

来华技术座谈资料

日本旭硝子公司生产的水泥工业用耐火材料
以及矾土水泥和不定形耐火材料

建材部技术情报标准研究所

一九七九年四月

前 言

1979年4月3~4月7日我们和日本旭硝子公司就玻璃和水泥工业用耐火材料进行了技术座谈。旭硝子公司参加座谈的有：该公司常务董事小野茂夫、陶瓷部副部长大中宽、陶瓷部技术科长雨宫义英，陶瓷部技术科主席技师太田吉彦，陶瓷部技术科主任技师熊仓重晴，工学博士永广彰夫，明和商社森冈昌三。其中太田吉彦主要介绍水泥工业用耐火材料和矾土水泥、不定形耐火材料。

我方参加座谈的分两组，即玻璃组 and 水泥组。参加水泥组的有建材部科技局、建材研究院水泥研究所和建材部情报研究所的有关人员。现将水泥组座谈的内容整理成资料，供参考。

水泥工业用耐火材料技术座谈小组

目 录

一、旭硝子公司简介	(1)
二、烧结砖和不烧砖的制造方法及性能	(4)
三、矾土水泥和不定形耐火材料	(13)
四、日本水泥工业中使用旭硝子公司 产耐火材料的情况和砌砖方法	(25)
五、评价和建议	(34)

一、旭硝子公司简介

旭硝子公司创建于1907年9月8日，是日本最早生产平板玻璃的公司，为了使平板玻璃的原料—纯碱能够自给，该公司在日本最早开始用氨法生产纯碱。与此同时，还研制和生产了平板玻璃生产上所用的耐火材料。截至1977年底止，该公司拥有职工人数9800名，资金377亿5千日元，主要产品有：

(一)、陶瓷方面：电熔耐火砖、高铝砖、硅砖、粘土砖、碱性砖、矾土水泥、不定形耐火材料、隔热砖、新型陶瓷。

(二) 玻璃方面：普通平板玻璃，图案花玻璃，夹丝玻璃，磨光、浮法玻璃，镜玻璃、钢化玻璃，夹层玻璃等。

(三) 化学方面：纯碱、氢氧化钠、氢氧化钾、盐酸、聚氯乙烯单体、离子交换膜、氟化乙烯树脂等。

上述产品中、平板玻璃，显象管外壳，电熔耐火材料，纯碱和不定形耐火材料，在日本占第一位。

该公司在日本国内共有8个工厂，一个事业所，一个矿业所。

8个工厂是：高砂工厂、关西工厂、北九州工厂、京滨工厂、千叶工厂、船桥工厂、爱知工厂、鹿岛工厂。

一个事业所是：橡胶工业所。

一个矿业所是：大纲白里矿业所。

公司所在地：东京都千代田区丸四内二丁目1番2号。

高砂工厂主要生产耐火材料，每月生产量约9000吨。

其中：电熔砖：1200吨

烧结砖：3600吨

不定形耐火材料：3000吨

矾土水泥：1200吨。

直接生产人员：330人。

设备开工率：60~70%

耐火材料的种类和生产量以及在各工业部门中使用的情况见表1、2。

旭硝子公司在耐火材料工业界的位置：

1. 陶瓷部的特点：主要从事玻璃池窑用耐火材料 and 水泥回转窑用耐火材料的生产，和以钢铁用耐火材料为主的耐火材料厂不同。耐火砖产量居第六位。以生产高级耐火砖为主。

2. 日本的耐火材料工业界概况：

(1) 企业数：88家113个工厂。资金1亿元以上操作工人300人以上者17家。旭硝子是17家其中之一。

(2) 职工人数16992人(78年9月底)。

旭硝子陶瓷部产品一览表

表 1

种 类	制 品 名	月 设 备 力	月 生 产 量	用 途	备 注
电熔浇注耐火材料	Corhart莫来石砖		330	钢铁加热炉、水泥窑予热器、烧结炉	莫来石质
	MAC-EC		380	炼铜炉、真空脱气炉、炼钢电炉	镁铬质
			390	玻璃池窑、耐磨材料	铬质
			30	玻璃池窑、真空脱气炉	纯铝质
吉尔克耐特 马斯耐特	小 计	1,800	1,130		占全国总数 (78年1~9月) 69%, (EC59%)
烧结耐火材料	Corhart 耐火砖		420	铝炉、盛钢桶、退火炉、各种窑炉	高铝质 SK36~40
	特殊耐火砖		80	玻璃池窑、铝炉、盛钢桶	铬质、硅线石质
	粘土砖		180	玻璃池窑、氧化钛炉、各种窑炉	粘土质 (低气孔)
	热交换管		5	均热炉、气体热交换室	高铝质、粘土质
	碱性砖		3,020	水泥窑、铜精炼炉、玻璃池窑蓄热室、炼钢电炉	镁铬质
	耐碱隔热砖		35	水泥窑	轻质耐火隔热质
	小 计	5,500	3,740		占全国总数 (78/1~6月) 8 %
矾土水泥	矾土水泥	2,750	890	耐火浇注料, 耐火混凝土, 超早强性, 及冬季施工	
不定形耐火材料	各种胶泥		150	砌筑耐火砖用接缝材料 加热炉、退火炉、烧结炉、烟道、烟囱、热风炉、电炉、水泥窑用, 铝炉用、石油化工用	高铝质、粘土质、镁铬质
	旭硝子浇注料		2,230		耐火浇注料占全国12%, (78/1~9月)
	捣打料		—		高强度、高耐火浇注料和
	旭硝子、轻质混凝土 旭硝子可塑料		300		Sepr 社技术合作 轻质隔热浇注料 可塑料占全国4 % (78/1~9月)
	小 计	5,000	3,790		占全国4 % (78/1~9)
特殊新制品	低膨胀瓷		10		
	合 计	15,050	8,560		

1977年各工业部门用耐火材料比例

表 2

	旭硝子用量比例 (%)	全国平均用量比例 (%)
钢	31.1	68.1
有色	6.0	1.8
金属	9.3	4.4
水泥	17.3	1.7
玻璃	22.4	8.5
出口	13.9	15.5
其他		

(3) 劳动生产率: 8 吨/月/人

(4) 专业组织: 耐火材料协会。

旭硝子公司协作关系极为广泛, 计有33个子公司和协作公司, 体现了专业化生产和协作的协调关系。

近十年来, 该陶瓷部, 在耐火材料方面, 有很多革新, 可概括为三点:

1. 不定形耐火材料的使用范围和数量日益扩大。

1968年, 日本耐火砖总量237万吨, 其中不定形耐火材料42万吨, 仅占17%, 至1978年, 耐火砖总产量160万吨, 不定形耐火材料上升为84万吨, 占35%, 估计, 今后不定形耐火材料的比例还会上升。旭硝子公司从69年开始生产不定形耐火材料, 年产量为1.18万吨, 到1978年, 已上升为3.42万吨。(见图1)

2. 定形耐火材料向高级化发展。

随着窑炉的高效能化, 对耐火材料的质量要求日益提高, 在原料方面, 过去大都采用天然原料, 现在向人工合成的高纯原料发展。在生产方法方面, 高吨位油压机的使用, 逐渐普遍化, 原料颗粒配合不断改进, 在抗热震稳定性方面, 有过很多改进和提高, 高微隧道窑的建立, 使烧成温度已超过1800℃。

例如镁砖, 过去用天然镁矿, 现在已采用从海水中提炼氧化镁, 还发展用电炉熔融合成

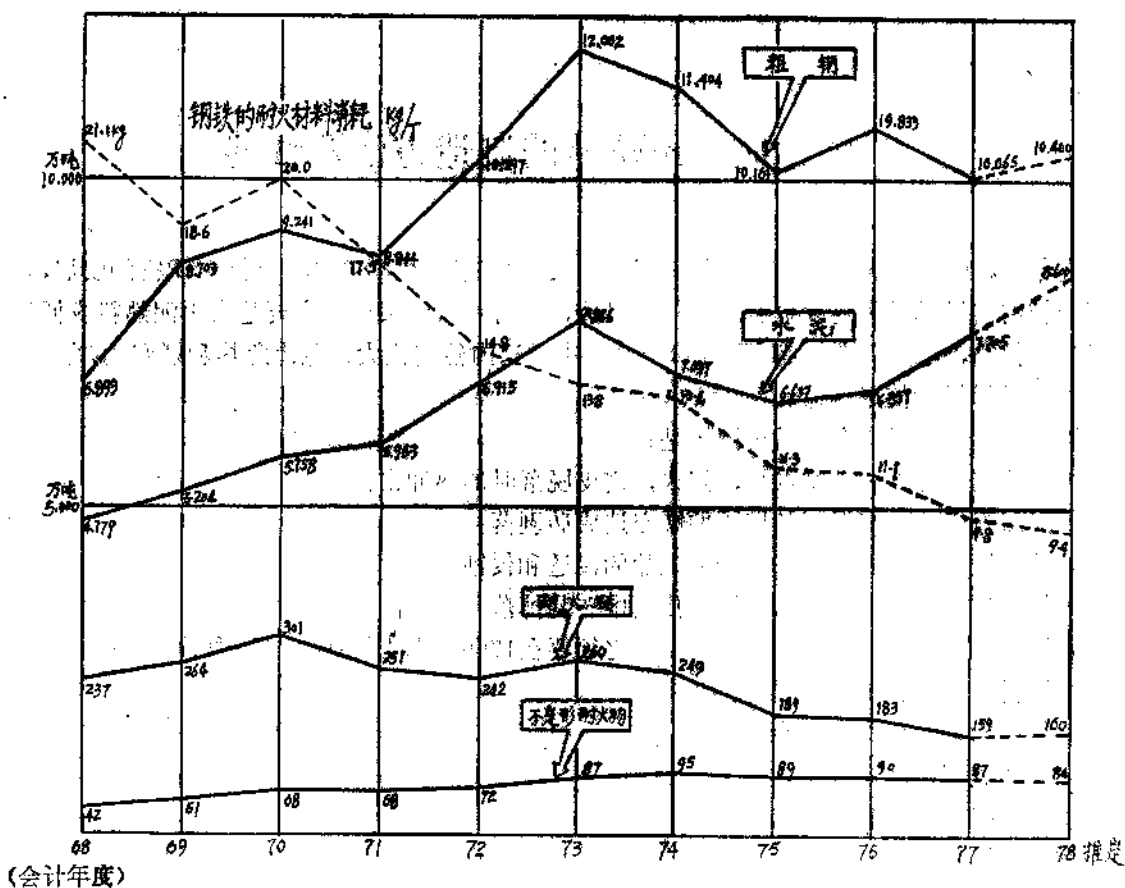


图1 全国耐火物生产量变化

尖晶石来作为生产镁尖晶石系砖的原料。

旭硝子公司还在电熔技术方面有独特的发展，如电熔 Al_2O_3 砖、莫来石砖、锆刚玉砖、镁铬砖等，广泛用于玻璃工业，炼钢的真空脱气炉以及水泥回转窑予热器容易结皮的部位。

3. 耐火材料的使用技术不断进步

不定形耐火材料的发展是与其使用技术的发展密切相关的，例如在筑炉时，浇注料用泵送入炉内，可以在短期内完成施工。又例如内径 $\phi 4.200$ 米高200米的烟囱，用喷吹料施工，可以减薄烟囱壁厚，减轻烟囱重量，还可大大缩短施工时间。

另外，随着窑炉的大型化和高效能化，对各部位用耐火材料的要求日趋苛刻，这不仅需要发展具有各种性能的高级耐火材料，还需要配合科学的使用技术，例如，砖的形状，砌筑方法，膨胀缝的处理等。

总而言之，只有在提高耐火材料质量的同时，注意改进使用方法，才能称之为技术进步，目前旭硝子公司不仅生产和供应各种耐火材料，而且还负责玻璃窑和水泥窑的砌衬设计、砌筑施工等成套技术。

在研究工作方面，该公司特别注重开发和研究工作，在谋求现场技术和理论研究一体化的同时，经常对新技术和新领域进行开拓性研究，研究所除研究耐火物、玻璃、化学品以外，还研究与此有关的技术和理论，着重改革工作，并且还从事无机、有机、化学工业和物理、化学的基础领域方面的研究工作，从规模、设施和人员来说，自称在日本屈指可数。

二、烧结砖和不烧砖的制造方法及性能

近年来，水泥回转窑从生产和经济观点出发，加速发展NSP窑，随着NSP窑的发展，对水泥回转窑窑衬材料的要求也有所变化。以前，窑衬材料的破坏，主要是由水泥熟料或低熔点成分的侵蚀，造成剥落。而SP和NSP窑，由于窑内热变化大，急冷急热和蠕变的破坏，决定着窑衬材料的使用寿命。

因此，延长窑衬寿命的重要因素是：

- ①耐热震稳定性——窑点火，停火，窑皮脱落时的热冲击。
- ②高温强度——高温下长期压缩蠕变造成砖剥落。
- ③致密性——水泥低熔点成分和碱盐的浸透和侵蚀。
- ④精确尺寸——由于尺寸不准，使用中砖易掉落。

碱性砖要具有上述①②③点的特性，必须要在 $1700^{\circ}C$ 以上烧成。另外还需注意：

- ①原料的选择、粒度和配比。
- ②混练均匀和防止颗粒偏析。
- ③高压成形和防止分层。
- ④掌握烧成气氛和冷却速度。
- ⑤产品管理。

在制砖过程中，注意了以上几点，就能得到适合于水泥回转窑使用的窑衬材料。

1. 粉碎、筛粉、拌和、成形的设备

1—1、粉碎：(1)粗碎机 从10厘米到1米以上的块料，用颚式破碎机和圆锥破碎机，破碎到块料的1/5大小。

(2)中碎机 将几厘米大小的颗粒，用滚式破碎机，锤式破碎机，反击式破碎机，轮碾机，粉碎到0.1毫米左右。

(3)细碎机 将几毫米大小的颗粒，用球磨机、管磨机、锥形球磨机，棒磨机和振动磨，粉碎到微米细粉。

该社用颚式破碎机，破碎铬矿和矾土。用锥式破碎机粉碎镁矿，镁砂入料粒度3~30毫米。镁砂和烧矾土细粉用管磨粉碎，细度要求150目筛余10%。

1—2、筛粉：筛粉机的种类有固定筛粉机、转筒筛粉机、圆盘筛粉机、摇动筛粉机和振动筛粉机。

该社制砖用的颗粒级配为三种，以美国Tyler标准，最大颗粒4~14目，中粒14~150目，细粉150目筛余10%。

1—3、拌和：拌和是采用轮碾机，每次配800公斤干料，加入适量水分和硫酸镁或木质磺酸钠作结合剂。由于细粉和结合剂拌和时容易结块，影响制砖质量。该社采取粗、中颗粒先干混，然后加入结合剂湿混，最后再加细粉，充分搅拌均匀，每盘拌和时间5~7分钟。为了减少泥料在运输过程中颗粒离析，因此，在皮带输送机上装有起搅拌泥料作用的挡板，使泥料运行时翻动。在加压成形的入模料仓内，也设置一种特殊的搅拌装置。总之，使加压成形的泥料充分搅拌均匀。

1—4、成形：耐火砖成形的加压方式有二种，一种是单一方向加压，另一种是上下加压，后者压力均匀。

该社有300吨摩擦式压力机和1000吨油压机。小批量生产和形状复杂的砖采用摩擦式压力机，其余均采用1000吨油压机成形。其中6台1000吨油压机上配有取砖机械手，每分钟搬砖2块。直接结合碱性砖成形压力1200公斤/厘米²，铝质砖300公斤/厘米²以上，粘土质砖300~600公斤/厘米²。在制砖过程中要防止出现砖坯分层现象，分层的主要原因是由于水分太大，颗粒级配不好和加压太快而造成。

2. 干燥和烧成设备

2—1、干燥：干燥装置有箱形空气干燥器和隧道干燥器，烘干温度100~150℃。

2—2、烧成设备：有不连续窑（倒焰窑、梭子窑）和连续窑（隧道窑）。

连续窑和不连续窑的比较，其优点为：

(1)可节约燃料40~50%。

(2)烧成均匀。

(3)容易调节温度和自动化。

(4)可缩短烧成时间，适宜于大量生产。

(5)节约劳动力。

但也有缺点，投资大和制品结构有限制。

该社高温隧道窑的结构和特点：隧道窑长71米，烧成带和冷却带一样长，预热带长度为它们的2/3。为了使窑内通风均匀，在预热带和冷却带的窑顶采用平顶结构，因烧成带温度较高，故仍用拱顶结构。

高温隧道窑烧成温度可达1850℃，上下温差20~30℃，冷却带窑门采用气封，出口温度150℃。燃料为重油，用2公斤/厘米²的一次空气雾化，二次空气温度1300℃，是利用窑内废气。用辐射高温计控制窑内温度，可自动调节油量。另外还有一种叫氧气传感器，能自动控制窑内温度和过剩空气量，其结构和特性详见附图。

高温隧道窑温度分布，砖坯停留时间以及各带砌筑用的耐火材料。见图2。

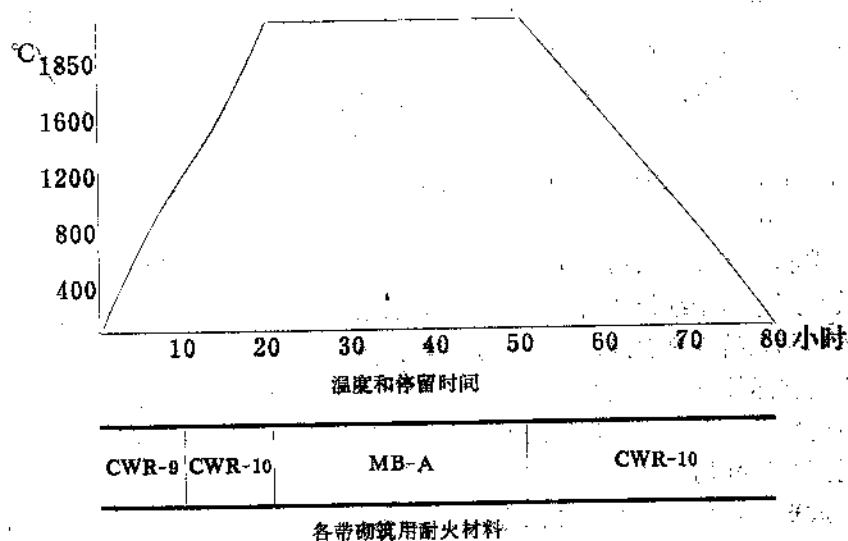


图 2

注：CWR——高铝质耐火材料 MB-A—— α 或 β - Al_2O_3 熔渣烧铸料

生产直接结合砖，必须要高温烧成，其次砖的冷却速度较为关键。砖在窑内最容易破坏的温度是800~1000℃。因此，从1850℃冷却到800℃要保持一定的时间。当然，冷却速度慢对砖的质量有利，但影响砖的产量。为此，必须要有一个合理的冷却速度和产量关系。另外，窑内气氛直接关系到砖内矿物的结晶成长，所以也是一个十分重要的因素。

高温隧道窑，每台窑车装载砖坯高度800毫米，重量约4吨，日产30吨。在生产高级耐火砖时，产量要降低，为了保证砖的尺寸和不变形，在台车面上先放1~3层不烧镁砖作垫层，上面再放高级耐火砖坯。

该社倒焰窑容积为500吨，专门用于生产硅砖。在生产硅砖时，如冷却太快会发生体积膨胀。因此，一般隧道窑不适宜生产硅砖。倒焰窑每次周期约40~50天。

该社对产品质量要求十分严格，组织专门人员认真检验每一块砖的尺寸，要求砖面完整光滑，每块砖大小头之差的允许误差 ± 0.6 毫米，并在每块砖上打上正误差或负误差的符号，便于以后上窑砌筑。

成品砖用塑料薄膜包装，四周用铁条加固，每包为100块砖，毛重约1.5吨。如出口产品，每包外面再用纸箱或木箱包装。

3. 制砖工艺

3—1碱性:

原料: 镁砂和铬矿。

粘结剂: 氯化镁、硫酸镁、化学结合剂。

成形压力: 500~1200公斤/厘米。

干燥温度: 100~150℃。

烧成温度: 1435~1850℃或不烧成。

3—2、高铝砖

原料: 高铝质页岩、硅线石、烧矾土、矾土、硬水铝石、电熔矾土、电熔莫来石和烧粘土等等。

粘结剂: 纸浆废液和其它。

烧成温度: 1410~1790℃。

成形压力: 300公斤/厘米²以上。

3—3粘土砖:

原料: 各种烧粘土矿物(Al_2O_3 25~45%)。

粘结剂: 纸浆废液, 水玻璃和其它。

烧成温度: 1300~1530℃。

成形压力: 300~600公斤/厘米²。

4. 镁铬烧结砖

4—1、直接结合镁铬砖(MAC-BDS-70和MAC-BD-70)这两种直接结合镁铬砖, 均使用优质原料, 镁砂是经1900℃回转窑高温烧成, SiO_2 含量<0.5%。铬矿是从菲律宾进口。将粗、中、细镁砂和粗、中铬矿颗粒, 掺入粘结剂, 加压成形, 高温烧成。MAC-BD-70是经1700℃高温烧成, 而MAC-BDS-70是1800~1850℃超高温烧成。所以具有很好的性能, 如气孔率低, 荷重软化点高, 耐热震稳定性好, 热态强度高, 高温下蠕变性小以及挂窑皮性能也比较良好。所以, 适用于水泥回转窑的烧成带、过渡带和冷却带。这两种砖的化学成分、物理性能和使用部位详见表3。

4—2、普通烧结镁铬砖(MAC-B-70)这种砖是由电熔镁铬尖晶石和高纯度镁砂作原料, 高压成形, 经1600~1700℃高温烧成。由于电熔镁铬尖晶石的结构稳定, 并采用适宜的颗粒级配。因此, 具有较好的耐侵蚀性和耐热震稳定性, 重烧收缩小, 所以, 在一般生产普通水泥的回转窑上已广泛使用, 适用于烧成带后部和预热带的前部。这种砖的化学成分、物理性能和使用部位详见表3。

4—3、不烧镁铬砖(MAC-UB)

它是由电熔镁铬尖晶石和高纯度镁砂作原料, 高压成形, 经150℃烘干而成。由于它以电熔镁铬尖晶石作原料。所以, 具有耐侵蚀性和耐剥落性的特点。因此, 适用于水泥回转窑的窑门和冷却机壁等部位, 一般采用牵挂结构。其化学成分、物理性能和使用部位详见表3。

水泥·回转窑用碱性砖

表 3

项 目	分 类	超高温烧成			高温烧成		普通烧成		不烧成、附有铁鳞搪套			高温烧成尖晶石质		
		镁·铬			镁·铬		镁·铬		氧化镁			超高温度		
		MAC-BCS T75	MAC-BDS T79	MAC-BDS T70	MAC-BD 70	MAC-B 70	MAC-B 70	MAC-B 60	PERIC- UB 90	MAC-UB 70	MAC-UB 60	PSB-A-1	PSB-A-2	PSB-B
MgO		73	73	72	72	71	71	61	92	70	60	85	85	82
Cr ₂ O ₃		9	9	10	10	10	10	14	—	9	13	—	—	—
SiO ₂		1.5	1.5	2.5	2.5	4	4	4	3	4	4	0.7	0.7	3
Al ₂ O ₃		9	9	9	9	8.5	8.5	12	1	8	12	14	14	14
耐火度(SK)		>42	>42	>42	>42	>42	>42	>42	>42	>42	>42	>40	>40	>40
显气孔率(%)		16.0	15.5	16	18	18	18	18	13	14	13	15	15	18
体积密度		3.06	3.08	3.07	2.89	2.96	2.96	2.97	2.96	2.95	3.00	2.95	2.95	3.50
抗压强度(公斤/厘米 ²)		600	500	600	450	400	400	400	750	500	500	550	550	500
透气率		0.033	0.023	0.095	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
热态抗折强度(公斤/厘米 ²)		95	70	130	70	—	—	—	—	—	—	65	65	25
在1260℃		60	50	80	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
在1500℃		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
热膨胀率(%)		1.22	1.21	1.20	1.10	1.10	1.10	0.96	1.10	1.08	0.95	1.18	1.18	1.18
在1000℃		>1720	>1720	>1720	1700	1650	1650	1630	—	—	—	>1720	>1720	1655
荷重软化点T ₂ (℃)		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
特 性		耐热稳定	耐热稳定	热态强度 大耐热震 稳定性中	耐 热 震 稳定性大	烧成带 各部 预热带	烧成带 各部 预热带	烧成带 后部 预热带	附有李 挂铁板 铁板搪套	同 左	同 左	电 烧 尖晶石	电 烧 尖晶石	电 烧 尖晶石
使用部位		SP, NSP 火 点 过 渡 带	SP, NSP 火 点 过 渡 带	SP, NSP 火 点 过 渡 带	SP, NSP 冷却带 烧成带后部	烧成带 各部 预热带	烧成带 各部 预热带	烧成带 后部 预热带	SP, NSP 窑门罩壁 (牵挂结构)	同 左	同 左	SP, NSP 过 渡 带	同 左	同 左

5. 碱性烧结砖

5—1、特殊镁砖(90GV)

生产白色水泥的回转窑, 由于着色问题, 窑衬材料一般不使用含铬的耐火砖。该社推荐在烧成带采用90GV镁砖, 在这种砖中附加了一种特殊金属氧化物。因此, 它不仅具有耐高温的性能, 而且还能提高镁砖的抗剥落性能。

5—2、直接结合方镁石—镁铝尖晶石素再结合砖(PS-B-F95、PS-B-A和PS-B-B)

这几种砖是以人工合成原料为主体, 其中PS-B-F95和PS-B-A-1是由电熔镁铝尖晶石和镁砂为原料, PS-B-A-2和PS-B-B是由高温烧结镁铝尖晶石和镁砂作原料, 加入一定量的粘结剂, 高压成形, 再经1790℃的隧道窑超高温烧成。

这种砖的特性:

(1) 挂窑皮适当, 当砖中 Al_2O_3 含量10~20%时, 挂窑皮厚度最为合适, 不致于由于窑皮经常脱挂而造成砖的剥落。

(2) 热震稳定性好。

(3) 耐侵蚀好。

(4) 不含有 Cr_2O_3 。

同镁铬砖性能比较:

(1) 镁铬砖中氧化铁的氧化—还原反应造成体积变化。

(2) 比镁铬砖强度稍低, 但热震稳定性比镁铬砖好。因为, $MgO \cdot Al_2O_3$ 尖晶石在高温下比 $MgO \cdot Cr_2O_3$ 尖晶石的蒸汽压低。所以, 它对温度的变化稳定。

(3) 它含硅酸盐等不纯物比镁铬砖少, 所以耐热性好。

(4) 蠕变性和耐碱性同镁铬砖一样。

它们的化学成分、物理性能和使用部位详见表4。

使用实例, 如φ4米长的一台NSP水泥回转窑, 以方镁石—镁铝尖晶石为主体的窑衬材料, 见表5。

这些砖在过渡带使用已有较好的效果, 可延长使用寿命, 但在烧成带尤其是用于火点部位, 目前正在一些窑上作试验, 尚未有成熟的经验, 有待今后进一步试验和观察。

6. 高铝质耐火砖

6—1、耐崩裂型砖(CWR)

这种砖是以电熔高铝质原料为主体而烧成的。因主要原料经电炉熔融, 所以原料稳定, 砖质均匀和优越, 具有很好的耐侵蚀性、耐磨性和热震稳定性。CWR型共有6种品种, 其中CWR-S、CWR-6、CWR-8和CWR-9-1适用于作为水泥回转窑窑衬材料, CWR-9可用于水泥立窑烧结带。这些砖的化学成分、物理性能和使用部位详见表6。

方 镁 石-镍 铝 尖 晶 石 砖

表 4

性 能	型 号		
	PS-B-F-95	PS-B-A	PS-B-B
化学成分(%)			
SiO ₂	0.5	0.9	1.9
Al ₂ O ₃	5.1	17.6	9
MgO	92.9	79.1	73
Fe ₂ O ₃	0.07	0.05	5
物理性能			
耐火度(SK)	>40	>40	>40
显气孔率(%)	15.0	17.2	15.9
体积密度	2.94	2.94	2.94
假比重	3.51	3.53	3.50
抗压强度(公斤/厘米 ²)	420	336	528
抗折强度((公斤/厘米 ²) 在1200℃	80	25	37
荷重软化点 T ₁ ℃	1695	1705	1590
T ₂ ℃	>1730	>1730	1459
T ₃ ℃	>1730	>1730	>1730
热膨胀率(%)			
在1000℃	1.02	0.96	1.04
在1200℃	1.25	1.19	1.28
蠕变性(%) (1400℃ 5 公斤/厘米 ²)			
100 小时	0.31	0.68	2.10
50 小时	0.75	1.40	5.81
热震稳定性(1200℃空冷, 次数)	>30	>30	20
用 途	水泥回转窑火点	水泥回转窑过渡带	水泥回转窑烧成带后部

NSP水泥回转窑用重烧结合方镁石-镍铝尖晶石砖

表 5

喷嘴	6,000 20,000		40,000		55,000	65,000	
	冷却带	火 点	烧 成 带		过渡带前部	过渡带后部	预 热 带
施工长度(mm)	18,000		10,000	10,000	15,000	10,000	29,000
侵蚀性倾向	特 大		大		大	大	
热震稳定性倾向	特 大		小		特 大	大	
磨 损 性	大		小		特 大	中	
推 荐 材 质	PS-B-F-95		PS-B-A	PS-B-B	PS-B-A	PS-B-B	GLASIL-LDK RG-34

水泥回转窑用高铝砖、粘土砖、隔热砖

表 6

项 目	CWR-9-1	CWR-8	CWR-6	RG-36	RG-34	SK-32	SK-32 低气孔率	SK-30	SK-30 低气孔率	GLASIL-LDK	GLASIL-LDK
Al_2O_3	85	77	58	47	40	33	32	29	29	24	24
SiO_2	13	18	37	52	54	62	64	68	68	64	64
Fe_2O_3	0.5	1.6	1.5	0.9	2	2	2	2.5	2.5		
耐火度 (SK)	40	38	36	36	34	32	32	30	30		
显气孔率 (%)	11	25	23	12	16	25	<20	26	<22	33	40
体积密度	3.06	2.45	2.26	2.41	2.20	1.93	1.95	1.95	2.00	1.60	1.48
抗压强度 (公斤/厘米 ²)	1890	300	350	750	600	250	350	200	300	150	130
热膨胀率 (%)(在350°C)	0.66	0.53	0.44	0.51	0.46	0.58	0.60	0.60	0.60	0.60(在350°C) (重烧收缩<2%)	0.45
荷重软化点 T_0 (°C)	>1780	1580	1470	1540	1400	1350	1320	1250	1280	1300	1300
热态抗折强度 (公斤/厘米 ²) (在1260°C)	123	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
特 性	耐剥落 低气孔率 高铝质	耐剥落 高铝质	耐剥落 高铝质	耐剥落 低气孔率 耐 磨	耐 碱 低气孔率 耐 磨	SK-32 粘土质	SK-32 粘土质 低气孔率	SK-30 粘土质	SK-30 粘土质 低气孔率	耐碱隔热砖 高强度	耐碱隔热砖
使用部位	窑 口	小回转窑 窑门罩壁	预热带	预热带 轮带部位 冷却机壁	预热带 轮带部位 冷却机壁	预热带 预热器 冷却机壁	同 左	同 左	同 左	大直径预热带 热传导率 0.6	一 般 直 径 窑 预热带热传导率 0.55(在350°C)

7. 粘土质耐火砖

7-1、烧粘土砖(SK-30 SK-32)

该社烧粘土砖选择合理的颗粒级配,以纸浆废液或水玻璃作粘结剂,以300~600公斤/厘米²加压成形,经1300~1530℃高温烧成。它具有较好的热震稳定性,适用于水泥回转窑的预热带、预热器和冷却机壁等部位。其砖的化学成分、物理性能和使用部位详见表6。

7-2低气孔高强度烧粘土砖(RG34、RG36)

这种砖的制砖工艺同烧粘土砖一样,其特点是气孔率低、强度高。因此,具有良好的耐碱性和耐磨性,适用于预热带、轮带和冷却机壁等部位。它的化学成分、物理性能和使用部位详见表6。

7-2耐碱隔热烧粘土砖(GLASIL-LDK, GLASIL-ADK)

这种砖是一种用磷酸结合的石英质隔热砖,气孔率大,抗压强度也较大,有很好的耐碱性能。因此,可以直接作为窑衬材料使用,使用温度为1000℃,适用于水泥回转窑的预热带。其化学成分、物理性能和使用部位详见表6。

早在12年前,该社也生产过另一种耐碱隔热砖,其体积密度为1.3,热传导率0.3(300℃时),抗压强度100~110公斤/厘米²。在干法窑预热带上使用效果良好,但现在新建的窑是SP和NSP窑,窑内碱含量增大,所以这种砖在SP和NSP窑上就不适宜使用。

8. 耐火材料的性能要求和砖型尺寸

水泥回转窑各带情况不同,要求耐火材料的性能也不同,但一般要求如下:

(1)耐崩裂性

在使用过程中,由于高温熟料的侵蚀,造成耐火材料的受热面产生一层变质层,而引起崩裂。因此,要求耐火材料体有抵抗崩裂的性能。

(2)耐蚀性

在高温下,应当对水泥熟料具有优越的耐蚀性。另外,对燃料、原料中的硫和碱也要有抵抗能力。

(3)易挂窑皮

水泥回转窑烧成带温度高,如没窑皮、耐火材料长期处在高温下,容易损坏。因此,要求耐火材料具有较好的挂窑皮性能,这样可保护砖,延长使用寿命。

(4)耐磨性

在使用温度下,对原料和熟料要有充分的耐磨性。

(5)体积稳定性

在反复加热和冷却情况下,砖不产生体积变化或脆化。为了要满足这个条件,砖应当具备重烧不收缩和蠕变性小。

(6)准确的砖形尺寸,膨胀缝和胶泥衬垫的合理使用。这些同砖的质量虽然没有直接关系,但是对砖的耐用性却有很大的影响。各种窑径的砖型尺寸见表20、21和22。

三、矾土水泥和不定形耐火材料

(一) 矾土水泥

旭硝子公司自称是日本最早生产矾土水泥的工厂，已有30年生产史。近10年来，随着不定形耐火材料的发展，矾土水泥的品种和数量都有很大发展，该公司吸取世界各国先进经验，结合本公司生产电熔耐火材料的特点，以熔融法生产四种牌号矾土水泥(表7)，其中SS、S、1号为电炉熔融法生产，ASAHI Fondu为反射炉熔融法。(注：Fondu为法国Lafarge水泥公司生产的矾土水泥牌号)

SS和S是一种特殊品种，要求原料纯度较高，由 CA 、 CA_2 、 $C_{12}A_7$ 和 $\alpha-Al_2O_3$ 混合粉磨而成，价格较贵，主要用来配制 $1500^{\circ}C$ 以上的耐火浇注料，生产量较少。旭硝子矾土水泥1号(AC—1号)，是一种普通矾土水泥，被称为旭硝子公司的标准产品，当使用高质量耐火集料时，可配制使用温度达 $1500^{\circ}C$ 的耐火浇注料。ASAHI Fondu(AF)是一种高铁矾土水泥，具有超早强和耐硫酸盐侵蚀的特性，用于紧急工事的抢修和冬季施工以及耐硫酸盐，海水侵蚀的工程。

根据上述几种牌号的成份和性能，可以看出，旭硝子公司不仅能生产普通矾土水泥和高铁矾土水泥，而且能生产 Al_2O_3 含量为80%和70%的高纯度矾土水泥，和美国Pittsburgh铝氧公司(CA25)法国Lafarge公司(Secar250)以及日本的电化公司(HA.SHA)等产品相比，成份和性能基本接近。从早期强度的发挥情况来看，略高于电化公司的同类型产品。

旭硝子矾土水泥技术标准(企业)

表7

项 目	品 名	旭硝子矾土水泥			
		SS	S	1 号	ASAHI Fondu
化学成分(%)	SiO_2	0.1	0.3	4.0	4.0
	Al_2O_3	80.0	73.5	26.0	40.0
	Fe_2O_3	0.2	0.3	1.0	16.0
	CaO	19.5	25.5	36.0	38.0
	MgO	—	—	0.3	0.2
	TiO_2	—	0.2	—	—
细度(%) 88 μ 筛筛余		2.5	2.5	0.5	1.0
初凝		30分钟以内	8小时以上	8小时以上	2小时以上
终凝		2小时以内	8小时以内	8小时以内	8小时以内
抗折强度(公斤/厘米 ²)	6小时	30	35	45	40
	12小时	33	50	60	55
	24小时	40	55	70	60
抗压强度(公斤/厘米 ²)	6小时	120	200	280	250
	12小时	150	300	500	450
	24小时	160	350	580	510

另外还有两种牌号水泥，估计为老产品，也是电炉熔融法生产，称为菱印1号和菱印2号，成份和性能如(表8)。

菱印矾土水泥技术标准(企业)

表 8

项 目	品 种	菱 印 矾 土 水 泥	
		1 号	2 号
化学成分(%)	SiO ₂	4~6	4~6
	Al ₂ O ₃	50~53	46~50
	Fe ₂ O ₃	1~2	7~11
	CaO	35~38	34~37
	MgO	2以下	2以下
	TiO ₂	1~2	1~2
凝结时间: 水量(%)		25~30%	
	初凝	2~4 小时	
	终凝	4~8 小时	
耐压强度公斤/厘米 ²	6 小时	100 以上	
	12 小时	300 以上	
	24 小时	400 以上	
	3 天	500 以上	
	7 天	500 以上	
		30 以上	
抗折强度公斤/厘米 ²	6 小时	60 以上	
	12 小时	70 以上	
	24 小时	80 以上	
	3 天	80 以上	
	7 天	80 以上	
		80 以上	

(二)不定形耐火材料。

不定形耐火物有下列几种:

- 1.耐火浇注料。
- 2.耐火可塑料。
- 3.捣打料。
- 4.喷射料，包括热喷补料和冷喷补料。
- 5.耐火砂浆。

不定形耐火材料的组成:

- 1.浇注料即耐火混凝土，又称一天混凝土。
由耐火骨料 + 耐火粉末 + 矾土水泥 + 水组成。
- 2.可塑料:

由耐火骨料 + 耐火粉末 + 耐火粘土 + 水组成。

旭硝子公司具有一条全日本最大的不定形耐火材料自动生产线，配制不定形耐火材料用的集料，有的外购，有的由本公司生产。所用的粘结剂有矾土水泥，可塑粘土，磷酸、水玻璃等，其中矾土水泥全部由本公司生产。

该公司拥有各种不定形耐火材料的专利，产品形成各种系列。分别用于冶金、化工、玻璃、水泥等各个工业部门，分别见表9、10、11、12。