度的措施中应当指出的是，要有牢固的密封料和炉子的隔热层，装设余热锅炉，进行最合理的使用重油燃烧法的试验研究工作，并且在各厂中心试验室现有的试验小组的基础上组织单独的热工试验室。

为了今后进一步实现和更有效地利用现有的自动装置，会议建议委托全苏冶金热工科学研究所、冶金自动装置研究所乌拉尔分所和新塔吉尔钢铁联合企业进行以煤气及重油供给热能的平炉热力系统的全盘自动化。改善平炉热工制度是和改善平炉的结构分不开的。以高炉焦炉混合煤气供热的炉子最合理的结构参数都已知道了，然而主要由于不能更大的提高热负荷，限制了今后进一步提高操作指标。

全苏冶金热工科学研究所对用高热量的冷燃料供热的国内外炉子结构所作的分析表明，只要炉子具有足够大的炉底面积和扩大它的蓄热系统就可以获得良好的结果。

全苏冶金热工科学研究所对炉底面积扩大与生产率增长的关系作了计算，结果是炉底面积每扩大 1% (蓄热室体积亦同)使平炉生产率提高 0.3—0.35%。

会议建议按照全苏冶金热工科学研究所的设计，1963 年在新塔吉尔钢铁联合企业的一个

炼钢車间建一座单上升道炉头和扩大炉底面积的平炉。

建议设计单位在编制现有炉组改建设计和新炉子建设中，预计在冶炼进程中清除蓄热室格子砖和从格子砖孔下部除渣的可能。

会议参加者赞同阿拉巴耶夫斯克钢铁联合企业关于按照烏拉尔車輛制造厂总工长 С. Я. 巴林的方法用耐火泥料搗打平炉炉墙的倡议。炉墙搗打试验是在 1961 年 7 月—1961 年 9 月期间进行的，其中一座炉子经过 289 炉后才停炉进行计划冷修，拆换炉顶、格子砖及沉渣室。打结的前后墙下部被保留了下来，扒炉之后将其重新用下列成份的耐火泥料进行搗打：渣线以下——82% 磨细的碎鎂砖，10% 铁皮，8% 耐火粘土和 8—10% 水玻璃(以干料体积计算)；渣线以上——80% 磨细的废鎂砖(从炉顶拆下的炉顶砖)，10% 耐火粘土，10% 铁皮(当鎂铬砖含 FeO 小于 10% 时才加铁皮)和 8—12% 水玻璃(以干料体积计算)。

炉子熔炼了 198 炉钢，由于搗打炉墙的传热性比砖低，因而单位燃料的消耗量降低了 15 公斤/吨。

1962 年 5 月炉子再次停炉进行计划冷修，炉墙经受了 396 炉才重新进行搗打，并且还保留了后墙。

目前耐火泥料的成份已加以改变，完全不用铁皮。

平炉各部份用的搗打泥料的成份如下(%)：

	碎鎂砖	耐火粘土	水 玻 璃 (按干料计)
熔炼室内的炉墙(高于渣线 250 毫米以上)	90—94	6—10	8 以內
熔炼室内的炉墙(从炉底至高出渣线 250 毫米处)	90—95	5—10	7—10
	碎鎂铬砖	耐火粘土	水 玻 璃
熔池的全部堤坡	90—94	6—10	7—10
前墙墙梁(渣线以上)	90—94	6—10	8 以內
用于搗打出钢口	80—85	15—20	8—10

所有泥料的水份应在 6~8% 之间。泥料的化学成份如下(%)：

Cr ₂ O ₃ *	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	水 份
0—5	4—6	3—6	≤6	≥76	2—4	6—8

炉子采用废钢法生产，炉料中 60—70% 废钢，其他均为炼钢生铁块。

阿拉巴耶夫斯克的冶金工作者在采用炉衬的新方法时，提出了如下任务：

- 1) 要使熔炼室打结炉墙的寿命不短于炉底的寿命；
- 2) 配好炉墙上部(渣线以上)用的耐火泥料的成分；
- 3) 在炉子使用期中做好打结炉墙的补炉工艺；
- 4) 扩大搗打泥料用于平炉其他部份。

鉴于交流先进经验的重要性，会议請求斯维尔德洛夫斯克国民经济委员会每年召开一次炼钢工作者会议，并要求下一次会议在 1963 年第一季度召开。

纪海德译 陈茂力校
苏联“冶金学家”1962 年第 11 期

* Cr 的原子价为 2、3、6 价，故原文 Cr₂O₅ 可能为 Cr₂O₃ 之誤——譯者注。

大型平炉新炉底的快速燒結

M.Γ.柯扎諾夫等

(馬格尼托哥爾斯克鋼鐵公司)

在較高的熱負荷下使用鐵皮進行新爐底的厚層快速燒結法可以大大地縮短爐底的燒結時間，改善燒結質量和延長爐底的壽命。在圖中引載了燒結時間與結燒結層數的關係曲線。

爐子煉爐率從1950年的2.58%縮減到1959年的1.13%這一事實說明了燒結質量提高和燒結層壽命延長。用鐵皮代替平爐渣使燒結時間縮短，使爐底的壽命延長。1954年在兩座中型爐子爐底燒結中曾摻用了少量的鐵皮，結果第一座爐子的燒結時間縮短為204小時15分，第二座爐子縮短為168小時25分。到下次煉爐為止，第一座爐子共煉了21爐鋼，第二座爐子煉了27爐鋼。1955年在類似爐底的燒結中，加入的鐵皮量比渣多。燒結工作延續到127小時50分鐘，到下次煉爐為止爐子煉了44爐鋼。

1959年兩座大型平爐爐底燒結時，單用鐵皮進行渣洗，但燒結時則採用了僅為鐵皮量一半的渣。燒結時間在第一座爐子上縮短為46小時，在第二座爐子上縮短為53小時15分。到下次煉爐為止兩座爐子各煉了70和50爐鋼。

1960年在同樣的爐子上完全沒有使用平爐渣。燒結時間在第一座爐子上為41小時，在第二座爐子上為39小時35分。到下次煉爐為止所煉鋼的爐數相應各為82爐和90爐。

熔化的鐵皮很好地滲透到砌磚層的深处，並且填補了砌磚層的灰縫和氣孔。在厚層燒結和渣洗時，使用鐵皮作為混合料的組分可以加速燒結速度，提高燒結質量，並且形成致密的高耐火度的燒結層(層厚為40~45毫米)。這是因為鎂砂更好地被氧化鐵所飽和及 SiO_2 含量降低的緣故。

根據1960和1961年使用鐵皮進行爐底厚層燒結的經驗，在馬鋼進行了4座大型平爐爐底的燒結工作。這幾座爐子爐底的燒結是由M.Γ.聶契金總工長領導的。

下面闡述了有關兩座平爐爐底的燒結情況，爐子的尺寸如下：

	A 爐子	B 爐子
熔池長度(米)	17.8	25.0
熔池寬度(米)	5.9	6.65
熔池深度(米)	1.20	1.30

爐頭是單上升道式的，沉渣室和蓄熱室頂是懸吊式的平頂。B爐子的蓄熱室是雙面式的。A爐子用冷焦爐煤氣和重油加熱，而B爐子用冷天然煤氣和重油(按熱量計30—35%)加熱。重油用10—11大氣壓的蒸汽霧化。

爐底砌磚層參數：

	A 爐子	B 爐子
爐門坎水平以下的後牆坡度	45°	45°

前墙坡度	43°	45°
堤坡坡度	34°	35°
炉底倾向出钢口的坡度	6°	7°

炉底烧结采用了 MII9 号镁砂、焙烧白云石及从型材轧机均热炉碱性炉底上取得的干燥氧化铁皮。材料的化学成分如下(%)：

	SiO ₂	FeO	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	MnO	Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅	R ₂ O ₃	灼碱
镁砂·····	1.40	—	1.80	94.5	1.60	0.10	0.60	—	—	0.3
焙烧白云石	—	—	—	31.1	63.1	—	—	—	2.30	0.89
铁皮·····	0.15	42.4	56.0	0.35	0.40	0.53	—	0.07	—	—

镁砂的颗粒组成：

0.8 毫米以下	14.0%
0.8—8.0 毫米	77.0%
8—10 毫米	9.0%

烧结用的混合料严格地按照重量配制，并且仔细地进行搅拌。为了缩短工作中的停顿时间，预先将一批批的混合料装入容量为 2 米³ 的料斗。料斗的数量与炉门数相适应（供 A 炉子用的有 5 个，供 B 炉子用的有 7 个）。当补炉机从一炉门移往另一炉门时，混合料从料斗中倒入补炉机内。每次备制的混合料只供一层烧结层用。炉底、堤坡、炉墙的铺料和砌砖层及炉底的渣洗工作仅使用补炉机和反射勺完成。为了使炉底形成所需的内型，在铺料时边上的炉门比中间的炉门多给混合料。在烧结之前，炉子经过很好地加热。当炉底表面温度达到 1880—1900° 和炉顶温度达到 1820—1830° 时（根据光学高温计），开始用铁皮进行炉底砌砖层的渣洗工作。炉底吸收了所投入铁皮的 85—90%。

铁皮沿炉底、炉墙和堤坡均匀地分五次加入，每次间隔 15—20 分钟。同时对热负荷进行了调整以使砌砖层的温度状况无显著的变化。A 炉子渣洗了 3 小时 15 分，B 炉子渣洗了 4 小时 25 分。A 炉子用了 40 吨铁皮，B 炉子用了 70 吨铁皮。在加入最后一批铁皮之后，降低了热负荷。没有被砌砖层完全吸收的少量的铁皮溶液马上放入渣罐中去，然后立即开始铺第一层镁砂。

A 炉子炉底第一层是用纯镁砂铺的，而 B 炉子是用掺入 15% 铁皮的镁砂混合料铺成的。A 炉子第一层的铺料工作延续了 15 分，B 炉子延续了 30 分。第一层料铺好之后，将热负荷加大。A 炉子这一层加热了 2 小时 20 分，B 炉子加热了 1 小时 30 分。然后，再开始在堤坡和炉墙上铺第一层料。A 炉子的炉墙及堤坡是用掺有 18.5% 铁皮的镁砂混合料烧结成的，而 B 炉子则是用掺 20% 铁皮的镁砂混合料烧结成的。A 炉子堤坡及炉墙第一层的铺料时间为 3 小时 15 分，B 炉子为 3 小时 20 分。

第一层铺料结束之后，A 炉子经过 9 小时 5 分和 B 炉子经过 8 小时 35 分后才开始铺第二层料。A 炉子第二层铺料化费了 15 分，B 炉子化费了 30 分。在第二层铺料结束之后，A 炉子经过 9 小时 5 分，B 炉子经过 7 小时 20 分之后才开始铺第三层料。A 炉子 15 分钟铺完，而 B 炉子 25 分钟铺完。烧结第二层和第三层用的混合料含有 20% 的铁皮，而烧结炉墙根及堤坡用的混合料则含有 23% 的铁皮。堤坡，后墙及前墙是在炉底每层铺料后单独铺的料。在各层铺料之间的时候准备好烧结料。在每层加热终了时，按炉门选取烧结样，并且用眼睛

观察分析以确定烧结层的烧结质量。

在炉底、炉墙及堤坡的第三层加热和取了烧结样之后，开始用纯铁皮对已经烧结好的各层进行渣洗，直到出钢口出现铁皮溶液为止。A 炉子渣洗是在第三层铺料结束又经 5 小时 40 分之后才开始的，而 B 炉子则经 4 小时 50 分之后便开始。B 炉子铁皮是分 4 次均匀地加入整个炉底，每次间隔 15—20 分钟，共历时 1 小时 50 分。A 炉子铁皮分两次加入，每次间隔 15 分钟，共历时 40 分钟。A 炉子用了 25 吨铁皮，B 炉子用了 38 吨铁皮。在放出少量的渣之后，马上开始用纯镁砂铺第四层料，其厚度为 100 毫米。

A 炉子，32 吨镁砂分三次投铺，每次间隔 30 分钟，共历时 2 小时 35 分。B 炉子，44 吨镁砂也分三次投铺，每次间隔 15—30 分钟，共历时 2 小时 50 分。

在这层厚层铺料后，A 炉子经 2 小时 15 分和 B 炉子经 3 小时 35 分之后，用 7—10 吨纯焙烧白云石铺一薄层，历时 20 分钟，并且在较低的热负荷下加热之后，A 炉子和 B 炉子，各又经过 1 小时之后，开始用纯铁皮对烧结层进行最后一次的渣洗。

渣洗进行到出钢口出现渣液为止。A 炉子加了 20 吨铁皮，历时 1 小时 20 分，而 B 炉子则加了 30 吨铁皮，历时 1 小时 45 分。在放渣之后即停止送煤气，使炉子冷却 30—40 分钟以便减轻装在炉底的铁矿石对高温下软化的烧结层的机械及化学影响。A 炉子的烧结总时间为 39 小时 35 分，B 炉子为 41 小时 20 分。

烧结材料的耗量如下：

镁砂
铁皮：

渣洗用
烧结用

白云石

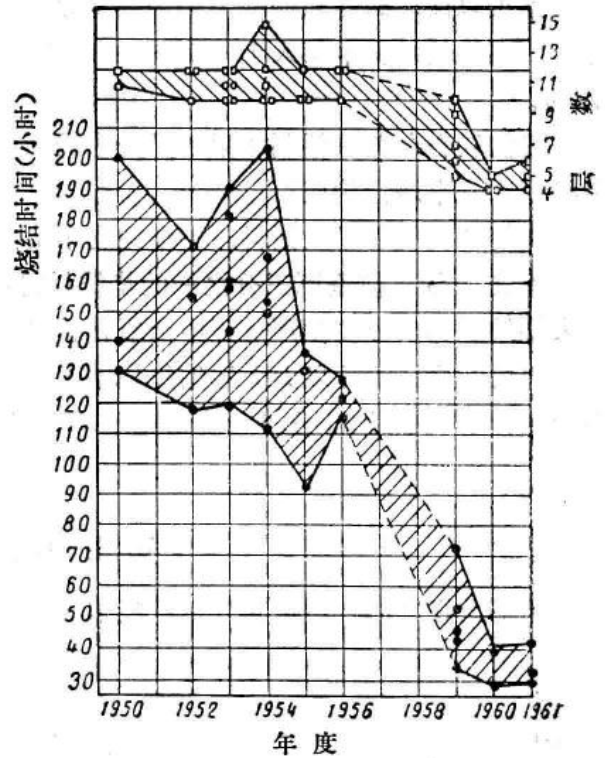
A 炉子	B 炉子
65,950 公斤	109,800 公斤
85,000 公斤	138,000 公斤
7,400 公斤	16,825 公斤
7,000 公斤	10,000 公斤

到下次炼炉为止 A 炉子熔炼了 88 炉钢，在生产期间炉底没有产生坑洼和积渣积钢现象。B 炉子由于钢水面低，所以在熔炼完 21 炉钢后即炼炉以增加烧结层的厚度。经炼炉之后到下次修炉为止炉子熔炼了 103 炉钢。

可见，在保证炉底长寿的条件下可以将烧结时间缩短三分之二到四分之三。

纪海德译 刘树振校

苏联“冶金学家”1962 年第 9 期



马钢平炉新炉底逐年的烧结时间和烧结层数
(每点相当于一次烧)

平 炉 新 炉 底 的 燒 結

B. II. 費拉托夫等

在不久以前，碱性和酸性平炉炉底是分 11—15 层烧结的，并且全部烧透。为了加速烧结的速度，在烧结材料中加入 10—15% 的炉渣。烧结时间，包括炉底砌砖层的渣洗在内为 65—75 小时。

在我们联合企业里编制和采用了先进的新炉底快速烧结工艺。从 1958 年起烧结了三个碱性炉底和一个酸性炉底。

快速烧结法就是厚层铺料，整个深度不全部烧结透。为了形成整体的烧结层，各层用铁皮进行渣洗，铁皮使全厚三分之一的烧结材料粘结起来。实际上确定烧结深度为 40—50 毫米。未烧结透的部分在生产过程中当氧化铁侵入烧结材料时形成整体。

采用快速烧结法可以大大地缩短烧结时间，并且保证烧结层长寿。一座 170 吨碱性平炉的新炉底曾用 7 小时 35 分钟就烧结完了，一座 90 吨酸性平炉炉底 16 小时 50 分钟烧结完了。

碱性炉底的烧结

在炉子大修之后，新炉底分两层烧结。炉底面积为 46.4 平方米，熔池深度为 950 毫米，

格子砖体积为 193 立方米，沉渣室体积为 45 立方米。炉底镁砖层的厚度为 590 毫米。炉子用重油加热，镁铬砖炉顶。采用废钢矿石法操作，兑 50% 的铁水。根据图 1 所示的进度表进行干燥和烘炉。炉顶温度由安装在主炉顶中部的铬镍—铝镍热电偶来控制。炉底砌砖层渣洗前，在炉顶温度 1600—1750° 下炉子保温 11 小时。烧结采用《超级》镁砂和经 10×10 毫米筛

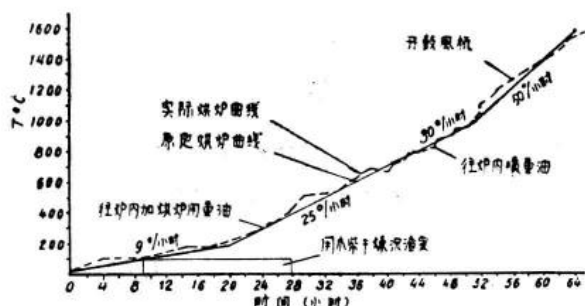


图 1 碱性平炉干燥及烘炉进度表

子筛过的轧钢铁皮，其化学成份如下(%)：

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	灼减
镁砂	3.16	0.59	1.91	—	3.93	90.0	0.40
铁皮	0.72	0.40	44.64	51.25	0.36	0.20	—

当格子砖加热到 1330° 和炉顶温度达 1750° 时，开始进行炉底砌砖层、炉墙及堤坡的渣洗。渣洗分两次进行，共历时 2 小时 20 分钟。在两次渣洗之后，在整个炉底表面上积聚了一洼渣液，这说明了砖层已完全被氧化铁所浸透。熔池渣洗共用去铁皮 14 吨，即占全部烧结材料的 23%。在整个渣洗期间，炉顶温度未曾下降到 1600° 以下(图 2)。往炉内投送烧结材料

的全部工序均由补炉机来完成。机械化使这些工序的时间缩减到最短，使炉子冷却较小，并且大大地减轻了工人的劳动。

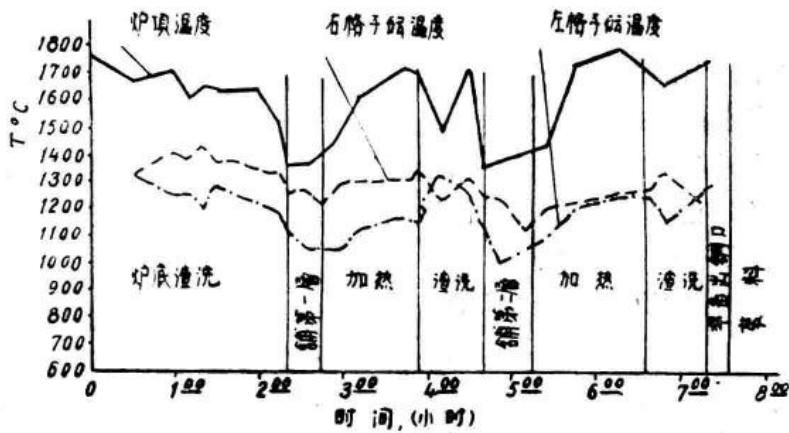


图 2 碱性炉底烧结期间炉顶及格子砖上部的温度

在铺第一层镁砂之前，将剩余的熔化铁皮从炉内放出。两层均铺以纯镁砂，不参加其他熔剂。第一层的厚度为 60 毫米，第二层的厚度为 120 毫米。两层均在炉顶温度 1720—1780° 下进行加热，第一层历时 1 小时 10 分，第二层历时 1 小时 20 分。在这样的加热时间内，镁砂颗粒尚未烧结，只是在经过铁皮渣洗处理后才粘结起来。每层必须用铁皮渣洗两次。由于第一次渣洗在烧结层表面存有氧化铁，这就显著地提高烧结层的传热性，因此在第二次加入铁皮时，氧化铁更深地侵入烧结层的内部。剩余的炉渣经出钢口放出。

第一层由于厚度不大，并且炉底上有剩余渣存在故为全烧结层，而第二层则为半烧结层。全部烧结时间，包括炉底砌砖层渣洗在内为 7 小时 35 分。

第一炉钢装入量为 125 吨，以冷炉料熔炼，而第二炉则恢复正常装入量。在使用过程中烧结层损坏均匀，并且没有发现烧结层破裂的现象。在四个月中炼炉率为 0.85%（而这个期间全车间的炼炉率为 1.50%）。

酸性炉底的烧结

一座用混合煤气及重油加热的酸性平炉，在 16 小时 50 分钟内完成了新炉底的快速烧结。该炉顶为硅砖炉顶，炉底面积为 29.6 平方米，格子砖体积为 78 立方米，沉渣室体积为 40 立方米。炉底砌砖层、炉墙及堤坡用磨细和块状酸性平炉渣进行了渣洗，其化学成份如下(%)：

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO
54—55	2.4—4.6	0.50	7.1—11.7
CaO	MgO	MnO	Cr ₂ O ₃
3.5—5.9	0.9	21.5—23.9	2.0—2.6

为了获得流动性更大的炉渣熔液，在酸性炉渣中加入了 15% 的铁皮。四次渣洗用补炉机完成和两次手工渣洗（前墙和堤坡）。渣洗用了 3 吨炉渣。渣洗后整个炉底积聚着一层渣液（从左到右堤坡），渣经过出钢口放出。

渣洗期的热工制度特征如下：

煤气耗量，米³/小时

9000

重油耗量, 公斤/小时	500—600
空气耗量, 米 ³ /小时	14000
炉顶温度, °C	1550—1600
空气蓄热室格子砖上部温度, °C	1150
炉膛压力, 毫米水柱	2

渣洗时间为 2 小时 50 分。烧结材料采用了 50% 磨碎的石英岩和 50% 石英砂组成的混合料。石英岩用 6 毫米筛孔的筛子过筛, 石英砂用 4 毫米筛孔的筛子过筛。

石英岩及石英砂的化学成份如下(%):

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO
石 英 砂	92.44	2.21	2.05	1.65	0.41
石 英 岩	95.80	1.69	1.17	0.89	0.12

用补炉机将烧结材料打入炉底、后墙和两端堤坡, 而前墙则用人工投扔。前三层每层的厚度为 25 毫米, 每层用了 2 吨烧结材料。

兹将各层的烧结时间列于下表。

各 层 的 烧 结 时 间 (小时一分)

层	次	铺	料	加	热	共	计
第	一	层	0~40	2~20	3~00		
第	二	层	0~40	2~30	3~10		
第	三	层	0~30	2~40	3~10		

每层整个厚度全部烧结透。用钩子来检查烧结的质量。当钩子在表面试探时, 如果钩子沿炉底滑过, 这就表明烧结质量良好。烧结后的 80 毫米厚的第四层(工作层)大概为半烧结的。在第四层烧结中采用了和前三层同样成份的混合料, 其耗量为 4.5 吨。烧结材料用补炉机打入, 但前墙仍用人工投扔。铺料时间为 1 小时, 加热时间为 2 小时 40 分。

经过加热之后, 第四层用酸性平炉炉渣(1.5 吨)进行渣洗。在炉底所积起的少量炉渣经出钢口放出。在装料前 5 分钟在炉墙和堤坡上面撒以砂子。

在各层加热和渣洗期间均保持了最高温度制度(对硅砖炉顶)。全部烧结时间为 16 小时 50 分。在使用过程中炉底侵蚀均匀, 没有发现烧结层破裂的情况。在 10 个月的工作期间炉子炼炉率为 0.84% (全车间为 1.0%)。

纪海德译 刘树振校
苏联“冶金学家”1962 年第 8 期

降低炼炉率的途径

Г.Е. 盖尔曼依捷

降低炼炉率可以同时通过两种途径来实现：缩短炼炉时间和提高两次炼炉之间的炉底寿命。

一、缩短炼炉时间

各厂平炉的炼炉时间极不相同，一般为 2—10 小时或更长一些。所以有这样的差别，首先是由于采取的炼炉方法以及机械化程度不同所决定的。

炼炉时间首先决定于炼炉前作好及时和细致的准备工作。具有完整的一套所必需的设备 and 工具，及时供应炼炉所必需的材料，所有直接或间接参加炼炉的人员确切执行自己的职责，是保证快速炼炉的必需条件。

及时的消除炉底和出钢口的高坎以及为保持熔池的形状所作的其它努力都可以使炉内钢水和渣子完全出净，并使吹炉底开始前的准备时间缩短到最短。为此目的，炼炉前的最后一炉钢应尽可能的计划冶炼低碳沸腾钢，并保证出钢时有流动性良好的熔渣。

在保证正常准备工作的条件下，缩短炼炉时间可以靠采用最合理的先进炼炉法来实现。为了最大限度的缩短吹除炉底残钢残渣的时间，必须在出钢和出完钢到开始吹炉底这一段时间内不允许补炉。在这段时间内炉子温度不应过高，因为温度过高这将不可避免地导致熔渣变稠，堵死出钢口和恶化吹炉底的条件。吹炉底必须同时用三根最好由耐热钢制成的管子（在不得已时用两根管子），并在尽可能减少或者完全关闭燃料供应的情况下进行。为了避免管子的迅速氧化，最好用浓的石灰浆将其刷白。在同时用 2—3 根管子吹炉底时，压缩空气的压力应不小于 4.5—5 个大气压。吹炉底时用 6—9 个大气压的氧气可以获得最好效果。在吹除炉底残钢残渣结束以后，炉底进行专门加热，也和加料开始前炉底进行冷却一样，是不合理的。

投铺镁砂和铁皮的最繁重操作广泛采用机械化和炉底多层烧结改为单层烧结法可以最大限度的缩短炼炉时间。每层的适当厚度，各车间应按炉子工作条件和冶炼的钢种来决定。烧结方法（层数）对炼炉时间的影响见表 1 所列资料。采用单层烧结代替多层烧结可缩短炼炉时间将近 30%。

不同烧结方法的炼炉率

表 1

1957 年 多层 烧结					1959 年 单层 烧结 (6 个月)			
装 入 量 (吨)	炼炉时间 (时—分)	寿 命 (炉数)	寿 命 (昼夜)	炼炉率 (%)	炼炉时间 (时—分)	寿 命 (炉数)	寿 命 (昼夜)	炼炉率 (%)
380	4—24	24.1	11.0	1.4	2—56	34.6	15.9	0.8
270	5—42	26.0	12.4	1.85	3—49	29.3	14.1	1.10
140	5—10	26.3	10.0	2.08	3—26	35.2	13.5	0.93

二、炼炉机械化

最简单的机械化形式是将镁砂由料槽投至炉底随后沿熔池表面吹开。在许多工厂是用设有特殊带孔(图1)或栅条盖子的料槽来投铺和渣洗炉底,从而大大改善了劳动条件。但是,采用类似的方法完全使熔池形状达到要求是不可能的,所以在投铺以后投铺层必须再用人工或压缩空气来找平。

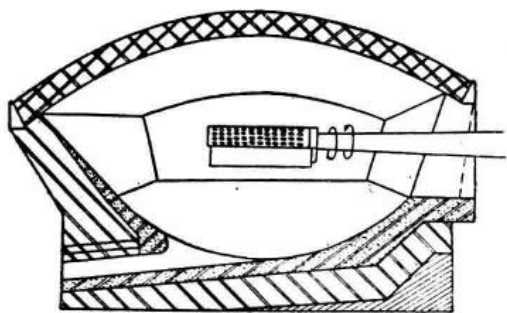


图1 用装料机渣洗炉底

浪费,降低了补炉和炼炉质量,因此没有得到广泛的使用。

皮带式补炉机应用最广。新下塔吉尔钢铁公司的平炉使用的补炉机是弟巴尔柴夫斯克机器制造厂制造的。补炉机是由小车、安装在小车上的投铺机械和补炉材料漏斗组成的。补炉时漏斗装镁石的容积为23吨,装白云石为19吨。

投铺机械(图2)是由传动轮1、紧带轮2、调节轮3、卷筒4、无极皮带5、和手柄7组成的,用手柄来改变调节轮和整个投铺机械沿垂直中心线转动的位置。长度为3000毫米的皮带转速达12米/秒,可以保证补炉材料(沿水平方向)投掷12.5米。投铺机械由220V直流电动机6来驱动。反射大勺支持在专门的转动手柄上,转动手柄加固在支架上。由于大勺能转动和倾斜各种不同角度(图3),因此材料可以均匀地分布在熔池的整个表面上。

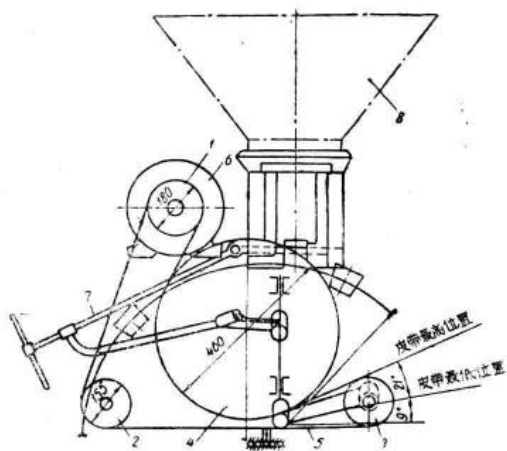


图2 补炉机的投铺机械

- 1—传动轮; 2—紧带轮; 3—调节轮;
4—卷筒; 5—皮带; 6—IIIH-85型电动机(功率5.6千瓦,转数1000转/分);
7—手柄; 8—漏斗。

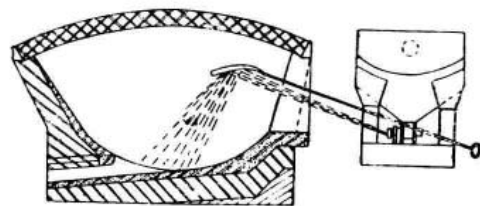


图3 用补炉机投铺镁砂时使用反射大勺的示意图

补炉机的主要缺点如下:

- 1)补炉机工作时镁砂损耗大;
- 2)操纵补炉机的人员遭受强烈的热幅射刺激;