

岩棉与矿渣棉性能差异研究

宋世林

(信阳师范学院化工系, 信阳 464000)

摘要 主要从岩棉和矿渣棉化学成份及酸度系数的不同, 论述了岩棉与矿渣棉在耐水性、耐热性和耐腐蚀性等性能上的差异。

关键词 岩棉 矿渣棉 酸度系数 三元相图 耐水性 耐热性 耐腐蚀性

岩棉与矿渣棉同属矿物棉, 它们之间在生产工艺、纤维形态、耐碱性、导热系数、不燃性等方面存在不少共同点。人们通常将岩棉和矿渣棉统称为矿棉, 因此易将两者看成是同一种东西, 甚至认为矿渣棉色泽洁白, 比灰绿色的岩棉更为“纯净”些, 这是一种误解。虽然它们都属矿物棉, 但也还存在一些不容忽视的差别。形成这些差别的主要原因, 是原料成份的不同。

1 岩棉与矿渣棉化学成份及酸度系数的比较

在我国, 矿渣棉的主要原料一般为高炉渣或其它冶金炉渣, 岩棉的主要原料则为玄武岩或辉绿岩, 它们的化学成份差异较大(表 1)。

表 1 岩棉与矿渣棉主要原料化学成份 (%)

原料名称	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	FeO	SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + CaO + MgO	MK *
玄武岩	47.41	15.0	8.02	6.89	3.99	7.36	77.32	4.18
辉绿岩	49.32	16.61	9.40	6.56	6.0	4.65	81.89	4.13
铸造生铁高炉渣	40~41	8~17	36~42	6~8	—	0.65	90~95	0.95
炼钢生铁高炉渣	38~40	6~12	38~43	5~12	—	0.4~0.8	90~95	0.95

*酸度系数 $MK = (SiO_2 + Al_2O_3) / (CaO + MgO)$; 岩石成份为我国原料平均值。

由表 1 可见: 高炉渣化学成份的特点是, SiO₂ + Al₂O₃ + CaO + MgO 含量高达 90% ~ 95%, 而 Fe₂O₃ + FeO 含量小于 1; 玄武岩和辉绿岩化学成份的特点是, SiO₂ + Al₂O₃ + CaO + MgO 含量为 77% ~ 83%, 比高炉渣低 10% 左右, 而 Fe₂O₃ + FeO 含量平均在 11% 左右, 最高时可高达 17%, 是高炉渣中铁氧化物含量的十数倍。

鉴于以上两类原料的不同特点, 以它们为原料分别生产出来的矿物纤维也具有不同的化学成份特点。岩棉的酸度系数 MK 一般大于 1.5, 甚至可高达 2.0 以上; 矿渣棉的 MK 一般只能保持在 1.2 左右, 很难超过 1.3, 这是因为若要进一步提高矿渣棉的酸度系数, 就必须提高熔体中 SiO₂ 和 Al₂O₃ 的含量, 使 CaO 和 MgO 含量相应地有所降低, 在铁含量

较低的情况下, 势必使熔体的粘度增大, 以致难以保证矿渣棉纤维的品质。含氧化铁较低的熔体, 当其 $MK = 1.2$ 左右时, 在最佳成纤温度下有宽而稳定的粘度范围, 这种情况下即使流股温度上下波动 100, 其纤维质量和成纤率将不受很大的影响。但是, 随着酸度系数逐步提高, 熔体稳定性变差, 对温度变化的敏感性也随之提高, 只要温度略有波动, 其粘度将发生较大幅度的变化, 甚至无法成纤, 这就是矿渣棉酸度系数一般均在 1.2 左右、不可能象岩棉酸度系数达到 1.5 的原因所在。

2 岩棉与矿渣棉性能差异

岩棉与矿渣棉化学成份及酸度系数的差别, 导致它们在性能上也有一定的差别。

表 2 岩棉与矿渣棉化学成份及结晶作用区域

类别	主要化学成份 / %						MK	pH 值	结晶作用区域	
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	FeO				
矿渣棉	1	35.42	13.67	27.83	11.81	6.20	—	1.24	5.0	CS-C ₂ AS-C ₂ S
	2	39.26	14.65	36.40	6.76	1.07	—	1.25	5.3	CS-C ₂ AS-C ₂ S
	3	37.72	11.37	41.40	2.75	2.83	—	1.11	6.7	CS-C ₂ AS-C ₂ S
岩棉	4	41.80	15.40	16.70	10.13	0.77	11.0	2.13	0.8	CS-C ₂ AS-CAS ₂
	5	39.60	15.44	18.05	12.06	0.63	8.98	1.83	1.5	CS-C ₂ AS-CAS ₂
	6	41.80	14.98	26.00	8.50	3.57	—	1.65	3.3	CS-C ₂ AS-CAS ₂

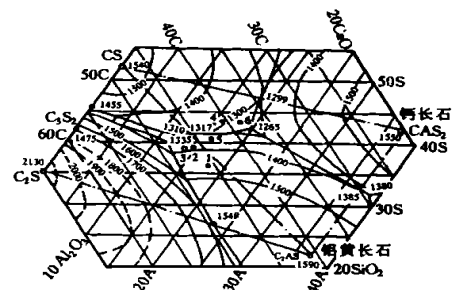


图 1 CaO-Al₂O₃-SiO₂ 三元相图中岩棉与矿渣棉落点位置图

2.1 岩棉与矿渣棉耐水性的差别 尽管岩棉与矿渣棉都属于硅酸盐 CaO-Al₂O₃-SiO₂ 物系中的产物,

但由于它们化学成份上的差异(表 2),使它们的物相组成点落在 $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ 三元相图中不同的结晶作用区域内(图 1)。

从表 2 及图 1 可见,岩棉组成点(图中 4、5、6 点)均落在硅灰石-铝方柱石-钙长石结晶作用区(即 $\text{CS}-\text{C}_2\text{AS}-\text{CAS}_2$ 区)内,其固相中必定留有这三种结晶相,由于硅灰石、铝方柱石、钙长石均不具备水硬性,遇水后变化很小,使岩棉具有较好的耐水性。

矿渣棉组成的 1、2、3 点均落于硅灰石-铝方柱石-硅酸二钙的结晶作用区(即 $\text{CS}-\text{C}_2\text{AS}-\text{C}_2\text{S}$ 区)内,其中虽然铝方柱石、硅灰石不会与水发生反应,但硅酸二钙在一定条件下能同水起反应,这与硅酸二钙的基本结构有关。硅酸二钙($2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$)具有三种不同的结晶构造,即 α 、 β 、 γ 型结晶。每一种构造在一定的温度范围内是稳定的,但能随温度的变化进行多晶转变:在低温直至 675 稳定的构造是 α -正硅酸钙($-2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$),它是结晶物质,不溶于水;

当加热至 675 时, α -构造转化为 β -构造,而且这个转化作用伴随着体积的急剧变化(约增大 10%), β -构造从 675 到 1410~1420 处于稳定状态;随着温度继续上升, β -构造又转化为 γ -构造,该构造直至其熔融温度 2130 均是稳定的(表 3)。在这三种晶型中,除 α -构造外, β -和 γ -构造性能相似,均能与水发生水化反应。矿渣棉中不希望存在这两种构造,应尽量创造条件使 β -、 γ -构造向 α - C_2S 的方向转化,以改善其耐水性。但是 α - C_2S 和 β - C_2S 只有从高温缓慢冷却至 675 以下时,才能实现向 α - C_2S 的转变。在实际成纤过程中,熔体不是缓冷而是被急骤冷却,其粘度随温度的急降而迅速增大,这时离子运动受阻,不可能继续有规则地排列,抑制了晶体的生长,硅与氧离子便连接成连续、不规则的网架,在低温下保留了 β - C_2S 变体的形态,形成较多量的玻璃态 β - C_2S ,这意味着它将在水溶液的作用下,形成更多的水化硅酸盐和水化铝酸盐,使矿渣棉纤维在潮湿环境中的稳定性下降。

岩棉中很少存在 $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$,所以它的耐水性比矿渣棉高得多。从表 2 中还可看到岩棉与矿渣棉的 pH 值差别较大,岩棉的一般小于 4,属耐水性特别稳定的矿物纤维;矿渣棉的一般大于 5,甚至超过 6,其耐水性只能是中等稳定或不稳定的。由于两者间存在这一差别,矿渣棉不宜在潮湿环境中使用,特别在保冷工程中应慎用。在保冷工程中,热流方向是从外部向内部流动的,与保温工程热流方向相反,外界的潮气将随热流一起渗入保冷材料内部,并随温度降低而结露凝结成水,如果在此处使用矿渣棉,其纤维会逐渐水化而被破坏,降低了保冷层的使用

寿命,而使用岩棉就不存在这一弊端。

表 3 岩棉与矿渣棉主要矿物的性质

矿物名称	分子式	化学成份 / %			密度 g/cm ³	熔点或 转化温度	水化 反应
		CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃			
假硅灰石	-CaO · SiO ₂	48.2	51.8	—		熔点 1540	无
硅灰石	-CaO · SiO ₂	48.2	51.8	—	2.915	转化点 1200	无
铝方柱石	2CaO · Al ₂ O ₃ · SiO ₂	40.8	22.0	37.2	3.04	熔点 1590	无
钙长石	CaO · Al ₂ O ₃ · 2SiO ₂	20.1	43.3	36.6	2.765	熔点 1550	无
硅酸二钙	-2CaO · SiO ₂	65.0	35.0	—	3.27	熔点 2130	有
硅酸二钙	-2CaO · SiO ₂	65.0	35.0	—	3.28	转化点 1410 ~ 1420	有
硅酸二钙	-2CaO · SiO ₂	65.0	35.0	—	2.970	转化点 675	无

2.2 岩棉与矿渣棉耐热度的差别 如前所述,在矿渣棉生产过程中,因熔体被急冷而使其中的硅酸二钙以 β -构造的形态保留在纤维之中,并处于不稳定状态之中。这样,矿渣棉用于保温工程之后,当其工作温度超过 675 又逐渐冷却下来时,因矿渣棉保温性能较好,在工作状态下冷却过程缓慢,促使 β - $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}$ 向 α - $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ 转化,此时其密度由 3.28 降至 2.97,体积膨胀了 10%左右,使矿渣棉产生粉化而解体。因此,矿渣棉的使用温度,不宜超过 β -构造向 α -构造转化的温度(675)。而岩棉没有这一转化,使用温度可高达 800 以上,尽管岩棉主要矿物组成 $\text{CS}-\text{C}_2\text{AS}-\text{CAS}_2$ 的共熔点为 1265,其软化温度仍高达 900~1000。

2.3 岩棉与矿渣棉耐腐蚀性的差别 高炉在冶炼中主要作用之一是脱除生铁中的大部分硫,防止生铁在使用过程中产生热脆现象。这些脱除的硫,以硫化钙(CaS)的形态留在高炉渣之中。在生产矿渣棉时,这部分 CaS 又随之进入矿渣棉中,其含量在 5%左右。

当矿渣棉在湿度大的环境中使用时,其中的 CaS 遇水会分解为 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 和 H_2S : $\text{CaS} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{S}$ 。这两种反应产物对矿渣棉的使用均产生不良影响: $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 使水呈碱性,矿渣棉中的 β - $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ 在碱性水溶液的激发之下,更促使其水化反应的进行,使矿渣棉耐水性进一步降低; H_2S 气体可溶解于水生成氢硫酸,在与金属接触时将起腐蚀作用。

岩棉一般以玄武岩或辉绿岩为原料,除在熔炼时由焦炭带入微量硫外,不存在更多的硫来源,因而其对金属无腐蚀作用。

事实上,无论是岩棉或矿渣棉,在其使用过程中不可避免地会与金属接触以及存在水气,因此,在选材时这两种材料在耐腐蚀方面的差异不容忽视。

3 结语

岩棉与矿渣棉虽然存在很多相同之处,但也存在一些明显的不同之处,因此不能 (下转第 14 页)

3.2 煅烧温度确定 为了确定煅烧温度,我们对磷石膏进行了差热分析,结果见图 1。

表 2 洗涤效果 (%)

磷石膏	可溶 P ₂ O ₅	可溶 F	有机物
未洗涤	0.59	0.018	2.96
洗涤后	0.01	0.002	0.02

注:P₂O₅的测定用文献^[3]中的方法,F的测定用文献^[4]中的方法。

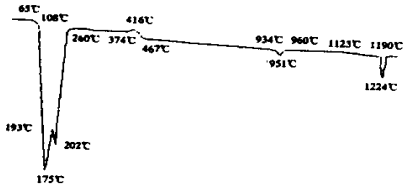


图 1 磷石膏差热曲线图

由图 1 可看出,二水石膏在 65 时开始脱去吸附水,在 108 左右开始脱去结晶水,在 175 左右有一个陡的吸热峰,这是二水石膏脱去 1.5H₂O 的过程;而后有一个较短的相对稳定的过程,这个过程的存在对形成稳定的半水石膏有利。在 193 ~ 210 之间有一个次一级的吸热峰,这是半水石膏向型无水石膏转变的过程,在 260 以后趋于稳定。在 374 ~ 467 之间,于 416 左右有一个放热峰,它表示这是型无水石膏向型无水石膏转变的过程。因此,本试验将半水石膏的生产温度,控制在 170 ~ 185 左右。

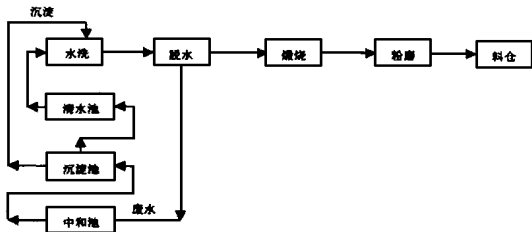


图 2 工艺简图

3.3 测定结果与讨论 由于试验较多,我们选择部分有代表性的结果,说明如下(表 3)。

从表 3 可看出,由淄博北威磷化工有限公司生产出的建筑石膏粉,符合国家标准 GB9776 的要求,可应用在建筑业上。

从照片上可以看出,A₂ 的晶体发育比较完全,

纵横交错,晶体间搭接较多,呈团状,空隙较少;而 X₃ 结构疏松,空隙较多,晶体间的搭接也较少。所以,宏观上造成 A₂ 的强度比 X₃ 高一些。

表 3 试样的性能

序号	标稠/ %	初凝	终凝	2h 抗折/ MPa	2h 抗压/ MPa
A ₂	68	7 10	12 20	2. 18	3. 50
A ₇	70	7 25	13 05	2. 03	3. 41
X ₃	70	8 15	14 10	1. 83	3. 20

注:A₂、A₇ 为水洗石膏,X₃ 为普通建筑石膏。

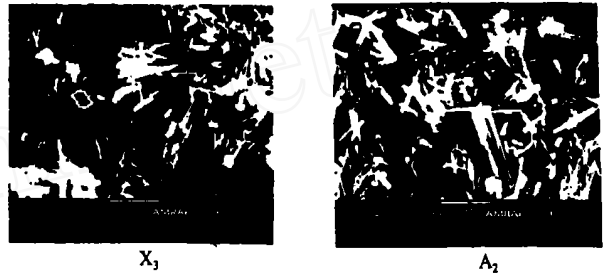


图 3 扫描电镜图像

4 结论

1. 磷石膏中的可溶杂质及有机物对石膏制品影响很大,需除去。
2. 以水固比为 1,经 4 次洗涤就可达到良好效果,悬浮物和沉淀物的 pH 值都达到 6.0。
3. 煅烧温度不易控制,温度范围以 170 ~ 185 为宜,比天然石膏的 145 ~ 170 有所缩短,超出 190 将造成过烧石膏。
4. 磷石膏经水洗后不用外加剂,完全可生产出符合国家标准要求的建筑石膏粉。

参考文献

- 1 宋廷寿等. 用磷石膏生产建筑石膏的研究. 新型建筑材料,2000 (4):26
- 2 郝挺宇. 磷石膏中的杂质对磷石膏胶结材料制备工艺和性能的影响. 重庆建筑大学内部资料,1995
- 3 南京化学工业公司磷肥厂编. 萃取磷酸和磷酸铵的生产. 北京: 燃化工业出版社,1974
- 4 国家标准局. 磷精矿和磷矿石中氟含量的分析方法. 中华人民共和国国家标准 GB1872-80,1980

收稿日期:2000-09-02

(上接第 12 页)完全混为一谈。在选用矿物棉作为隔热材料时,务必根据隔热工程的具体情况,结合岩棉和矿渣棉各自的特点加以正确的选择,特别对于两者在耐水性、耐热性和耐腐蚀性这三方面的特定条件下的使用,更应予以重视。

参考文献

- 1 诸培南. 工艺岩石学基础. 上海:科学出版社,1959

- 2 南京化工学院等合编. 硅酸盐物理化学. 北京:中国工业出版社,1961
- 3 曾大斧等. 工业设备与管道的保温. 北京:水利电力出版社,1982
- 4 东北工学院. 高炉炼铁. 北京:冶金出版社,1978

收稿日期:2000-05-22