



小高炉低温炭捣炉衬

冶金工业出版社

小高炉低温炭捣炉衬

《小高炉低温炭捣炉衬》编写组

冶金工业出版社

小高炉低温炭捣炉衬
《小高炉低温炭捣炉衬》编写组

冶金工业出版社出版
新华书店北京发行所发行
冶金工业出版社印刷厂印刷

850×1168 1/32 印张 3 9/16 字数 93 千字
1975年6月第一版 1975年6月第一次印刷
印数0,001~6,600册
统一书号: 15062·3143 定价(科二) 0.32元

毛主席语录

在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。

序 言

在毛主席的无产阶级革命路线指引下，钢铁工业战线上的广大职工高举“鞍钢宪法”的旗帜，自力更生，艰苦奋斗，破除迷信，解放思想，广泛开展了技术革新和技术革命。各地区在多快好省地建设中、小型高炉的同时，对于解决炉龄问题，从事了大量的试验研究工作，积累了丰富的经验。本书所介绍的小高炉低温炭捣炉衬的经验就是其中的一个方面。

小高炉低温炭捣炉衬的诞生，也曾经历了两种思想、两条路线的激烈斗争。早在一九五六年以前，四川等地的小高炉已使用热炭捣炉衬。一九五八年以后，也曾在一些大、中型高炉上采用过。但由于大叛徒刘少奇所推行的修正主义办企业路线的干扰和破坏，加之，当时所采用的热炭捣施工工艺劳动条件较差，炉衬质量不易保证，因此炭捣炉衬未能获得继续改进和推广。“革命是历史的火车头”，在无产阶级文化大革命运动中，广大工人、技术人员和革命干部奋起批判了刘少奇一类大肆散布的爬行主义、洋奴哲学、唯心论的先验论等谬论，清算了他们的罪行，进一步发扬了敢想、敢干的革命精神。湖南冷水江铁厂的广大职工，与参加试验的冷水滩耐火材料厂、包钢设计院、一冶建研所、洛阳耐火材料研究所和武汉钢铁设计院的工人、技术人员一起，并肩战斗，克服了重重困难，首次在该厂100立方米高炉上成功地采用了低温炭捣炉衬。

“一个正确的认识，往往需要经过由物质到精神，由精神到物质，即由实践到认识，由认识到实践这样多次的反复，才能够完成。”高炉低温炭捣炉衬的试验工作，在冷水江铁厂取得初步成果的基础上，先后又在信阳铁合金厂、下陆钢铁厂、灵川钢铁厂等高炉炭捣炉衬施工中进行了多次，不断完善了施工工艺，

初步摸索出一套获得高质量低温炭捣炉衬的施工经验。经过8~100立方米高炉十五个炉次的施工和冶炼不同铁种的生产实践考验，初步获得了经济、实用、长寿的良好效果。

为总结和交流低温炭捣炉衬的设计、施工和生产经验，编写了《小高炉低温炭捣炉衬》一书，供炼铁生产和施工单位的工人、技术人员及领导参考。在编写过程中，为进一步提高书稿质量，于1974年8月召开了有冷水江铁厂、邵东钢铁厂、灵川钢铁厂、信阳铁合金厂、连云港光明炭素厂、广西冶金建设公司、略阳钢铁厂、湛江钢铁厂、鞍钢修建部、新余钢铁厂和武汉钢铁设计院等单位参加的三结合审稿会。与会同志积极热情地对书稿提出了许多宝贵意见，在此一并表示诚挚的谢意。

本书由武汉钢铁设计院郝运中同志执笔编写，欧阳有进、银汉等同志参加审编。但由于编写组同志学习马列主义和毛主席著作不够，政治思想和业务水平有限，书中可能存在不少缺点错误，热诚希望同志们批评指正。

《小高炉低温炭捣炉衬》编写组

一九七四年十月

目 录

第一章 低温炭捣炉衬的概述	1
第一节 高炉炉衬的工作特点及低温炭捣在小高炉中的应用	1
第二节 低温炭捣炉衬形成的基本原理	4
第二章 影响低温炭捣炉衬质量的因素	7
第一节 原材料的选择及配比	7
第二节 焦粉、沥青粉的粒度	10
第三节 焦炭灰分含量	14
第四节 炭捣料的温度	15
第五节 捣固工具	16
第六节 烘炉	17
第三章 低温炭捣炉衬的结构	20
第一节 炭捣炉衬的部位	20
第二节 炉衬厚度及冷却方式	21
第三节 风、渣、铁口区域的炉衬	21
第四节 保护砖衬的砌筑	28
第四章 低温炭捣施工	31
第一节 对原材料的要求	31
第二节 炭捣料的准备	32
第三节 炭捣工具和设备的准备	34
第四节 配料试验	38
第五节 施工人员的培训及捣固实习	41
第六节 低温炭捣施工工艺	42
第七节 炭捣炉衬质量检查	47
第八节 炭捣施工的安全及劳动保护	50
第五章 高炉采用低温炭捣炉衬的实例	52
第一节 冷水江铁厂2号100米 ³ 高炉	54
第二节 邵东钢铁厂30.7米 ³ 高炉	64

第三节	信阳铁合金厂冶炼锰铁高炉.....	72
第六章	低温炭捣炉衬的发展方向.....	93
第一节	不烧炭块的试制过程.....	94
第二节	灵川钢铁厂80米 ³ 锰铁高炉震动成型不烧炭块 炉衬	98
第三节	不烧炭块与炭捣和焙烧炭砖的比较	104

第一章 低温炭捣炉衬的概述

第一节 高炉炉衬的工作特点及低温炭捣 在小高炉中的应用

在高炉炼铁过程中，炉内存在着两种连续不断的运动过程：一种是固体炉料缓慢下降，并逐渐被加热；另一种是炉缸中焦炭燃烧生成的高温煤气，夹带着高温挥发物质的蒸气和矿石、焦炭的粉末，穿过料层，扫过炉壁，高速上升。

高炉生产中，炉衬长期承受着高温、炉料的机械磨损、煤气的冲刷和渣铁的化学侵蚀等多种物理、化学以及相当强烈的热应力作用。高炉一代生产中炉衬的工作负担是相当沉重的。因此，针对高炉各个部位的工作特点，选择相适宜的炉衬材质及合理的结构形式，对于减缓炉衬的侵蚀速度、延长高炉寿命具有重大的意义。

我国高炉长期的生产实践表明，粘土质耐火材料已不能完全适应高炉强化生产的需要。加之，粘土耐火砖制造工艺较复杂，砌筑前要经过磨砖、选砖、预砌等烦琐工序，不但花费了大量人力、物力，而且施工缓慢。因此，寻找一种施工简便、投资小、材料来源广、寿命长的炉衬材料，已成为中、小高炉建设发展中急待解决的课题之一。

多年来，高炉生产实践证明，炭质耐火材料是高炉的理想炉衬材料。它具有许多特点，主要是：耐高温，导热性好，热膨胀小，不粘渣、铁和炉料，高温耐压强度高，耐磨性强，抵抗渣、铁和煤气的化学侵蚀作用强。这些都是高炉中、下部炉衬所需要的特性，也是深受炼铁生产的同志们欢迎的一种炉衬材料。

但由于目前我国的炭砖生产和供应还不能满足高炉建设的需

要，因此，在中、小高炉上，为充分发挥炭质耐火材料的优越性，采用了炭捣炉衬。

自从1956年以来，在我国高炉上曾经采用过以低灰分的焦粉和沥青、焦油混合油在温度高于 140°C 的条件下混匀后，用捣固设备在炉内捣成的热炭捣炉衬。在热炭捣施工过程中，工人要手持热捣锤在 $120\sim 160^{\circ}\text{C}$ 并散发出有毒气体的炭捣料上进行捣固，劳动条件差，影响施工人员的身体健康。在这种情况下，就很难将炉衬逐层、逐块地捣结成均匀、密实的整体，影响炉衬的寿命。由于这些因素的影响，炉衬质量不易保证，因此热炭捣未能获得推广。

本书所介绍的低温炭捣是炭捣施工工艺上的一次改革，原材料与过去的热炭捣基本相同。为了适应低温炭捣施工工艺的要求，改变了炭捣原材料的准备、处理工艺，调整了炭捣原材料的配比，从而改善了炉内捣固施工的劳动条件。低温炭捣与热炭捣的比较见表1。

自从1970年冷水江铁厂2号高炉（ 100米^3 ）第一次试验低温炭捣炉衬以来，到1974年已有十五座炉容 $8\sim 100\text{米}^3$ 高炉采用低温炭捣炉衬，并相继建成投产。从冶炼的铁种看，有炼钢生铁、铸造生铁和锰铁；从采用低温炭捣炉衬的部位看，已从冶炼普通生铁高炉的炉底、炉缸、炉腹、炉身下部，发展到冶炼锰铁高炉全部采用低温炭捣炉衬。锰铁小高炉采用低温炭捣炉衬以后，炉衬寿命提高了几倍，初步解决了锰铁高炉炉衬短寿的难题。

在总结了冷水江铁厂2号高炉采用低温炭捣经验的基础上，冷水江铁厂、冷水滩耐火材料厂、信阳铁合金厂和武汉钢铁设计院等单位，密切协作，共同努力，通过多次反复试验以及几个炉次的炭捣施工和高炉生产实践，进一步完善了低温炭捣施工工艺，提高了炭捣炉衬质量，并总结出了一套低温炭捣的施工经验。

为了进一步改进炉衬的施工工艺，在试验研究过程中，根据低温炭捣炉衬“炉内烧成”的原理，曾用低温炭捣混合料制成的

低温炭捣与热炭捣的比较

表 1

序号	项 目	热 炭 捣	低 温 炭 捣
1	配料比	焦粉：沥青：焦油 = 83~85 : 8~12 : 5~7	焦粉：沥青：焦油 = 83~85 : 8~9 : 7~8
2	炭捣前混合料温度①	140~180℃	50~65℃
3	送入搅拌机前原材料的温度	(1) 混料前焦粉加热到 140~200℃ (2) 焦油、沥青粘结剂，混料前加热到 130~160℃	(1) 混料前焦粉温度一般在 60~80℃ (2) 常温下研磨成小于 1 毫米的沥青粉 (3) 脱水焦油混料前的温度 60~80℃
4	捣固温度	120~160℃	35~65℃ (不高于沥青软化点)
5	焦粉粒度	1~0毫米自然级配	1~0毫米自然级配
6	粘结剂	利用均匀分布到焦粉颗粒周围的粘结剂 140~180℃ 时的塑性，将炭捣料粘结成一整体	捣固时主要依靠焦油和沥青粉表面软化后的粘结作用，将混合料粘结成一整体
7	炉内捣固的劳动条件	工人手持热捣锤在 120~160℃ 并散发出沥青、焦油气体的炭捣料上施工，劳动条件差，对工人身体危害极大	操作环境温度接近大气温度，炉内捣固的劳动条件较热炭捣大有改善，沥青粉加工劳动条件仍较差有待改进
8	炭捣炉衬的质量	由于炉内捣固的劳动条件差，捣固时降温速度快，每层捣固时间短促，难于捣成均匀、致密的整体炉衬，捣固质量难控制	捣固时温度的影响程度较热炭捣小，捣固质量易控制

① 指捣固时混合料的铺料温度。

试块，在隔绝空气下高温焙烧，结果两块试块牢牢地粘结成一体。这一试验启示了我们。随后大量的试验结果表明：采用炉外机械成型的不烧炭块砌筑成的高炉炉衬，通过烘炉和高炉开炉生产以后的炉内高温焙烧，可以粘结成一个整体的高炉炉衬。在此基础上，使用连云港市光明炭素厂生产的震动成型不烧炭块，

在广西灵川钢铁厂容积80米³的锰铁高炉进行全炭衬 不烧炭块砌筑，这座高炉已顺利投产，情况良好。

第二节 低温炭捣炉衬形成的基本原理

低温炭捣炉衬，就是采用粒度小于1毫米的冶金焦粉为基体，掺入一定数量粒度小于1毫米的沥青粉和一定数量的脱水焦油为粘结剂，在不低于35°C又不超过沥青软化点的料温下混匀的混合料，在高炉中利用捣固设备挤压成型的致密的机械结合体。

与热炭捣不同，低温炭捣是在低于沥青软化点而保持焦油具有良好塑性温度的条件下捣固的。它是靠焦粉中加入粘结剂并混合均匀，使液体焦油均匀地粘附在焦炭颗粒的表面和周围，将分散的焦炭颗粒胶结成具有可塑性的混合物，通过捣固，挤压成密实的整体炉衬。

低温炭捣混合料的粘结剂是由一定配比的焦油和沥青粉组成的。在一定的混料温度下，虽然焦油具有较好的流动性，并可使混合料具有良好的塑性，有利于混料和捣固操作，但是，由于焦油含挥发分高、固定碳低，因此，炭捣体经过高温焙烧，挥发分挥发以后，在焦粉表面和颗粒之间不能析出足够的碳量将分散的焦粉固结成均匀致密的整体；而沥青含固定碳高，挥发分低，炭捣体中掺入沥青，经过高温焙烧，沥青碳化形成的沥青焦将分散的焦炭颗粒固结成一个整体；随着温度的升高，焦炭中析出的高温分解物又与沥青中的化合物相聚合，形成新的化合物，因此，炭捣体经过高温焙烧，强度显著提高，其根本原因是，焦粉颗粒表面和周围，由于沥青碳化后形成的沥青焦将分散的焦炭颗粒连结成坚固的整体。

从信阳铁合金厂高炉炉缸取出的炭捣炉衬试样，在显微镜下观测表明：炭捣体在高炉中经过高温焙烧，其组织结构发生了显著变化，焦炭颗粒的棱角已消失。在单偏光镜下观测时，只能辨别出大颗粒焦炭的轮廓，小颗粒焦炭的外形已分不清；焦油、沥

青粘结剂几乎完全变成细小鳞片状的集合体。这些集合体或与焦炭颗粒互相连生，或穿插排列，把焦炭颗粒包围起来，尤其明显的是将细小的焦炭颗粒连结成一个整体(见图1)。这就进一步证实了粘结剂在炭捣体中的作用。



图1 经过焙烧的低温炭捣炉衬显微照片

1—大颗粒焦炭；2—小颗粒焦炭和粘结剂连结成的整体；3—充填
在气孔内的粘结剂变成的集合体；4—外来灰分；5—气孔

经过高温焙烧的炭捣体宏观组织也发生了显著的变化，组织变得致密，常温耐压强度显著的增高了。表2中列举的数据，就是信阳铁合金厂4号高炉炭捣施工时取出的未焙烧的炭捣体样块以及高炉生产三个月以后从炉缸中取出的炭捣炉衬样块的检验结果。炭捣体经过烘炉和开炉后炉内高温焙烧，常温耐压强度提高了1~3倍，容重也显著增加。虽然经过高温焙烧，挥发分已排除，一般讲气孔率应当显著增加，但由于炉内温度与压力的作

用，使炭捣体更加致密，气孔率增加就不很明显。

炭捣炉衬焙烧前、后主要特性表

表 2

类别	样号	名称及部位	常温耐压强度 (公斤/厘米 ²)	容重 (克/厘米 ³)	气孔率 (%)	备 注
焙烧前	6~4	未焙烧的炭捣体	90	1.38	24.0	武钢耐火材料厂检验
	10~1	同上	139	1.46	22.0	同上
	11~15	同上	161	1.43	22.0	同上
焙烧后	1	炉缸内侧炭衬	464	1.77	21.0	同上
	2	铁口区中部炭衬	320	1.59	24.0	同上
	3	铁口区靠近炉皮炭衬	200	1.56	24.0	同上
	4	炉缸炉内侧炭衬	678	1.69	25.4	冷水滩耐火材料厂检验
	5	炉缸炉皮侧炭衬	313	1.62	22.4	同上
	6	炉缸炭衬	400	1.67	21.3	同上

综上所述，对于以冶金焦为基体的低温炭捣炉衬，焙烧前主要依靠焦油的粘结作用，在压力下成型后，形成以焦粉、沥青粉、焦油为混合物的机械结合体。焙烧以前，由于焦粉颗粒之间焦油的连结作用较弱，炭捣炉衬的强度较低。高温焙烧以后，炭捣体中的粘结剂碳化，形成沥青焦，将分散的焦炭颗粒连结成整体，成为坚实、致密的炉衬，实现了炭捣体的“炉内烧成”。

第二章 影响低温炭捣炉衬质量的因素

第一节 原材料的选择及配比

低温炭捣与以往的热炭捣原材料基本相同，但为了适应低温炭捣施工工艺的特点，改变了原材料的准备、处理工艺，调整了原材料的配比。

目前各厂采用的低温炭捣都是以冶金焦为基体，但也曾做过以无烟煤、天然石墨为基体的炭捣样块的小型试验。虽然无烟煤具有固定碳高、硫低等优点，但多数无烟煤的热稳定性差，焙烧过程中体积收缩大（见表3）。如果使用未经热处理或焙烧温度不够的无烟煤，炭捣体升温后产生二次收缩，使炭捣体出现裂纹或不均匀变形；因此，如果用无烟煤做炭捣原材料，则必须在使用前进行热处理，但由于处理工艺复杂，消耗劳动力多，给使用带来了一定的困难。

无烟煤在不同焙烧温度下性能的变化

表 3

性 能 温 度 (℃)	技 术 性 能				
	真 比 重 (克/厘米 ³)	容 重 (克/厘米 ³)	挥发分含量 (%)	气 孔 率 (%)	体积收缩率 (%)
常温	—	1.50	5.72	—	—
800	1.69	1.52	2.30	10.06	13.74
1000	1.72	1.54	2.04	10.07	14.93
1200	1.76	1.56	0.91	11.30	24.25
1350	1.77	1.57	0.70	11.20	25.00

天然石墨的化学成分虽比冶金焦优越，但其组织结构多为层状或片状，层片间的结合力弱，压力成型时层片间易滑动，加之天然石墨的组织结构与沥青焦的组织结构差别很大；因此，以层片状的天然石墨为基体的炭捣体难以捣结密实，而且经高温焙烧

后组织粗松，强度低，所以层片状天然石墨不适于做炭捣炉衬的主要材料。

冶金焦在炼焦过程中，经过高温焙烧，焦炭中大部分挥发分已经排除。因此，以冶金焦为基体的炭捣体，当温度变化时，体积稳定，残余收缩小。冶金焦的几何棱角尖锐，压力成型时，能够相互镶嵌在一起，而且冶金焦的组织结构与沥青碳化后形成的沥青焦相近似，高温焙烧后也容易形成均一致密的整体。这就是以冶金焦为基体的炭捣体比无烟煤或天然石墨为基体的炭捣体常温耐压强度高的主要原因。

以往的热炭捣粘剂用量（沥青加焦油）多在15~17%，沥青：焦油=2：1。各厂在不降低炭捣体主要技术性能的前提下，都力图增加粘剂中沥青的配比，减少炭捣体中的挥发分，提高炭捣体的强度。这一经验对于低温炭捣也有同样的指导意义。

第一次试验低温炭捣时，由于缺乏经验，采用的炭捣料配比为焦粉：沥青粉：焦油：柴油=83.50：8.25：6.87：1.38。按此配比捣成的炭捣体中挥发分含量比热炭捣约高20%左右。为了减少低温炭捣体的挥发分，提高炭捣体的密实度，通过多次的试验摸索，从炭捣料中取消了柴油，并减少了焦油的配比。实践证明，只要料温控制适当，取消柴油后，不但有利于捣固操作，还增加了炭捣体的密实度。

为使炭捣体在烘烤前具有足够的强度，也必须严格控制焦油的用量。如果焦油量少，焦粉颗粒之间粘结不了，混合料松散，捣不紧；如果焦油过多，捣固时焦炭颗粒相互滑动，炭捣面此起彼伏，也捣不实，而且高温焙烧时，由于挥发分大量排除，引起炭捣体肿胀，冷却以后又引起炭捣体过大的体积收缩，使炭捣体质地疏松并产生裂纹。

高炉炭捣施工的实践表明，对于以冶金焦为基体的低温炭捣，较为适宜的炭捣配料比，%：

冶金焦粉	沥青粉	脱水焦油
83~85	8~9	7~8

两种炭蜡工艺粘蜡剂配比与炭蜡料中挥发分含量的估算值

表 4

序 号	工 厂 及 炉 号	高炉有 效容积 (米 ³)	配 料 比 (%)				挥发分含量(估算值) (%)			备 注	
			焦 粉	沥青粉	焦 油	柴 油	低温挥发分	高温挥发分	总计		
低温炭蜡											
1	冷水江钢铁厂2号高炉	100	83.50	8.25	6.87	1.38	4.13	4.95	9.08	1970年8月第一次采用低温炭蜡 1974年2月第二次采用低温炭蜡	
2	冷水江钢铁厂2号高炉	100	84.30	6.40	9.30	—	3.72	4.79	8.51		
3	冷水江钢铁厂3号高炉	100	83.50	8.25	8.25	—	3.30	5.28	8.58		
4	下陆钢铁厂2号高炉	100	83.00	9.00	8.00	—	3.20	5.52	8.72		
5	略阳钢铁厂1号高炉	100	83.50	8.25	8.25	—	—	—	—		
6	灵川钢铁厂1号高炉	80	84.00	8.00	8.00	—	3.20	5.12	8.32	1962年资料 1964年资料 1965年资料	
7	酒埠江钢铁厂3号高炉	50	85.50	7.70	6.80	—	2.72	4.63	7.35		
8	邵东钢铁厂2号高炉	30.7	82.70	8.20	9.10	—	3.65	5.46	9.11		
9	信阳铁合金厂1号高炉	13	84.00	8.50	7.50	—	3.00	5.20	8.20		
10	信阳铁合金厂4号高炉	8	84.05	8.40	7.55	—	3.02	5.17	8.19		
热炭蜡											
1	首钢		85.00	10.00	5.00	—	2.00	5.20	7.20		
2	八一钢厂3号高炉		84.00	10.60	5.40	—	2.16	5.54	7.70		
3	涟源钢铁厂1号高炉		83.00	11.00	6.00	—	2.40	5.82	8.22		
不烧炭块											
1	冷水滩耐火厂用260吨压砧机 压制的不烧炭块试验数据; 配料方案(3)		85.00	8.00	7.00	—	2.80	4.88	7.68	已砌筑在灵川钢铁厂1号高炉中	
2	配料方案(4) 光明炭素厂生产的震动成型 不烧炭块		85.00	10.00	5.00	—	2.00	5.20	7.20		
3	略阳钢铁厂1号高炉用300 吨压砧机压制的不烧炭块		84.00	12.00	4.00	—	1.60	5.76	7.36		
			85.05	8.40	6.55	—	2.62	4.93	7.55		

注: 本表所列的数值为计算值, 取样检验结果与之近似。