

1955-1985

科技成果选编

建筑材料专辑

冶金工业部建筑研究总院

一九八五·北京

《科技成果选编》(1955—1985)

专 辑 目 录

建筑材料专辑

地基基础专辑

钢筋混凝土结构专辑

钢结构专辑

工程抗震和隔振技术专辑

施工和计算机应用技术专辑

焊接技术专辑

测试仪表和试验检验技术专辑

环境评价和环境监测专辑

废水处理专辑

烟气治理和通风除尘专辑

冶金渣综合利用专辑

编 辑 委 员 会

主 任 委 员 邓思诚

副 主 任 委 员 刘鹤年 朱启东 马德森

陈 康 王伯琴

委 员 (按姓氏笔画为序)

马德森 王吉望 王伯琴

邓思诚 台炳华 邢书君

朱启东 向文寿 刘鹤年

陈 康 陈录如 张友文

张云生 张洪钧 张锡光

周文权 周文瑛 赵丕华

侯忠良 袁公权 顾直青

徐冰青 崔志澍 梁富治

程良奎

本专辑责任编辑 徐冰青 范静英

编 者 的 話

今年，是冶金工业部建筑研究总院建院三十周年。

三十年来，特别是党的十一届三中全会以来，冶金部建筑研究总院的全体科技人员和职工，在冶金工业部党组领导下，贯彻执行科技工作为经济建设服务的方针，以各个时期冶金重点建设工程和企业技术改造项目为主要服务对象，辛勤劳动，艰苦奋斗，解决了不少关键性技术课题，提出了近千项重要的科学技术研究成果，对推动冶金建筑 and 环境保护科学技术的进步，促进冶金工业生产建设的发展，做出了贡献。

为开发和推广技术水平较高，经济效益和社会效益较好的科技成果，我们从建院三十年来，特别是全国科学大会以来的成果中，经过审慎选择，编纂成这套《科技成果选编》（1955—1985），以期更好地推动科技进步，为发展冶金工业和四个现代化建设，做出更大的贡献。

《选编》收入文章近四百篇，并按专业分为建筑材料、地基基础、钢筋混凝土结构、钢结构、工程抗震和隔振技术、施工和计算机应用技术、焊接技术、测试仪表和试验检验技术、环境评价和环境监测、废水处理、烟气治理和通风除尘、冶金渣综合利用等十二个专辑，以便读者选用。

《选编》收入的文章，虽经重新审核和反复筛选，但仍难免存在疏漏和舛误，敬请读者和同行专家指正。

一九八五年十月

本 专 辑 目 录

不定形耐火材料的研究与应用.....	(1)
轻质耐热混凝土及其应用.....	(11)
耐火混凝土热态动弹性模量.....	(21)
耐火可塑料的研究与应用.....	(29)
加热炉滑管双层绝热预制包扎技术研究与应用.....	(37)
加热炉炉顶预制块吊挂技术研究与应用.....	(45)
耐火钢筋混凝土平吊顶在加热炉上的应用.....	(57)
粘土结合浇注料及其应用.....	(65)
超高铝水泥耐火浇注料的研究与应用.....	(73)
GBN—50耐高温水玻璃浇注料及其应用.....	(81)
捣打盛钢桶整体内衬.....	(91)
高温节能涂料及其应用.....	(103)
高炉新型热风阀用耐火材料.....	(113)
不定形耐火材料的剖析与研制——南京钢铁厂氯化球团工程.....	(119)
鸡西三道沟硅线石的研究与应用.....	(125)
蓝晶石的研究与应用.....	(135)
环氧煤焦油的研制及应用.....	(141)
抹压与衬砌沥青胶泥防腐工程施工总结.....	(149)
密实水玻璃耐酸混凝土的研究与应用.....	(157)
3301聚酯玻璃钢在硫酸尾气烟囱工程中的应用.....	(163)
MC烟囱防腐涂料.....	(169)
氯化橡胶-丙烯酸涂料的研究与应用.....	(173)
含氟聚合物浸渍石墨的研究与应用.....	(179)
YJ型硅酸锌防锈涂料.....	(187)
低收缩聚酯混凝土及其在大型酸洗槽中的应用.....	(195)
YJ型呋喃树脂胶泥.....	(205)

包钢含氟烟气净化设备防腐技术.....	(213)
武钢冷轧酸洗专用石材.....	(221)
冶金电解厂房电腐蚀及非破损电位检测法.....	(227)
钢筋锈蚀电化学综合评定法.....	(237)
钢丝网镀塑技术的研究与应用.....	(245)
YJ建筑粘结剂的研究与应用.....	(249)
防水混凝土的研究与应用.....	(257)
石灰膨胀剂配制填充用膨胀材料.....	(269)
聚氯乙烯胶泥的研制及应用.....	(275)
密封防水材料的研究与应用.....	(283)
钢丝网短石棉水泥中波瓦的研究与应用.....	(289)
膨胀珍珠岩砂浆的研究.....	(299)
JN混凝土减水剂的研制与应用.....	(307)
ESJ混凝土复合早强剂作用机理的研究.....	(317)
膨胀混凝土与座浆法.....	(325)
萘系减水剂作用机理模型.....	(333)
KF砂浆微孔塑化剂作用机理.....	(345)
超塑化剂对水泥浆体流变特性的影响.....	(351)
缓凝型减水剂3FG—2及TF对水泥水化硬化的影响.....	(357)

不定形耐火材料的研究与应用

孙启俊 袁公权

摘 要

本文从组成材料、品种、生产应用以及编制标准等几个方面,综述了不定形耐火材料的发展概况,重点介绍我院在不定形耐火材料研究和应用方面的成果。近三十年来,我国的不定形耐火材料已从原来的单一品种发展形成包括耐火浇注料、可塑料、捣打料、喷涂料、涂抹料和耐火泥在内的系列。应用部位由一般的工业窑炉进入高温领域,使用温度达1300~1600℃,广泛应用于冶金、石油、化工、建材、水电、机械等部门的各种窑炉中。本文还展望了今后我国不定形耐火材料的发展方向,要在提高质量的基础上,扩大现有不定形耐火材料的使用,以节能和降低消耗为中心发展新品种,研究施工与应用技术,建立生产与施工技术队伍。

一、前 言

建院初期,为适应冶金工业的建设需要,我院开始研究与应用耐火混凝土,主要品种为硅酸盐水泥混凝土,一般用于热工窑炉的基础、烟道等低温部位,使用温度在1200℃以下。1965年在轧钢加热炉应用矾土水泥耐火混凝土,逐步扩展了在工业窑炉的应用范围,耐火混凝土的品种显著增加,各地陆续建立了耐火混凝土生产车间,迅速形成生产能力。1975年以后,钢铁、化工部门引进工程中不定形耐火材料数量很大,为消化引进和国内代用,相继试制成功可塑料、投射料、捣打料、喷涂料和涂抹料等不定形耐火材料,形成了不定形耐火材料系列,同时制订了产品的国家标准、部标准或有关施工规程。目前,不定形耐火材料的应用已经由一般的工业窑炉进入高温领域,使用温度达1300~1600℃,广泛应用于冶金、石油、化工、建材、水电、机械等部门的各种窑炉中。

二、组成材料的研究

不定形耐火材料均由耐火骨料(包括粉料)和结合剂或加入外加剂组成。

在骨料方面,早期使用安山岩、玄武岩、辉绿岩等天然原料以及矿渣和废粘土质耐火砖等,以后则主要采用硬质粘土熟料(焦宝石)和高铝矾土熟料为基本骨料,且获得最为广泛的应用。铬渣是生产金属铬时的矿渣, Al_2O_3 达80~85%, Cr_2O_3 为9~14%,

耐火度为1850~1900℃,这种材料首先作为不定形耐火材料的骨料被发掘大量利用,因其性能良好开辟了多种用途。1962年,我院对锆英石作为特殊骨料进行了研究,以广东锆英石($ZrO_2 \geq 64\%$ 、 $SiO_2 < 32\%$)配制不定形耐火材料并在工程中的应用。近十年来,刚玉、碳化硅等特殊骨料的使用也日益增多,因此,在不定形耐火材料的骨料方面,已经形成硅铝质(粘土质和高铝质等)、碱性材料(镁砂等)、特殊材料(碳化硅、锆英石等)较为完整的骨料品种系列。

轻质不定形耐火材料大多采用轻骨料配制,主要用于轻质耐火浇注料或喷涂料。

轻骨料采用蛭石、陶粒、珍珠岩、轻质砖颗粒等,使用温度一般在700℃以下,最高达到1000℃。氧化铝空心球容重小、质量优良,可用于1600℃的高温窑炉,但因价格昂贵,难于大量采用。近年研制成功的多孔耐火熟料,以焦宝石熟料粉或矾土熟料粉为主要原料,经1200~1300℃焙烧而成,将于近期形成生产能力,那么,整个轻质不定形耐火材料轻骨料品种系列也将趋于完善。

在结合剂方面,不定形耐火材料采用水硬性结合剂、化学结合剂和陶瓷结合剂三大类。

水硬性结合剂早期采用硅酸盐水泥和矿渣硅酸盐水泥,六十年代以后,矾土水泥(高铝水泥)成为最主要的品种,并开始生产应用铝—6C水泥、低钙铝酸盐水泥(高铝水泥—65),1968年开始试制与生产纯铝酸钙水泥(氧化铝水泥),水硬性结合剂质量显著提高,1979年为满足宝钢建设及其他重点工程的需要,开始研制电熔超高铝水泥,这种水泥具有高强度、高耐火度、快硬早强及中、高温强度高特点,主要矿物成分为CA、 $\alpha-Al_2O_3$ 及少量 $C_{12}A_7$,其性能指标与法国、美国、日本同类产品相近(表1)。

化学结合剂主要有磷酸盐、硫酸盐、水玻璃等。骨料为粘土质、高铝质、刚玉质、锆质等材料时,应用较多的是磷酸和磷酸二氢铝。当采用碱性材料骨料时,近来多采用三聚磷酸钠、六偏磷酸钠等。此外还研究了复合磷酸结合剂,如磷酸-硫酸铝、磷酸-硼酸等。水玻璃作为结合剂最早广泛应用,但使用温度一般为1000℃以下,近年来研究调整其组成,使用温度有了显著的提高。

超高铝水泥性能对比

表 1

名 称	化学成分(%)				比表面积 (cm^2/g)	凝结时间 (时·分)		抗折强度 (kg/cm^2)		抗压强度 (kg/cm^2)	
	Al_2O_3	CaO	SiO_2	Fe_2O_3		初凝	终凝	1天	3天	1天	3天
法国 Secar 80	80.50	18.00	0.20	0.15	—	—	—	—	—	—	—
美国 CA 25	80.02	17.28	0.32	0.16	—	0:25	0:51	20.4	21.28	245	376
日本 HACs	79.96	18.14	0.10	0.18	13416	0:16	0:21	31.0	17.1	—	430
日本超高铝水泥	78.34	16.94	0	0.36	10257	0:10	0:17	30.2	—	111	—
中国超高铝水泥	79.01	18.50	0.20	0.31	9450	0:13	0:48	45.0	—	164	—

陶瓷结合剂应用较多的主要为结合粘土,将结合粘土作为浇注料的结合剂,则

是七十年代在国际上新发展的不定形耐火材料品种,在我国也获得了很快的推广。

在外加剂方面应用种类较多,如促硬剂、膨胀剂、减水剂、矿化剂等,用以改善和提高不定形耐火材料的某种性能,以满足施工或使用要求。

促硬剂 (或称促凝剂) 主要应用于化学结合或陶瓷结合的不定形耐火材料,磷酸盐结合剂采用氧化镁、氧化钙、氢氧化铝等,由于高铝水泥促硬剂的成功使用,替代了加热硬化,从而使磷酸耐火浇注料开始进入工业规模的生产阶段,获得了推广应用。

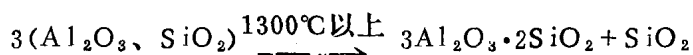
膨胀剂 在磷酸高铝质机压不烧砖中,试验加入少量硅质材料,除了荷重软化温度提高了200℃左右以外,同时1450℃线变化由收缩转为膨胀。在磷酸耐火浇注料中加入石英砂,利用它在1200~1470℃的温度范围内, α -石英不断转化为半安定性方石英时产生的体积膨胀,以及 SiO_2 与矾土熟料中 Al_2O_3 在高温下的二次莫来石化体积膨胀,同样可以获得较好的效果(表2)。

加入石英砂的磷酸耐火浇注料烧后线变化对比

表 2

项 目	磷酸耐火浇注料 (A)			磷酸耐火浇注料 (B)		
加入石英砂 (<2mm) %	0	3	5	0	3	5
烧后线变化 (1500℃ × 3h) %	-3.6	-1.22	-0.49	-0.88	+0.11	+0.18

兰晶石是一种耐火度高、具有高温体积膨胀特性的天然耐火原料,国外已经大量利用作为不定形耐火材料的膨胀剂。兰晶石当加热至一定温度时转化成富铝红柱石(莫来石),并伴随有16~18%的体积膨胀,其反应如下:



近年来,在地质部门的努力下,我国已相继找到一些兰晶石矿。经精选后的兰晶石与印度、美国、肯尼亚的兰晶石化学成分均颇接近, Al_2O_3 含量可达55~59%,耐火度大于1790℃,但工业上的利用还有待于开发。

由表3可以看出,加入10%兰晶石(<0.5mm)作为膨胀剂所配制的耐火浇注料和耐火可塑料,在1350℃加热后膨胀效果十分明显。

加入兰晶石后烧后线变化对比

表 3

类 别	兰晶石加入量 (%)	烧 后 线 变 化 (%)		
		1350℃	1400℃	1500℃
耐火浇注料	0	-1.11	-2.76	-
	10	-0.04	-1.87	-
耐火可塑料	0	+0.63	+1.37	+1.54
	10	+2.77	+3.38	+3.39

减水剂 不定形耐火材料中加入减水剂，可以在保持材料原有性能基础上，增大流动性，改善施工工艺；或者由于用水量的减少，提高材料的强度及减少收缩，降低不定形耐火材料的气孔率。正在试用的减水剂有NNO（亚甲基二苯磺酸钠）、MF（ β -萘磺酸盐甲醛缩合物）、木质素磺酸钙、磺化焦油、三聚磷酸钠等。

三、材料品种的发展

不定形耐火材料的品种是在耐火浇注料（耐火混凝土）的基础上发展起来的，目前已经形成了较为完整的系列，包括耐火浇注料、耐火可塑料、耐火捣打料、耐火喷涂料、耐火涂抹料以及耐火泥。

表4和表5选择了一些国外代表性的不定形耐火材料牌号与国内研制或生产产品进行技术性能对比，可以认为，近几年来通过有关引进工程的材料剖析和消化移植工作，取得了显著进展，在一定程度上缩小了与国外先进水平的技术差距。当然，使我国不定形耐火材料赶上国际先进水平，还要继续进行许多工作。

四、生产应用的扩大

我国目前生产的不定形耐火材料品种以粘土质和高铝质为主，产品列入国家标准的耐火浇注料有14个牌号，耐火可塑料有5个牌号，而实际使用的品种则更多，各地相继建立了生产车间，如上海、北京、鞍山、王村、天津、成都等，1983年共生产32.5万T。

不定形耐火材料最初用于热工窑炉的基础、烟道、烟囱等部位，现在已作为主要材料。图1为最近施工的200m烟囱内衬。不定形耐火材料的应用逐步从低温部位扩大到炉体内衬高温部位，由局部试用扩大到整个工程使用，其对象遍及冶金系统的烧结、炼铁、炼钢、轧钢、焦化等多种窑炉，并且在石油、化工、水电、建材和机械等工业部门中，也获得了广泛的应用。例如烧结系统中的热贮矿槽、还原竖炉和球团焙烧炉等；在炼铁系统中的炉身及炉缸的修补、高炉热风阀（图2）、热风管道、出铁沟、热风炉炉顶和内衬等；在炼钢系统中有平炉蓄热室、沉渣室、出钢槽、盛钢桶以及真空脱气装置等；在轧钢系统中，以加热炉和均热炉为代表，取得了显著的效果。

加热炉是轧钢和炼钢的重要工业窑炉，型式多样、数量较多，使用温度为1300~1400℃左右，从1965年首先在抚顺试验，而后在鞍山、上海、北京、太原、成都、沈阳和天津等地广泛应用，目前全国已有成百座炉子全炉或炉顶采用了不定形耐火材料，包括连续式加热炉、间歇式加热炉、环形炉、室式炉、车底式加热炉等，使用寿命一般提高1~2倍，有的炉顶寿命达到五年。采用新型弹性吊挂锚固系统的预制耐火浇注料炉顶，跨度达13m，结构合理，施工方便，为大跨度炉顶采用不定形耐火材料开创了良好前景。图3为该炉顶正在吊装施工。

表 4

不定形耐火材料技术性能对比 (一)

类型	牌 号	材 质	线变化(%) 1500℃×3h	体 积 密 度 (g/cm ³) 1500℃×3h	抗压强度 (kg/cm ²)		热态抗折强度 (kg/cm ²) 1400℃	化学成分 Al ₂ O ₃ (%)	耐火度 (℃)	荷重软化点 T ₂ (℃)	用 途			
耐火浇注料	日本 BPC-1	超高铝水泥刚玉质	±0.5	≥2.7	≥400	≥300	≥30	≥90	1850	≥1700	RH真空处理吸咀等			
	中国 AC ₁	同 上	+0.14	2.73	417	509	42.9	91.96	≥1830	1730				
	牌 号	材 质	线 变 化(%)		抗压强度 (kg/cm ²)		抗 折 强 度 (kg/cm ²)		热态抗折强度 (kg/cm ²)					
			1000℃	1500℃	110℃	1500℃	110℃	1000℃	1300℃	1500℃	1300℃	1400℃	高炉热风阀等	
	日本 KL 混合	纯铝酸钙水泥高铝质	—	0~+1.0	—	—	65	40	50	90	—			
	中国 JF-1	同 上	-0.10	+0.47	580	588	83	62	125	142	60		16	
耐火可塑料	牌 号	材 质	线 变 化(%)		抗折强度 (kg/cm ²)		热态抗折强度 (kg/cm ²)		线膨胀率(%)		化学成分 Al ₂ O ₃ (%)			
			110℃	1400℃	110℃	1400℃	1200℃	1400℃	300℃	100℃	1200℃	1400℃	热轧加热炉等	
	日本 RAM-25	粘土 质	-0.5	+0.5	7	30	30	4	-0.35	+0.10	+0.25	+1.25		42
	中国 SUL-50	粘土-高铝质	-0.14	+1.11	19	58	47	12	+0.11	+0.56	+0.71	+1.10		54
日本 RAM-60	高 铝 质	-0.80	+0.70	10	50	30	10	-0.35	+0.10	+0.25	+1.25	62		
	中国 SUL-60	高 铝 质	-0.23	+1.49	32	53	50	14	+0.16	+0.64	+0.76	+2.41	60	

表 5

不定形耐火材料技术性能对比 (二)

类型	牌 号	材 质	线变化 (%)		抗压强度 (Kg/cm ²)			热态抗压强度 (Kg/cm ²)			显气孔率 (%)		用 途		
			1200℃	1400℃	110℃	1200℃	1400℃	800℃	1200℃	1400℃	110℃	1400℃			
耐火捣打料	苏联	高铝质	—	—	420	(1300℃) 400	(1500℃) 520	—	—	—	—	—	盛钢桶内衬等		
	中国 AA	高铝质	-0.54	-1.62	420	465	377	380	15	5	23.57	17.53			
	AM	铝镁质	+1.29	+2.21	695	685	1080	545	32	7.5	23.98	16.97			
	AZ	铝锆质	-0.08	+0.03	270	435	392	205	55	26	22.47	26.25			
耐火喷涂料	牌 号	材 质	线变化 (%)		抗压强度 (kg/cm ²)		抗折强度 (kg/cm ²)		导 热 系 数 (KCal/m ² ·℃·h)		体 积 密 度 (g/cm ³)		烟囱内衬等		
	日本 FC-S 中国 WPT-1	腊石质 同 上	110℃ 110℃	300℃ 300℃	110℃ 110℃	300℃ 300℃	110℃ 110℃	250℃ 250℃	0.62 0.65	0.65 (平板法) 0.43~0.47	2.0 1.95~2.0				
耐火涂料	牌 号	材 质	比 重	PH 值	化学组成 (%)			全辐射率 (Σt)			粘结强度 (kg/cm ²)		最高使用温度 (℃)		窑炉内衬工作面
	日本堺公司涂料 中国JT高温涂料	碳化硅质 碳化硅质			SiC SiC	水 分	其 它	1000℃ 1000℃	1300℃ 1300℃	1400℃ 1400℃	110℃ 110℃	1400℃ 1400℃	— —	— —	

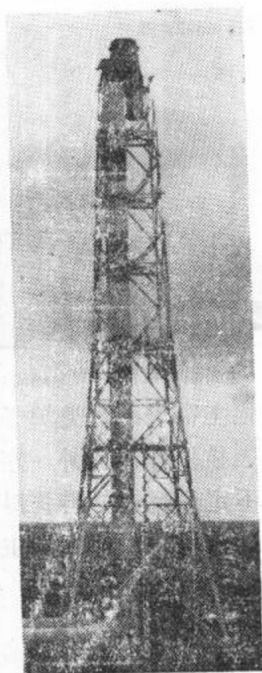


图 1 采用耐火浇注料内衬的200m烟囱

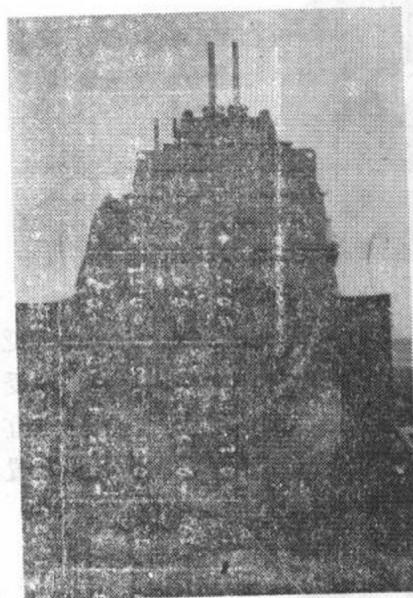


图 2 首钢二号高炉热风阀内衬

在加热炉中值得提出的是采用耐火可塑料包扎水冷管，可以降低油耗20%左右，一座每小时30T钢的加热炉，每年可节油2000T，提高炉子产量20%。如上钢五厂一号加热炉水冷管包扎后，加热钢坯产量由每小时90根提高到110根以上，天津第一轧钢厂一座每小时30T钢的加热炉，每年可多产钢材26000T左右。耐火可塑料包扎水冷管还可以减轻加热钢坯的“黑印”，提高钢材轧制质量，延长炉体和水冷管的寿命。

近十多年来，不定形耐火材料在各种型式均热炉的炉墙、炉盖、烧咀围墙、排渣口等部位应用较为普遍，初期使用磷酸和磷酸盐粘土质耐火浇注料或可塑料较多。七十年代后期开始推广使用粘土结合浇注料。首钢初轧厂采用粘土结合浇注料的均热炉炉衬，比砖衬寿命能延长1年以上，减少2~3次小修，相应提高作业率8%，以节省材料费、人工费、燃料费和多烧钢利润累计，每年单坑增产节约价值2万余元。高温水玻璃粘土质耐火浇注料预制块在均热炉上的应用，也取得了良好的效果。

我院与上海耐火材料厂、上钢一厂于1974年共同合作，试验采用投射料筑造盛钢桶整体内衬。此后，与有关单位协作，在鞍钢200T盛钢桶试验整体捣打包衬，平均使用寿命85.15次，最高达108次，耐火材料单耗为2.73kg/吨钢，经济技术效果十分显著。

近几年来推广应用的JT高温节能涂料具有辐射强度大、使用温度高、高温性能好的特点，涂复于工业窑炉的内壁，能增加炉壁黑度、强化炉内热交换，取得节能效果。连续式加热炉可节能3~5%，间断生产的加热炉可节能8~15%，陶瓷电加热烤花窑可节能20%左右。图4为热处理炉炉壁喷涂JT高温节能涂料后的情况。

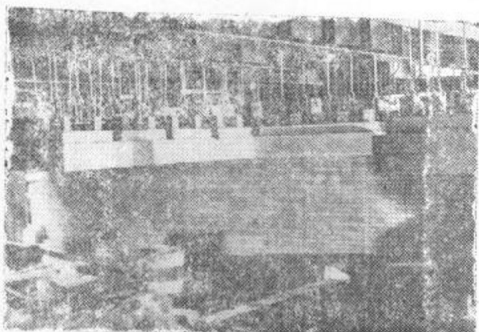


图 3 大跨度加热炉炉顶在吊装中

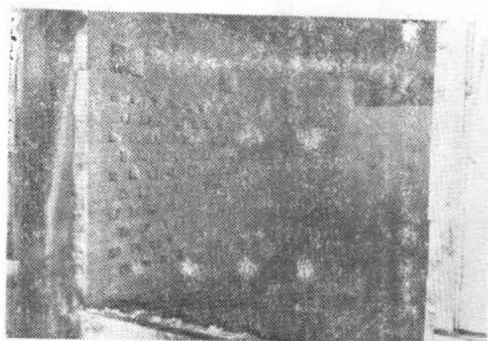


图 4 JT高温节能涂料用于热处理炉

以浇注料为主的不定形耐火材料还广泛应用于石油、化工窑炉，这类炉子形状比较复杂，使用温度一般并不太高，要求能承受压力、抗磨损、抗侵蚀，此外，还要求整体性良好。因此采用不定形耐火材料尤为适宜，特别是轻质不定形耐火材料获得广泛的应用，主要有炼油管式加热炉、催化裂化装置、页岩干馏炉、转化炉、煤气发生炉等。

五、质量标准与施工规程的制订

我国目前生产的不定形耐火材料品种很多，主要品种已列入正常生产产品，为了保证产品质量和生产管理，近十年来陆续制订了不定形耐火材料方面的国家标准、冶金部标准和施工。

规程，有如下几种：

国家标准：

1. GB 4513—84《不定形耐火材料分类（致密和隔热）》。
2. GB 3712—82《粘土质和高铝质耐火浇注料》。
3. GB 4758.1—84《粘土质和高铝质耐火可塑料》。
4. GB 4758.2—84《粘土质和高铝质耐火可塑料试样制备方法》。
5. GB 4758.3—84《粘土质和高铝质耐火可塑料线变化率试验方法》。
6. GB 4758.4—84《粘土质和高铝质耐火可塑料强度试验方法》。
7. GB 4758.5—84《粘土质和高铝质耐火可塑料可塑性指数试验方法》。
8. GB 4758.6—84《粘土质和高铝质耐火可塑料含水率试验方法》。

冶金部标准

1. YB 2214—78《不定形耐火材料用硬质粘土骨料和粉料》。
2. YB 2215—78《不定形耐火材料用高铝矾土骨料和粉料》。
3. YB 2201~2209—77《耐火混凝土物理检验方法》。

冶金部规程

冶金部规程103—76（试行）《粘土质和高铝质耐火混凝土生产与施工技术规程》

六、发展方向与展望

不定形耐火材料在我国已经有了较大的发展，但是与国外先进水平相比，还存在着比较明显的差距，必须结合我国的具体情况，总结经验，探索方向，迎头赶上，以使不定形耐火材料适应国民经济发展的需要。

1. 在提高质量的基础上，扩大现有不定形耐火材料品种的使用

目前，不定形耐火材料在我国的使用比例还是比较低的，在一个较长的时期内，产量停滞不前，增长缓慢，其原因之一，是与不定形耐火材料的质量有关。我国现有几种常用不定形耐火材料，在实际使用中都暴露出一些问题，如铝酸盐水泥浇注料中温强度低，易剥落；磷酸盐耐火浇注料价格高，可塑料施工效率低，不易保存，粘土浇注料常温强度较低等。

扩大现有不定形耐火材料品种的使用，必须从提高质量着手，首先是要改善和提高常用不定形耐火材料的性能，如研究多功能的外加剂、降低结合剂用量和采用复合结合剂等。

根据我国实际情况，不定形耐火材料近期应用的重点仍将以轧钢系统的加热炉和均热炉等为主。这两类炉子量大面广，国外采用不定形耐火材料已基本定型化，国内也有比较成熟的应用经验，应该积极组织推广，解决在推广过程中出现的各种具体问题。特别是要加强科研、设计和生产使用部门的配合，使成熟的经验能够迅速纳入设计并逐步定型化。

盛钢桶耐火材料的消耗约占炼钢耐火材料总用量的15%。生产实践证明，采用不定形耐火材料整体筑包是一项行之有效的新工艺。要继续组织扩大试验和应用，认真总结，不断完善。

喷涂料的应用在我国逐渐扩大，而国外高温喷涂料发展更快，我们必须大力提高喷涂料的应用比例，为此要重视喷涂料和喷涂工艺的研究，改进喷涂层的粘结强度和耐腐蚀性，降低气孔率，提高喷涂层的稳定性和耐久性。

2. 以节能和降低消耗为中心，发展新品种不定形耐火材料

耐火材料与节能的关系十分密切，不定形耐火材料作为一种“低能耗”材料，有着广阔的发展前途。为了提高炉子的热效率、降低热损失，特别要发展轻质不定形耐火材料和节能涂料，开辟节能新途径。

近年来，国外不定形耐火材料发展的一个重要趋势是逐渐进入熔炼炉。为了满足一些特殊部位的使用要求，研究新品种，如国外发展的以“压填料”修补高炉炉身，使高炉一代寿命达到12~18年，用钢纤维增强的耐火浇注料，使用在受磨损、冲刷的高温部位，寿命比普通耐火浇注料高2~3倍，其它如高炉出铁沟捣打料，转炉修补料等都取得较好效果。这些新品种不定形耐火材料的应用，对降低耐火材料的消耗正起着愈来愈

明显的作用。我国不定形耐火材料在熔炼炉的应用还很少，今后应加强这方面的研究，发展品种，提高我国不定形耐火材料的水平。

3. 研究施工与应用技术，提高不定形耐火材料的使用效果

不定形耐火材料的使用效果，在很大程度上取决于其施工水平。最近十几年来，国外各种新型施工方法相继出现，研制成功多种灵活、高效的施工机具。今后，不定形耐火材料的施工方法，将继续向着泵送浇注、大型预制构件机械化组装、自动捣打和机械喷涂等方面发展。目前，我国在这一方面还十分落后，必须大力开展自动捣打机、投射机、喷补机、可塑料挤泥机和泵送设备等研制工作，逐步做到配套和定型生产。

结合使用条件，开展不定形耐火材料应用技术的研究具有重大的意义。以金属或非金属锚固的不定形耐火材料整体炉衬，完全改变了过去小块砖砌筑的面貌，大大提高了使用效果。今后应进一步从节能和热应力分析的角度出发，研究在稳定和非稳定温度场作用下的热交换和热应力变化，确定新型、合理的“节能炉”的构造形式，促进炉型改革。

4. 发挥优势，建立专业化的不定形耐火材料生产与施工技术队伍

根据专业化分工的原则，今后应逐步向不定形耐火材料的专业化生产与施工的方向发展。施工部门可按地区组织专门的不定形筑炉队伍，这样有利于保证工程质量，并且能充分发挥施工机具的效能，积极研制各种有效的新机具。建立专业化的不定形耐火材料生产工厂。一般生产预制块的工厂应尽量靠近使用地点，而生产散状料为主的要接近原料产地，便于原料的综合利用。在此基础上，还可进一步考虑跨行业联营的方式，这样必将大大促进不定形耐火材料的发展。

七十年代，国际上耐火材料出现了“两极化”发展的趋向，即除了高级耐火砖之外，不定形耐火材料有了很大的发展。进入八十年代这种趋向将更加明显，不定形耐火材料的重要性将日益增加，其使用范围将进一步扩大。可以预期，随着我国国民经济的发展，不定形耐火材料也必将取得较快的发展，在社会主义建设中发挥更大的作用。

(孙启俊执笔)

轻质耐热混凝土及其应用

张汉辉 胡浣青

摘 要

轻质耐热混凝土是一种不用焙烧、可整体浇灌、容重轻、隔热保热性能好的耐火材料。其既可作窑炉、热工设备的隔热材料,又可作承重的耐热构件。

为在我国应用轻质耐热混凝土创造条件,结合我国原材料情况,并根据不同热工设备的技术要求,采用不同胶材和骨料配制了轻质耐热混凝土,并进行了高温性能的试验研究。

本文重点介绍使用温度在1200℃以下的轻质耐热混凝土。

一、胶材和多孔骨料的性能

(一) 火山灰水泥

火山灰水泥和一般水泥相比,具有比重小的特性,是配制轻质耐热混凝土的良好胶材之一。火山灰水泥中掺有约40%的页岩混合材,含有大量的活性 SiO_2 ,在水泥水化过程中,与氢氧化钙进行反应,生成硅酸钙,减少了在500~600℃加热下氢氧化钙大量脱水 and 高温加热后在空气中再次水化而对混凝土强度的不利影响。

(二) 硅酸盐水泥

普通硅酸盐水泥中加入适量的掺合料,能提高其耐热性能。它是一种廉价易得的材料,耐火度亦较高,500号硅酸盐水泥的耐火度达1500℃。

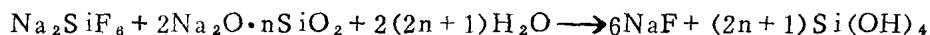
(三) 矾土水泥

矾土水泥具有高强、快硬和耐热的特性。其主要矿物为铝酸一钙(CA)、二铝酸一钙(CA_2)和硅铝酸二钙(C_2AS)。其水化产物主要是 $2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ 和 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 。由于不生成 $\text{Ca}(\text{OH})_2$,所以在配制轻质耐热混凝土时,不需加入掺合料。矾土水泥耐火度达1400~1460℃。

(四) 水玻璃

水玻璃是一种硅酸钠的水溶液,通常以 $\text{SiO}_2:\text{Na}_2\text{O}$ 表示其模数。模数决定水玻璃的性能,较适合的模数为2.57,比重为1.38。

水玻璃轻质耐热混凝土需加氟硅酸钠 (Na_2SiF_6) 作为促凝剂, 它与水玻璃的化学反应如下:



析出的硅胶包裹填充料和骨料, 附着在它们的表面; 随即, 硅胶逐渐浓缩, 紧密胶结在颗粒表面, 并使各颗粒联结为一个整体, 从而产生了强度。

氟硅酸钠纯度应达94.5%以上, 较适合的掺量为水玻璃重量的12%, 细度全部通过0.15mm筛。它的细度和纯度对水玻璃轻质耐热混凝土的凝结性能有较大的影响。

(五) 陶粒

陶粒既可作普通混凝土的骨料, 也可作轻质耐热混凝土的骨料。它具有容重轻、吸水率小和强度高的特性。粘土质页岩陶粒的表面为封闭式外壳, 吸水率在9~12%之间, 耐火度达1400℃, 是一种良好的耐热骨料。

(六) 蛭石

蛭石是黑云母和金云母经水化或风化作用后形成的再生矿物, 属含水镁铝硅酸盐。蛭石在高温下(800~950℃)放出化合水而产生膨胀, 体积增大几十倍, 容重大大减小, 隔热性能提高, 但其强度降低, 稍加外力, 即可粉碎。

(七) 轻质耐火砖碎块

在轻质耐火材料生产中, 约有15%不符合规格或有裂缝等不合格制品, 这是轻质耐火碎块原料的来源之一。另外, 回收旧轻质耐火砖, 也是耐火碎块的来源。将这些废旧制品, 经过破碎加工、筛分, 成为轻质耐火砖碎块。这些废旧制品的性能, 决定耐火砖碎块的性能。

轻质耐热混凝土多孔骨料容重见表1。

多孔骨料容重 (kg/m^3)

表 1

粒 径 (mm)	陶 粒		蛭 石		轻质耐火砖碎块	
	松散容重	颗粒容重	松散容重	颗粒容重	松散容重	颗粒容重
20~10	407	0.7			474	1.09
10~5	480	1.03	125	0.33	487	1.09
5~1.2	980	1.3	185	0.44	539	1.27
<1.2	990	1.79	375	0.95	745	1.21