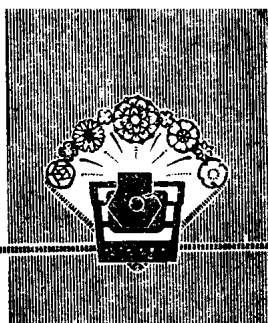


冶金工业技术革新资料



第 17 号

加热炉无水冷滑轨

《无水冷滑轨》编写组

冶金工业出版社

冶金工业技术革新资料

第 17 号

加 热 炉 无 水 冷 滑 轨

《无水冷滑轨》编写组

(限国内发行)

•

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

•

787×1092 1/32 印张 1 3/8 字数 28 千字

1976年12月第一版 1976年12月第一次印刷

印数00,001~2,900册

统一书号: 15062·3270 定价(科一) 0.08 元

毛主席语录

发展钢铁工业一定要搞群众运动，什么工作都要搞群众运动，没有群众运动是不行的。

目 录

前言.....	1
一、概述.....	2
二、无水冷滑轨砖及座砖的实验.....	5
三、无水冷滑轨砖及座砖的生产.....	12
四、无水冷滑轨砖的岩相分析.....	19
五、加热炉无水冷滑轨的使用实践.....	26
六、加热炉无水冷滑道的施工.....	37
七、结束语.....	39

前 言

目前，轧钢加热炉大多采用“水冷滑轨”，这种加热炉需要大量冷却水，因此要设置水冷系统和设备，炉型结构复杂，钢材用量大，水电消耗多。由于冷却水带走大量热量，炉子热效率低，燃料消耗量高。“水冷滑轨”的存在，使得钢坯加热不均匀，有明显水冷“黑印”和“阴阳面”，严重影响了轧材质量。

国外进行无水冷滑轨加热炉的研究时间较早，已有几十年的历史，但进展缓慢，至今也只有西德、日本、美国等少数国家研究和建成无水冷滑轨加热炉。

遵照毛主席关于“我们不能走世界各国技术发展的老路，跟在别人后面一步一步地爬行”的伟大教导，在史无前例的无产阶级文化大革命中，我们批判了“爬行主义”，“洋奴哲学”，破除了迷信，解放了思想，决心根据我国实际情况，走我们自己工业发展的道路，研制我国自己的加热炉无水冷滑轨。

在认真贯彻执行“鞍钢宪法”、深入开展工业学大庆运动中，在各级党组织的领导下，于1971年由唐山钢铁公司耐火材料厂、天津市轧钢二厂和武汉一冶冶金建筑研究所的工人、干部和技术人员组成了“三结合”小组，开展了加热炉无水冷滑轨的研制工作。经过八个月的努力，终于试制出第一批棕刚玉—碳化硅滑轨砖，在300轧机用的加热炉上进行了工业性实验。1971年11月实验炉投产的第一炉役寿命为三个多月。在批林批孔运动的推动下，批判了林彪效法孔老二

“克己复礼”、妄图复辟资本主义的罪行，进一步发挥了广大革命群众的社会主义积极性，促进了科学研究和生产的发展，于1973年末又对实验炉进行了改造，使棕刚玉—碳化硅滑轨使用条件得到了改善，进一步提高了滑轨的使用效果，使高温段滑轨寿命超过半年，中温段超过一年，实验炉的各项技术经济指标与国内同类型水冷滑轨加热炉比较有较大的提高，初步显示出无水冷滑轨加热炉的优越性。冶金工业部于1974年8月在天津召开了“加热炉无水冷滑轨技术鉴定会”，肯定了无水冷滑轨加热炉是我国轧钢加热炉技术的一项重要革新。目前，无水冷滑轨加热炉已经在北京、上海、湖北、江西等八个省市推广使用。随着我国钢铁工业的迅速发展，无水冷滑轨加热炉的优越性也必将更加明显地体现出来。

一、概 述

（一）水冷滑轨加热炉与无水冷滑轨加热炉

众所周知，在水冷滑轨加热炉内，有纵向水冷滑管和支撑纵水管的多条横水管，钢坯（或钢锭）直接在纵水管上被推钢机推动，由炉尾向炉头前进，并在推进的过程中逐渐被加热到所要求的温度（图1）。

由于钢坯靠通水冷却的厚壁无缝钢管支撑，钢坯在加热过程中，在接触水冷滑轨的地方，形成明显低温带，即所谓水冷“黑印”。且由于冷却水管的影响，钢坯下表面加热条件不如上表面，故常呈现钢坯下面温度不如其上面温度高，出现所谓“阴阳面”。水冷“黑印”和“阴阳面”的存在，不仅使钢坯断面上温度不均，而且造成沿钢坯长度上温度不均

匀，使钢坯在轧制过程中，增大轧机负荷，消耗更多的能量，有时甚至发生断辊事故。对于合金钢材，特别是板材常常由于水冷“黑印”和“阴阳面”的存在，给机械加工造成困难，甚至造成废品。

一般水冷滑轨加热炉消除黑印的办法是，采用在均热床上长时间均热，或采用钢坯出炉前翻钢操作等。这样做的结果，延长了金属加热时间，降低了炉子生产率，增加了金属烧损率。同时，冷却水带走了约占炉子总供热量的25%左右，使得炉子热效率低，燃料消耗量高。

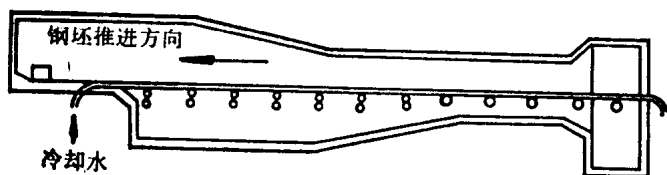


图 1 水冷滑轨加热炉纵剖面

无水冷滑轨加热炉，取消水冷滑管，而代之以特种耐火材料制品——棕刚玉—碳化硅滑轨砖砌成的无水冷滑轨，无水冷滑轨装砌在座砖上，座砖砌在耐火砖砌成的基墙上（图2）。

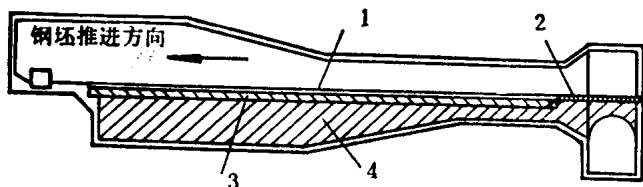


图 2 无水冷滑轨加热炉纵剖面

1—滑轨砖；2—铸铁滑轨；3—滑轨座砖；4—基墙

无水冷滑轨的采用，使得加热炉的加热条件得以改善，热效率提高，炉底强度增加，钢材加热质量提高，金属烧损率降低，特别是燃料消耗量明显下降，已超过国内最好水平，达到52公斤油/吨钢，使得加热炉的工作提高到一个新的水平。

（二）无水冷滑轨

加热炉无水冷滑轨由滑轨砖砌成（低温部分，采用金属滑轨）。滑轨砖装砌在座砖上，而两者由基墙承托，基墙直接砌在炉底上。

滑轨砖系在 $1400\sim 1450^{\circ}\text{C}$ 下烧成的、磷酸铝结合的棕刚玉—碳化硅制品。座砖是在 $1400\sim 1450^{\circ}\text{C}$ 下烧成的、磷酸铝结合的高铝—碳化硅制品。基墙材料采用粘土砖（也有采用高铝砖、高密度粘土砖和镁铝砖的）。基墙断面形状，可以是矩形的，也可以是梯形的。一般基墙独立地砌在炉底上，如果炉子宽度较小，且钢坯原料尺寸规则，长度一定，可以

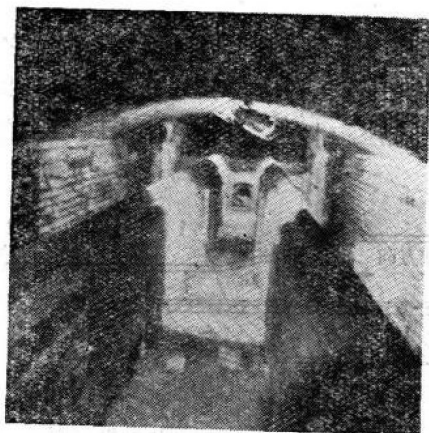


图 3 无水冷滑轨

考虑基墙与炉子大墙砌在一起，这样可以提高其寿命（图3）。

二、无水冷滑轨砖及座砖的实验

（一）材质的选择

滑轨砖在炉内受着钢坯的压力、高温摩擦和氧化铁渣的侵蚀，以及因温度急变而产生的热应力作用。因此，理想的滑轨砖应具有强度高，高温耐磨性好，抗氧化铁渣的侵蚀性强，热稳定性好等性能。国外滑轨多数采用电熔铸制品，也有采用碳化硅质滑轨的。我国有的厂曾试用过熔铸棕刚玉、熔铸莫来石滑轨，也曾用过烧结棕刚玉滑轨。但都因工艺问题未能得到很好解决，热稳定性不好等原因而损坏。某厂加热炉的均热床上曾试用过粘土结合的碳化硅制品，结果发现这种制品在使用过程中会因容易分解变质，其组织结构变得疏松，抗氧化铁渣的侵蚀性不良而损坏。

分析了上述情况，我们认为：电熔铸制品虽然具有较高的耐磨性、强度和抗渣性能，但如果工艺问题得不到很好的解决，则稳定性却不好。且滑轨形状比较复杂，体积小，铸件容易出现较大的缩孔，造型困难，不能发挥其应有的优点。碳化硅制品虽然硬度大，耐磨性强，热稳定性也相当好，但一般碳化硅制品抗氧化铁渣的侵蚀性能很差，高温容易分解。

综上所述，考虑到我国目前的原料来源、生产工艺及成本等诸因素，综合了大量试验结果，采用在基质中加入碳化硅以提高制品的热稳定性，确定以电熔棕刚玉作骨料，电熔棕刚玉和碳化硅的混合料作基质的滑轨砖材质，以高铝矾土

熟料作骨料、高铝矾土熟料和碳化硅的混合料为基质的滑轨座砖材质。并确定采用高温结合性能较好的磷酸铝作结合剂，以便在不太高的烧结温度下就能获得较高的技术性能。

经过多次试验，具有我国自己特点的，性能良好的滑轨砖及滑轨座砖终于试制成功，它们的化学成分如表 1 所示，物理性能如表 2 所示。

表 1 滑轨砖及座砖的化学成分 (%)

砖名	编号	Al ₂ O ₃	SiO ₂	SiC	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO
滑轨砖	15	79.42	1.05	14.18	2.10	0.62	—	—
滑轨砖	26	72.16	2.29	22.90	1.28	0.99	0.16	0.43
座砖	—	64.45	12.50	16.15	2.40	2.39	0.24	0.23

表 2 滑轨砖及座砖的物理性能

砖名	编号	显气孔率 (%)	体积密度 (克/厘米 ³)	常温耐压强度 (公斤/厘米 ²)	荷重软化温度 (°C)		热稳定性 (次)	热胀系数 (20~1000 °C)
					KD	4%		
滑轨砖	15	15	3.08~3.09	786	1660	1770	>30	6.4×10^{-6}
滑轨砖	26	15~16	3.05~3.06	—	1730	1780	>30	6.2×10^{-6}
座砖	—	19~21	2.55~2.61	737	1655	1780	>30	5.9×10^{-6}

注：1. 滑轨砖在 1350 °C、2 公斤/厘米² 压力下的磨损量为 6.5×10^{-5} 毫米/米；

2. 滑轨砖在加热炉内与钢的摩擦系数平均为： $\mu_{静} = 0.51$ ， $\mu_{动} = 0.45$ 。

(二) 不同因素对棕刚玉—碳化硅滑轨砖性能的影响

为了寻求较佳配比，对不同因素对滑轨砖性能的影响，作了如下试验。

1. 碳化硅用量与滑轨砖性能的关系

从表 3 中可以看出，随着碳化硅用量的增加，试样热稳

定性增加，但常温强度和抗渣蚀性能下降。反之，减少碳化硅用量，试样热稳定性下降，但常温强度及抗渣蚀性能提高。

表 3 碳化硅配比与滑轨砖性能的关系

编号	配 料 (%)			常温耐压强度 (公斤/厘米 ²)	热稳定性 (次)*	抗 渣 蚀 性 (侵蚀深度)**
	刚玉颗粒	刚玉细粉	碳化硅粉			
10	60	30	10	1221	7	微量
15	60	25	15	1233	11	4 毫米
20	60	20	20	1207	12	侵蚀严重
25	60	15	25	948	18	全部侵蚀

• 加热到1200℃，保温40分钟后的水冷次数。

** 试样为 $\phi 36 \times 50$ 毫米在1400℃熔融氧化铁渣液中旋转20分钟后测定结果。

根据实验结果，在实际生产中，需根据用户的具体情况和要求确定碳化硅用量。若炉温波动大或经常停炉，则应适当增加碳化硅用量。反之，若炉温波动不大，又无经常停炉或停炉时保温，为了提高滑轨砖的强度和抗渣蚀性，则可适当降低碳化硅的用量。

通过天津轧钢二厂使用实践证明，15%碳化硅加入量基本满足小型轧钢加热炉温度变化的需要。因此在生产中决定采用15%碳化硅加入量。

2. 磷酸铝溶液的配比与制品强度的关系

磷酸铝溶液中，关于工业磷酸的加入量和工业氢氧化铝的加入量对制品强度的影响，经过大量的试验，归纳实验结果如图4、图5所示。

在配制磷酸铝溶液时，是按水：工业磷酸：氢氧化铝之

值来表示加入量的，试验时用工业磷酸/水+工业磷酸之值表示磷酸加入量，用氢氧化铝/工业磷酸之值表示氢氧化铝加入量。

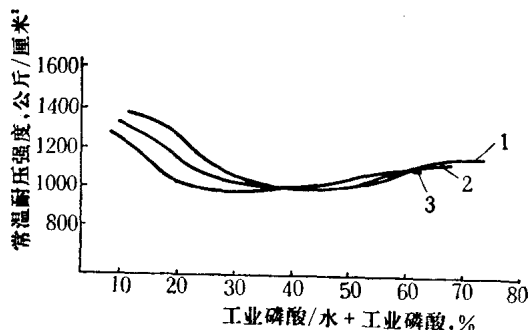


图 4 工业磷酸加入量对制品强度的影响
 $\text{Al}(\text{OH})_3/\text{H}_3\text{PO}_4$: 1—15%; 2—30%; 3—45%

由图 4 可以看出，在氢氧化铝加入量不变的情况下，试样强度先随着工业磷酸加入量的增加而下降，当工业磷酸/水+工业磷酸之值大于30%以后，试样强度基本稳定，继续提高工业磷酸加入量，当工业磷酸/水+工业磷酸之值大于50%时，试样强度又有所提高。

但当工业磷酸加入量很大时，氢氧化铝溶解较困难，同时酸度较提，腐蚀性较强。当工业磷酸加入量低于40%时，在生产过程中，又出现坯体强度低，出模和搬运时容易破碎等问题，难于生产。

因此，在滑轨砖生产中，采取的工业磷酸加入量是工业磷酸/水+工业磷酸=50%的配比（后为55%）。

图 5 表明，当磷酸加入量不变的情况下，试样强度一般随氢氧化铝加入量的增大而下降，但当工业磷酸/水+工业磷酸之值高于40%时，氢氧化铝加入量对试样强度的影响已

不明显。

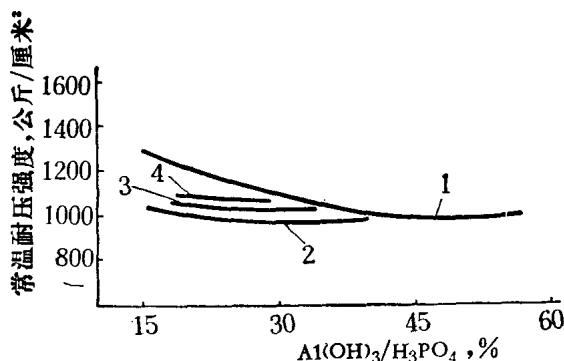


图 5 氢氧化铝加入量对试样强度的影响

工业磷酸/水 + 工业磷酸: 1—20%; 2—40%; 3—50%; 4—60%

在试验和生产中还发现, 工业磷酸加入量愈多, 氢氧化铝加入量愈高, 泥料出碾后越易凝固, 成型也越困难。

总括上述情况, 在生产中, 工业磷酸加入量采用工业磷酸/水 + 工业磷酸 = 50~60% 为宜, 氢氧化铝加入量采用氢氧化铝/工业磷酸 = 15~30% 为宜。

3. 烧成温度对滑轨砖性能的影响

用磷酸铝作结合剂的棕刚玉—碳化硅滑轨砖, 烧成温度不宜过高, 否则, 碳化硅分解程度加剧, 失去在基质中加碳化硅的作用。一般烧成温度随碳化硅用量不同而有所变化。26% 碳化硅加入量的棕刚玉—碳化硅滑轨砖, 烧成温度为 1400°C, 保温 16 小时。15% 的碳化硅加入量的滑轨砖, 烧成温度为 1450°C, 保温 16~24 小时即可。棕刚玉—碳化硅滑轨砖在氧化性气氛中烧成时, 表面的碳化硅被氧化而分解, 形成一保护薄膜, 它阻止和延缓了滑轨砖内部碳化硅的分解。

磷酸铝作结合剂的滑轨砖在上述温度下，就可取得较好的耐压强度指标。棕刚玉—碳化硅滑轨砖烧成温度与耐压强度的关系见表4。

表 4 棕刚玉—碳化硅滑轨砖烧成温度与成品耐压强度的关系

烧 成 温 度 (°C)		1410	1500	1540
成分 (%)	棕 刚 玉 颗 粒	60	60	60
	棕 刚 玉 细 粉	25	25	25
	碳 化 硅 细 粉	15	15	15
常温耐压强度 (公斤/厘米 ²)		950	935	887

4. 配比中加CrO₃对制品强度的影响

在棕刚玉—碳化硅配比实验中，加入少量矿化剂，可以改善制品内部结构，提高其使用性能。经实验证明，在配比中加入1.5%的CrO₃，可以使制品的常温抗压强度和高温耐磨性能得到一定的提高（表5）。

表 5 配比中加入 CrO₃对试样强度的影响

试 样 类 别		加1.5%CrO ₃ 的			不加 CrO ₃ 的
		编 号			
		1	2	3	
成分(%)	棕刚玉颗粒	60	60	60	60
	棕刚玉细粉	25	25	25	25
	碳化硅细粉	15	15	15	15
常温耐压强度 (公斤/厘米 ²)		1355	1328	1437	1233

在天津轧钢二厂实验炉高温段上安装了配比中加入CrO₃的新滑轨砖，四个月停炉观察其磨损量比厚配比的滑轨砖少30~40%。

5. 棕刚玉料中铁含量对制品性能的影响

原料杂质中氧化铁对滑轨砖的性能影响很大，我们对基
质中 Fe_2O_3 的含量对制品的常温耐压强度和荷重软化变形温
度进行了实验。实验结果见图6和图7。

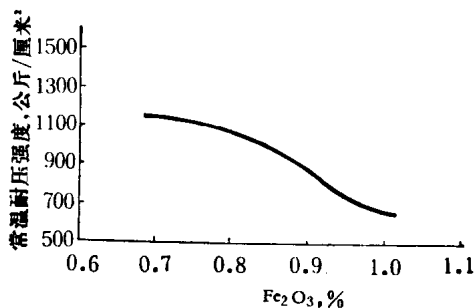


图6 原料中 Fe_2O_3 含量对制品常温耐压强度影响

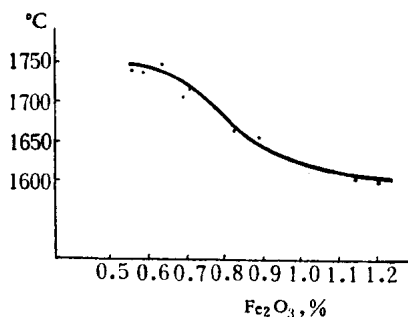


图7 原料中 Fe_2O_3 含量对制品荷重软化变形温度的影响

从图看出，随着 Fe_2O_3 含量的增高，试样的常温耐压强
度和荷重软化变形温度都下降。

如表6所列，在原料中，Ⅰ号刚玉和Ⅱ号刚玉含铁量差别
较大，因此对制品的常温耐压强度影响也较明显。

表 6 棕刚玉料中 Fe_2O_3 含量对制品常温耐压强度的影响

棕 刚 玉 类 别		II 号刚玉	I 号刚玉
成分 (%)	刚 玉 颗 粒 料	60	60
	刚 玉 细 粉 料	25	25
	碳 化 硅 细 粉	15	15
刚 玉 中 含 Fe_2O_3 (%)		0.74	2.27
制品常温耐压强度(公斤/厘米 ²)		889	500

I 号刚玉料在配比及工艺条件均相同的情况下, 仅将刚玉细粉采用酸洗除铁后, 制品的常温耐压强度由 500 公斤/厘米²提高到 1000 公斤/厘米²以上。

滑轨在使用实践中证实, 含铁量高的滑轨寿命也短。

因此, 在生产滑轨砖所用的原料中, 要求 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \leq 1\%$ 。并且在破碎后应经强磁除铁设备除铁。用球磨机研磨细粉时, 最好采用刚玉磨衬和刚玉研磨介质, 否则需进行酸洗除铁。

此外, 在最近的生产和试验过程中发现, 若原料中钛的氧化物含量高时, 则由于在烧成过程中钛氧化物的变态及钛酸盐的形成而引起体积膨胀, 致使制品出现疏松、分层等缺陷。因而, 严格控制原料中钛的氧化物含量, 是保证滑轨砖质量的重要因素。

三、无水冷滑轨砖及座砖的生产

考虑到滑轨形状要易于生产, 砌筑方便, 结构稳定, 并且要满足热工要求及有合理的应力分布, 设计了如图 8 和图 9 所示的滑轨砖和座砖的形状。

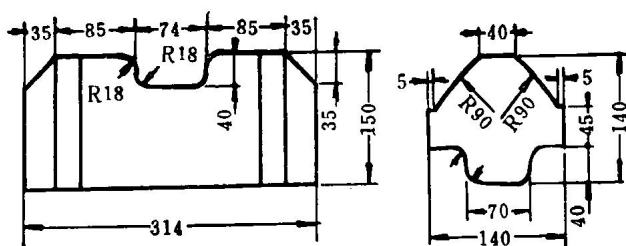


图 8 滑轨砖和座砖断面尺寸

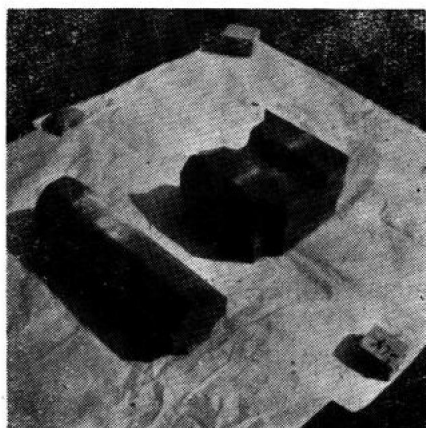


图 9 滑轨砖和座砖的外形

经过对试验和试生产过程中情况的归纳，得出棕刚玉—碳化硅滑轨砖及高铝—碳化硅座砖的生产工艺流程分别如图10和图11所示。

(一) 原料成分及要求

为了保证制品的质量，原料需经检选。烧结不良，带有硅铁夹杂或低熔物杂质者不能用于生产。结晶良好、组织结构致密的料块应选作颗粒用料，余者作细粉用料。

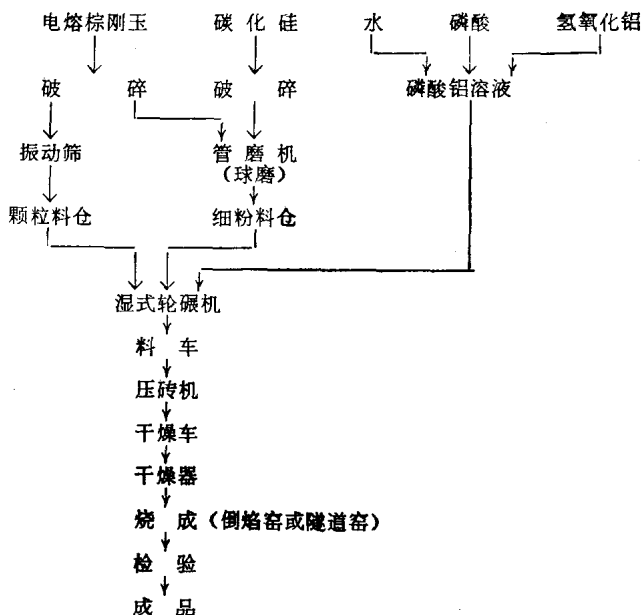


图 10 棕刚玉—碳化硅滑座砖工艺流程

化学成分要求如下：

1. 电熔棕刚玉 ($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$)：要求 $\text{Al}_2\text{O}_3 \geq 93\%$ ， $\text{Fe}_2\text{O}_3 \leq 1\%$ ， $\text{TiO}_2 \leq 2\%$ 。颗粒用料要质地非常均匀致密。断面多呈深棕色，肉红色。不带有硅铁熔球杂质侵蚀和泡沫状料块。细粉用料要求断面多呈深棕色，肉红色。不带有硅铁熔球杂质侵蚀。不允许有多孔及泡沫料块存在。

2. 碳化硅 (SiC)：要求 $\text{SiC} \geq 93\%$ ， $\text{Fe}_2\text{O}_3 \leq 1\%$ ，游离 $\text{C} \leq 1\%$ 。要具有良好的大结晶，深蓝色光泽。不准有杂质混入。

3. 高 B 级矾土熟料 (以 $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 + \alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 为主) 要求 $\text{Al}_2\text{O}_3 = 70 \sim 79\%$ ， $\text{Fe}_2\text{O}_3 \leq 2\%$ 。颗粒用熟料要求