

滑石瓷的研究

I. 滑石原料的微观组织及性质

祝炳和 胡灶煌 殷之文*

(中国科学院硅酸盐化学与工学研究所)

摘 要

从滑石瓷原料的角度出发,系统地比较了我国辽宁海城产和山东掖南产两种滑石的基本性质。进行了在不同温度预烧和加不同矿化剂预烧后的电子显微镜观察, X射线研究及其他试验,并分别用这两种滑石进行配方以阐明它们在高岭装置滑石瓷中呈现的特征。

试验结果指出,这两种滑石原料皆属于典型的滑石矿物结构。海城滑石颗粒大多呈薄片存在,纯度很高,成瓷后玻化温度范围亦较长,适合于作为滑石瓷的主要原料,但对于挤制成型的制品,由于薄片颗粒的定向排列,纵向开裂倾向极大,这是它的缺点。掖南滑石颗粒细,所含矿化剂杂质稍多,有较低的烧结温度,纵向开裂倾向亦较小,其缺点是烧成范围狭,烧成不易控制,在使用于滑石瓷时,最好与海城滑石合用进行试验。关于防止滑石,片状颗粒导致的纵向开裂,建议用滑石原料加矿化剂预烧的方法来破坏片状结构,估计可获得良好效果。

一 前 言

我国是世界上丰产滑石的国家,二十年前东北一地的产量就接近世界产量的四分之一,占世界第二,而山东及其他地方的产量尚不在统计之内。尽管有大量滑石销售国外,但旧中国从来没有对它进行过系统研究,解放后无线电陶瓷工业的发展,提出了对滑石原料进行系统研究的要求。

近年来我国在滑石瓷生产上一直存在关于挤制滑石瓷制品烧成开裂的问题,特别对于较大类型制品开裂现象更为严重。滑石瓷配料中包含有80%左右滑石,因此首先对滑石原料性能的充分了解就成为解决此等问题的关键。

目前国内各无线电陶瓷工厂生产滑石瓷所用的主要滑石原料,有山东掖南产和辽宁海城产等两种类型。通过实际使用,这两种原料在生产上反映出不同的工艺特征,但终未对它们作出适当的质量评价。

1958年10月在成都召开的全国无线电陶瓷生产与经验交流会议上,提出了上述的关于滑石原料和滑石瓷制品开裂的问题,并责成中国科学院冶金陶瓷研究所与一机部十局11研究所合作研究解决。整个工作分为滑石原料研究及配方工艺研究等二部分进行,本文介绍此项研究工作的结果。

二 滑石原料的微观组织及性质

滑石是一种含水硅酸镁矿物,化学式是 $Mg_3(OH)_2(Si_2O_5)_2$ 属于单斜晶系。前人在滑石特别是它的加热变化方面曾进行过广泛的研究工作,但结论并不一致。综合起来存在两种意见:(1)认为滑石在加热过程中经过几个中间相然后约在1250°C左右转变为斜顽辉石^(1,2)。(2)认为并不经

* 本工作中电子显微照相部分由朱健及秦淑引同志负责完成。
直接参加本工作的还有李玉芝及施秋霞两同志。

过几个中間相,先生成原頑火石而后至高温生成斜頑輝石^(3,4,5)。以上說法中完全一致的是最終产物为斜頑輝石,而在什么温度经过那几个中間相則很不一致。多数認為只少有一个中間相——原頑火石。Thurnauer⁽⁶⁾認為当固相反应时倾向于生成原頑火石,而在液相中則易結晶出斜頑輝石。W. Büssem⁽⁵⁾認為原頑火石經研磨后即轉变为斜頑輝石。1951年 Foster 針对以上不同意見避免了如粉碎、冷却等干攪影响,采用高温 X 射綫分析法証明滑石的高温产物为原頑火石,而当冷却至小于 700°C 时轉变为斜頑輝石。这种轉变可以自发緩慢进行^(7,11),但外在因素——玻相及其他化学物質的存在等——將影响产生这种轉变的温度区域及速度^(8,9)。伴随这种轉变同时产生大的体积变化⁽⁹⁾,滑石瓷的存放开裂常与之有一定連系^(5,10)。

在我們的工作中首先系統地比較了掖南滑石和海城滑石的基本性質,同时为解决滑石瓷开裂提供条件;認為破坏滑石原料的片狀結構,有助于减少滑石瓷坯体的定向排列減低其开裂傾向,因而进行了采用不同温度煅燒及应用不同矿化剂的几項試驗,最后并以不同滑石原料进行初步配方,以說明它們在高频裝置滑石瓷配方中呈現的特征。

三 实 驗 部 分

1. 滑石原料的外观性質和微观性質

試驗中所采用的滑石原料包括辽宁海城范家堡滑石及山东掖南滑石两种,皆由南京无线电厂所供給,原块样品首先經過燒前后外貌分析,然后粉碎全部通过 1600 孔/厘米²篩,取样作化学全分析。另外采用通过 4900 孔/厘米²篩的粉末用比重計法进行顆粒分析。取經粗碎的滑石原块制得的悬浮液进行电子显微鏡观察及光学观察。此外并进行了这两种生滑石及它們在 1335°C 煅燒 1.5 小时的燒后滑石和海城滑石在 800°C, 850°C, 1100°C 等温度下燒后的倫琴射綫衍射照相。結果表明掖南滑石和海城滑石具有相同的为一般滑石所具有的典型衍射譜綫(即 $d=8.96, 4.57, 3.06, 2.45, 1.85, 1.65, 1.54, 1.40, 1.38$ 等)并未观察到明显的杂质綫条。两种滑石燒后的倫琴射綫衍射图案全部对应为方石英和斜頑輝石。海城滑石在 800°C 燒后(保温 20 分鐘)仍保持滑石图案,但在 850°C 燒后則已失去滑石特征譜綫而轉变成接近高温晶相。在 1100°C 时方石英譜綫尚弱不可見。滑石的不易为水所潤湿的性能也在 850°C 前后发生質的变化,这与倫琴射綫分析的結果互相对应。各項实验結果示于表 1、表 2、图 1、图 2 和图 3 (图 2、3、6、7 均見本文插頁)。

2. 滑石原料在加热过程中的变化

实验包括以下几項:

(1) 燒成收縮試驗 按升温速率 3~5°C/分測定 20~1400°C 温度范围内的收縮,結果示于图 4。

表 1 滑石原料的外貌观察

原料名称	燒 前	燒 后, 1360°C
海城范家堡滑石	呈玉白色、白色、灰藍紫色、灰紫色、瑪瑙色、青灰色、淺玫瑰色。 有滑膩感并具有紋理及解理面。 色澤均匀无夹杂物,帶珍珠光澤。	呈洁白色。 粉末压片,中性气氛燒后白度为 93.1%。 无裂紋,硬度增加,破裂面有珍珠光澤。
掖南滑石	多数呈淺湖綠色。 大理石狀白色及灰白色。 断面呈胡桃壳狀,层理不明显。 少量呈黑灰色,断面有粗粒狀物*,表面有可見的微量夹杂物。	燒后呈均匀的乳白色。 粉末压片后白度为 86.9%,微量吸水,有微裂紋。 燒后呈白色中央有閃光狀顆粒分布,有些块于具有鉄質的黃色痕迹及黃白色晶粒夹杂物。

* 經脫水曲綫試驗主要成分还是滑石,見图 5a。

表 2 滑石原料的化学分析

原料名称	化 学 分 析 成 分								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	烧失量
掖南滑石	59.56	1.51	0.38	0.11	0.40	32.37	0.02	0.05	5.59
海城滑石	60.24	0.45	0.06	0.03	0.22	32.58	0.09	0.04	6.44
意大利滑石	59.6	1.64	0.48	0.08	1.07	31.65		0.24	5.46
美国(纽约州)滑石	66.2	1.10	0.6~0.3 FeO		2.30	25.7			3.86
法国滑石	61.94	1.52	0.97		无	31.55			5.19
德国皂石 Göpfersgrun	60.00	1.40	1.5	0.05	0.50	31.40		0.24	5.02
苏联奥斯特滑石	49~61	0.8~2.2	1.1~1.4			30.3~31.73		1.16~3.34	
理论滑石	63.8	0.38				31.90			4.80

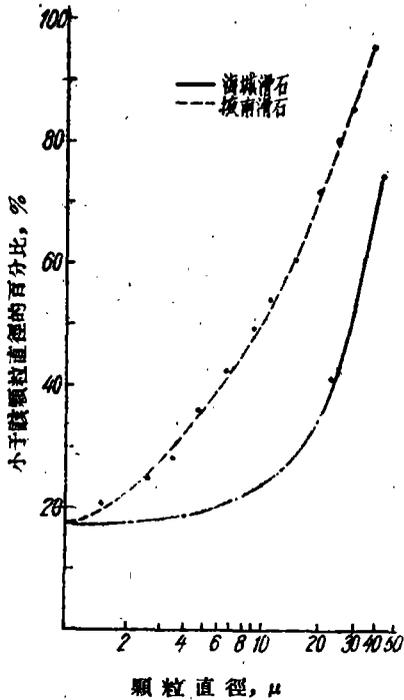


图 1 滑石原料的颗粒分布曲线

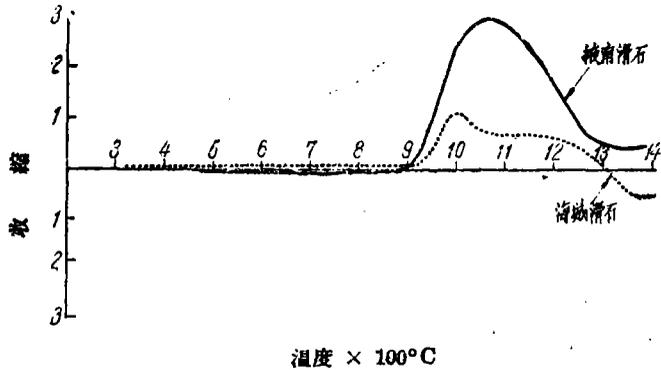


图 4 滑石原料的烧成收缩曲线

(2) 热分析 包括差热分析及脱水试验两项。差热分析的温升速率为10°C/分，脱水曲线以平衡法测出，结果示于图5。

(3) 不同温度煅烧后的滑石颗粒外形 将经过煅烧的滑石，分散作成悬浮液，在电子显微镜下观察其颗粒外形的改变，结果示于图6。

(4) 耐火度 两种滑石原料成分上的差异造成耐火度的不同，海城滑石为1520°C，掖南滑石为1500°C。

(5) 矿化剂对滑石加热时的影响 分别以两种滑石原料为基础，加入不同矿化剂于压成圆片，烧成后测定它们的吸水率及收缩，同时择要进行光学显微镜薄片观察及伦琴射线分析，结果示于表3及图7。

3. 滑石瓷配方的初步试验

以普通滑石瓷配方为基础，用掖南和海城这两种滑石，进行配方试验，表4、表5和图8列出

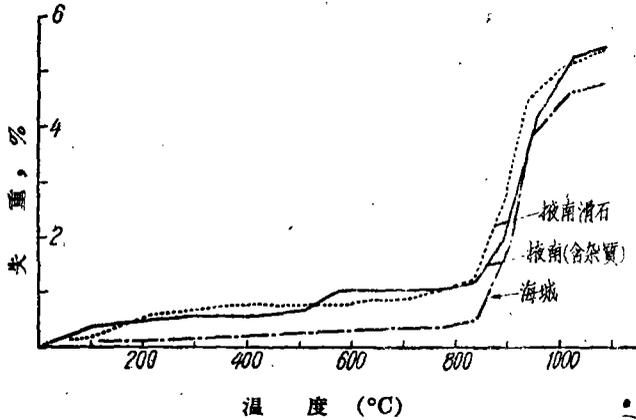


图 5a 滑石原料的脱水曲线

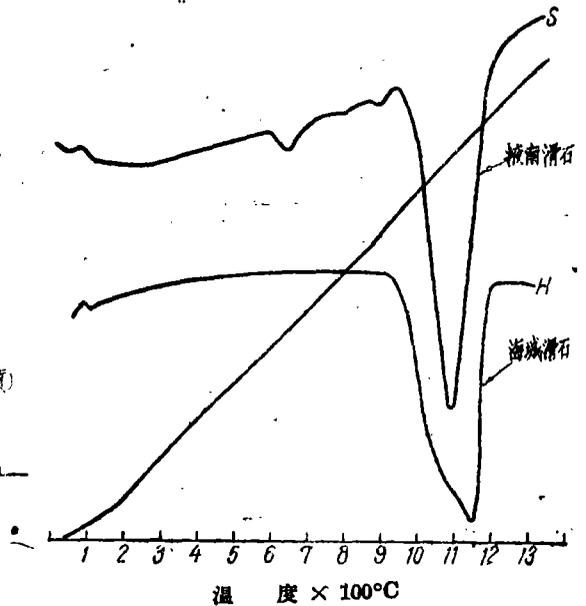


图 5b 滑石原料的差热分析曲线

它们的工艺性能和烧后性能。从图 8a 的烧成收缩曲线上，不易看出两种配方的烧成范围，因为某些滑石瓷配方过烧时主要表现为变形和粘沙，这是因为滑石瓷在接近成瓷的温度过程中，玻璃相的量随温度上升而迅速增加⁽¹²⁾。为了判明这两配方的玻化温度范围，将 H₁ 及 S₁ 配方的干压小圆片(φ18×2毫米)在电炉中以接近烧窑的温升速率(1~2°C/分)加热至不同温度，取出试片

表 3 矿化剂对破坏滑石片状结构及烧结温度的影响

编号	配合成分 %	试片*在 1335°C 保温 1.5 小时后			
		吸水率%	线收缩%	粉末 X 射线衍射鉴定结果	薄片显微镜观察
掖南滑石加矿化剂	5 纯掖南滑石	0.6	8.54	强斜顽辉石线条及方石英线条	斜顽辉石晶体很多排列的方向性不明显
	1 掖南滑石 95 氧化锌 5 ZnO	2.0	9.84	—	晶体很多且较大
	2 掖南滑石 95 碳酸钡 5	0.6	9.0 ₃	斜顽辉石线条	晶体多
	3 掖南滑石 95 硼酸 5	2.7 (过烧)	6.54	斜顽辉石及方石英线条	有晶体，多气泡，无定向排列
	4 掖南滑石 95 硼酸 2.5 碳酸钡 2.5	0.45	8.78	—	晶体很多无方向，气泡也多，无方向性
海城滑石加矿化剂	11 海城滑石 100	10.7	3.24	中等强度斜顽辉石线条及方石英线条	极少量斜顽辉石微晶很少发育
	8 海城滑石 95 碳酸钡 5	9.0	4.15	斜顽辉石，方石英	晶体很多，有方向性
	7 海城滑石 95 氧化锌 5	12.5	3.12	—	晶体极微少
	9 海城滑石 95 硼酸 5	0.8	5.25	斜顽辉石，方石英	晶体很多有方向性并有长条气泡方向与晶体平行
	10 海城滑石 95 硼酸 2.5 碳酸钡 2.5	水中崩解	—	—	—
	12 海城滑石 95 瓷土 4	6.0	5.0	—	—

* 采用玻璃子泥，全部过 3600 孔/厘米²筛，干压成试片。

表 4 用掖南滑石和海城滑石进行配方的工艺性能和烧后性能

项 目		配 方 S ₁		配 方 H ₁₆	
(1)	配方百分比%	煅烧掖南滑石 1830°C BaCO ₃ 菱镁矿 一号苏州土 张家口膨润土	73 6 7 9 5	煅烧海城滑石 1860°C	73 6 7 9 5
(2)	球磨细度 10,000 孔/厘米 ² 筛余%	0.24		0.23	
(3)	可塑水分 %	~33.2		~33.2	
(4)	干燥显气孔率 %	40.65		38.10	
(5)	烧成收缩 %	15.85		16.78	
(6)	折出试条的直径和长度方向的烧成收缩率 $\Delta S = S_0 - S_t$ %	2.8		4.6	
(7)	总收缩	20.4		17.3	
(8)	烧成收缩及玻化温度(见图 8)	烧成温度 °C 1305~1315		1350~1370	
(9)	φ40 毫米挤制圆棒的烧后开裂情况	出窑全部完好, 60°C 温差冷热试验后全部开裂		出窑全部纵裂(沿挤出方向)	
(10)	热膨胀系数	6.3×10^{-6}		7.7×10^{-6}	
(11)	体积比重, 克/厘米 ³	2.7		2.8	
(12)	静态抗折强度, 仟克/厘米 ²	1300~1500		~1730	
(13)	tan δ	1Mc 20°C	12×10^{-4}	9.4×10^{-4}	
		30Mc	$\sim 15 \times 10^{-4}$	$\sim 9.4 \times 10^{-4}$	
		60Mc	$\sim 20 \times 10^{-4}$	$\sim 16.7 \times 10^{-4}$	
		100Mc	$\sim 37 \times 10^{-4}$	$\sim 27 \times 10^{-4}$	
(14)	介电系数 1Mc	6.1		5.9	

表 5 配方 S₁ 和 H₁₆ 的玻化温度范围

取样温度 t °C	配 方 S ₁			配 方 H ₁₆		
	收缩率 % S	吸水率 % P	试样观察	收缩率 % S	吸水率 % P	试样观察
1240	4.37	20	吸 红 不吸红表面呈油光 粘沙严重	6.3 8.00 — 11.5 16.2 16.7	17.2 14.2 — 8.1 0.7 0	吸 红 轻微吸红 轻微粘沙
1260	5.74	16				
1290	10.37	9				
1310	16.65	0				
1320	16.65	0				
1340						
1370						
	刚达到烧熟前的 收缩速率 $\frac{\Delta S}{\Delta t} = 0.31\%/^{\circ}\text{C}$				0.16	
	气孔率变化速率 $\frac{\Delta P}{\Delta t} = 0.45\%/^{\circ}\text{C}$				0.25	

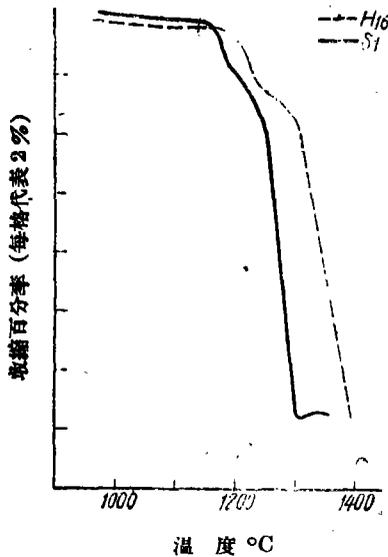


图 8a 配方 H_{16} 的燒成收縮曲綫

試 样: 可塑成型
温升速率: 3~5°C/分
光学观测法

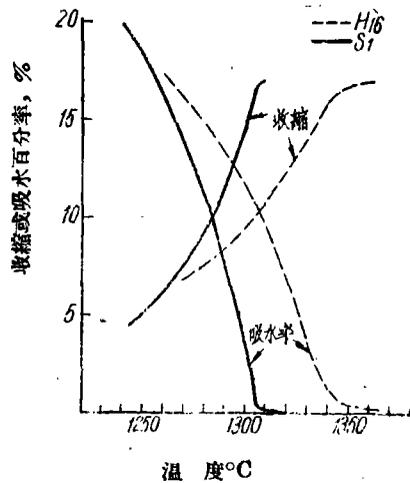


图 8b 配方 H_{16} 的燒成范围曲綫

試 样: 干压 $\phi 8 \times 2$ 圓片
温升率: 1~2°C/分

測定吸水率, 收縮, 并进行外觀檢查, 結果示于表 5 及图 8b。从图 8b 中曲綫在吸水率接近零时的斜率来代表玻璃相产生的快慢, 以間接表示燒成范围的寬狹。从表 5 及图 8b 可見, S_1 配方产生玻璃相远比 H_{16} 为迅速, 吸水率达零后不久就产生严重粘沙現象, 表面呈上釉狀光澤, 这都說明 S_1 配方的燒成范围較 H_{16} 窄狹。大致說來 S_1 的燒成范围約 10°C 左右, 而 H_{16} 則大于 20°C。 S_1 的燒成溫度比 H_{16} 低 40~50°C, 可以分別在 1310 和 1360°C 燒成。

四 討 論

(一) 从化学成分看这两种滑石原料的純度都較高, 接近于滑石的理論成分, 海城滑石則更純。在掖南滑石中, 由于包含有一定量的鉄鋁等杂质, 因此随气氛的不同, 燒后常形成不均匀的微弱色澤。两种滑石原料的燒后白度皆高, 海城 93%, 掖南 87%。

(二) 从电子显微鏡及光学显微鏡的观察說明海城滑石主要为薄片結構, 而掖南滑石則为片狀及粒狀結構。顆粒分布曲綫及脫水曲綫皆說明掖南滑石的分散度較高。

(三) 掖南滑石的結構破坏溫度較海城滑石为低。在結構破坏时的脫水量分別为 4.55% (海城) 和 4.50% (掖南), 接近理論值 4.8%。脫水后的滑石已失去滑石原有的不易为水潤湿的性能。倫琴射綫的分析結果說明掖南滑石和海城滑石皆有相同的为純滑石所具 d 值的譜綫, 并未发现杂质的綫条。两种滑石經高温煨燒, 冷却后的晶相也完全相同, 为方石英和斜頑輝石。以电子显微鏡檢查这两种滑石的燒后顆粒状态, 說明海城滑石在 1400°C 的保持薄片狀結構, 而掖南滑石則在 1400°C 燒后已随粉碎情况而变其形状, 因此破坏片狀顆粒外形的煨燒溫度, 海城滑石較掖南滑石为高。从实验結果估計海城滑石为 1400~1450°C, 而掖南滑石則在 1350~1400°C 附近。显微鏡薄片观察說明海城滑石的高温晶相較掖南滑石在較高溫度下开始发育。正由于海城滑石呈較大的薄片顆粒存在, 且需在較高溫度下才能將它們破坏, 因此在成型时易形成有序堆积, 在高温下生成的晶体也遺留一定走向, 甚至过燒时形成的气泡也常与晶体方向相一致(图 7)。掖南滑石則

由于呈細片或粒狀結構存在，且含有一定量矿化剂杂质，結構破坏温度較低，薄片观察中并未显示出明显的有序性。

(四) 我們曾認為上述这种滑石片狀顆粒的有序排列是导致滑石瓷的不均匀收縮和燒后开裂的主要原因，所以采用已經破坏片狀的預燒滑石显然是有利的。但提高預燒温度在应用上受到限制，因此进行了不同矿化剂的試驗。表3示出在生滑石中加入不同矿化剂的作用。在加入矿化剂后可使达到同一燒結温度的温度大为減低，且有些矿化剂加入后，有使方石英溶入玻相的作用。試驗結果表明硼酸、碳酸鋇及苏州土*的作用是較显著的。

(五) 采用这两种滑石原料配合成的滑石瓷配料在可塑性能和成型性能上并不表现明显不同，但在燒成温度上由于掖南滑石顆粒較細，矿化剂杂质也較多，因此燒成温度較用海城滑石的配料低40~50°C左右。此外从两种滑石的顆粒特征来看，掖南滑石形成有序排列的程度較海城滑石为低（以挤制圓柱試样的直径和長度的收縮差来表示）。由于这种有序排列所包藏的縱向开裂傾向，S₁ 配料也較 H₁₆ 为小，表4所列出窑开裂損失率的比較說明了这一点。然而 S₁ 配料在燒成时玻相的形成过于迅速，燒成范围狹窄，使燒成工艺极难控制，这是它的主要缺点。从它們的各项性能来看，S₁ 的膨脹系数較 H₁₆ 为低，但它的机械强度和介电性能都比 H₁₆ 为遜，掖南滑石的杂质含量虽未达到使介电性产生明显不良影响⁽¹³⁾，但对瓷坯色澤起了劣化作用，S₁ 配料机电性能的下降，部分联系到它的燒成范围，因为一般滑石瓷的燒成温度对它的性質有着极为灵敏的影响⁽¹⁴⁾，S₁ 配料的过狹的燒成范围，当稍有过燒时，就将引起玻相的很大增加，这对强度和損耗⁽¹⁵⁾，都是不利的。因此从工艺观点来說，掖南滑石作为配方中的唯一滑石原料来单独使用，是并不合适的。

五 結 論

山东掖南滑石和辽宁海城滑石是我国藏量大、質量純的两种滑石；不論化学分析、燒前后的倫琴射綫分析、热分析等，皆說明它們是屬於典型的滑石結構。

海城滑石积大多数顆粒呈薄片存在，因此在成型中易形成方向性或有序排列，在使用它配成滑石瓷后，特別在挤制成型的制品中，隱藏着縱向开裂的傾向，除去这种因顆粒外形而引起的这些缺点外，海城滑石是屬於純度极高的典型滑石代表。

掖南滑石除包含片狀顆粒外，还含有一定量粒狀或微片顆粒，但总的看来它接近滑石而不是皂石。由于它的顆粒較細，含矿化剂杂质也較多，因此表现出較低的燒結温度，它既含有粒狀顆粒因此形成有序結構的程度較少。

两种滑石成瓷后的性能，掖南滑石較海城滑石为差，燒成范围較狹，使燒成不易控制。海城滑石可以用作高频裝置滑石瓷的主要原料；但在制作較大的挤制品时，应考虑采用加矿化剂預燒的处理方法破坏片狀顆粒，以避免形成有序性。掖南滑石則在未采取措施使配料的燒成范围扩大前似不宜单独使用，而以与其他滑石攪用为更合适。

参 考 文 献

- (1) А. И. Августник, “滑石的加热变化”, “滑石” 論文集 p. 81 (1952).
- (2) E. Thilo, B. D. C. G. 72B p. 341—362 (1939).
- (3) W. Eitel, B. D. K. G. 24 [2] p. 37—53 (1943).
- (4) H. Kedesky, B. D. K. G. 24, 6/7 p. 20—32 (1943).
- (5) W. Büsser, Jour, Amer Ceram. Soc. Abst p. 110, (1939).
- (6) Thurnauer, Jour Amer Ceram Soc p. 445 (1942).

* 將5% 苏州土加入海城滑石中在 S. K. 141 1/2 預燒后的原料进行分散后以电子显微鏡观察，說明它具有海城滑石于1450°C 燒后的电子显微鏡外貌，也即矿化剂可降低片狀破坏的温度达 40°C 左右。

- (7) W. R. Foster, *Jour. Amer. Ceram. Soc.* 34, 9, p. 255 (1951).
- (8) W. Büsser, *Jour Amer Ceram Soc. Abst* p. 110, (1939).
- (9) W. Eitel, 硅酸盐物理化学 p. 1142, (1954).
- (10) P. Bock, “滑石在陶瓷坯体中的应用” *B. D. K. G.* 34, No. 4 p. 97 (1957).
- (11) M. D. Rigtterink “某些块滑石瓷的显微镜及 X 光研究” *Jour Amer Ceram. Soc.* p. 215, (1947).
- (12) R. L. Stone “块滑石瓷烧成的物理化学” *Jour Amer. Ceram. Soc.* 26, 10, p. 335 (1943).
- (13) S. Speil *Jour. Amer Ceram. Soc.* 26, 10, p. 336 (1943).
L. E. Kane *ibid* 26, 10, p. 339 (1943).
B. R. Abumukob, “滑石的电绝缘材料及对滑石原料的要求。” “滑石” 论文集 p. 111 (1952).
- (14) Otto Krause 等: “烧成对块滑石瓷性质的影响” *Sprechsaal* 70 [37] 467 (1937).
70 [38] 481 (1937).
- (15) W. G. Robinson, *Jour, Inst. elect. Engrs* 86, 570, (1940).
- (16) B. S. Lamar, *Jour Amer Ceram Soc.* 27, 11, p. 317—320 (1944).
J. S. White, *ibid* 27, 11, 320—323 (1944).
Bull Amer Ceram Soc. 33, 4, p. 111 (1954).

ИССЛЕДОВАНИЕ СТЕАТИТОВОГО ФАРФОРА

I. Микроструктура и свойство талькового сырья

Чжу Бин-хэ Ху Цзо-хуань ИИ Чжи-вень

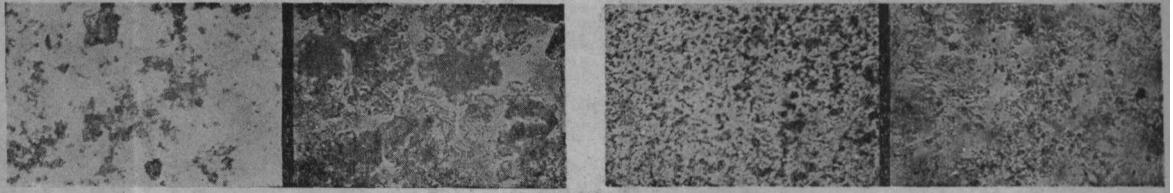
(Институт хим. и тех. силикатов АН Китая)

Резюме

С целью получения стеатитового фарфора были систематически проведены сравнительные изучения по минералогическим и керамическим свойствам тальков двух видов месторождения г. Хайчэн в пров. Ляонин и района Енань в пров. Шаньдун Китая. Судя по результатам электронно-микроскопического наблюдения, рентгенографического анализа и других экспериментов образцов после предварительного обжига при различных температурах с разнообразными минерализаторами и испытания различия рецептур с каждым тальком была изложена характеристика тальков двух видов в стеатитовом высокочастотном фарфоре.

Экспериментальные данные показывают, что тальки двух видов принадлежат типичному тальковому минералу. Тальк месторождения г. Хайчэн обладает чешуйчатой текстурой, высокой чистотой и длинным интервалом остекления, поэтому он может пригоден служить главным сырьем для изготовления стеатитового фарфора. Тальк месторождения в г. Хайчэн имеет такой недостаток, что из-за определенной ориентировки его чешуйчатых зерен изделия, формированные выдавливанием часто показывают большую склонность трещин на вертикальном направлении. А зерна талька месторождения в районе Енань мелкие, содержание примесей минерализатора больше, температура спекания низкая и склонность трещин на вертикальном направлении малая. Однако недостатком его является узкий интервал обжига, условия при обжиге трудно контролируются, поэтому такой тальк лучше использовать вместе с тальком месторождения в г. Хайчэн при изготовлении стеатитового фарфора. Во избежание трещин на вертикальном направлении, вызванных чешуйчатыми зернами талька, авторы предлагают использовать метод предварительного обжига талькового сырья с добавкой минерализаторов с целью нарушения чешуйчатой текстур, и считают таким образом можно получить хорошие результаты.

“滑石瓷的研究”一文的照相插图



海城滑石: (左)×100; (右)×500

(1)

掖南滑石: (左)×100; (右)×500



海城滑石

×4500

(2)



掖南滑石

×4500

图2 滑石原料的显微照相

(1)光学显微照相;
(2)电子显微照相

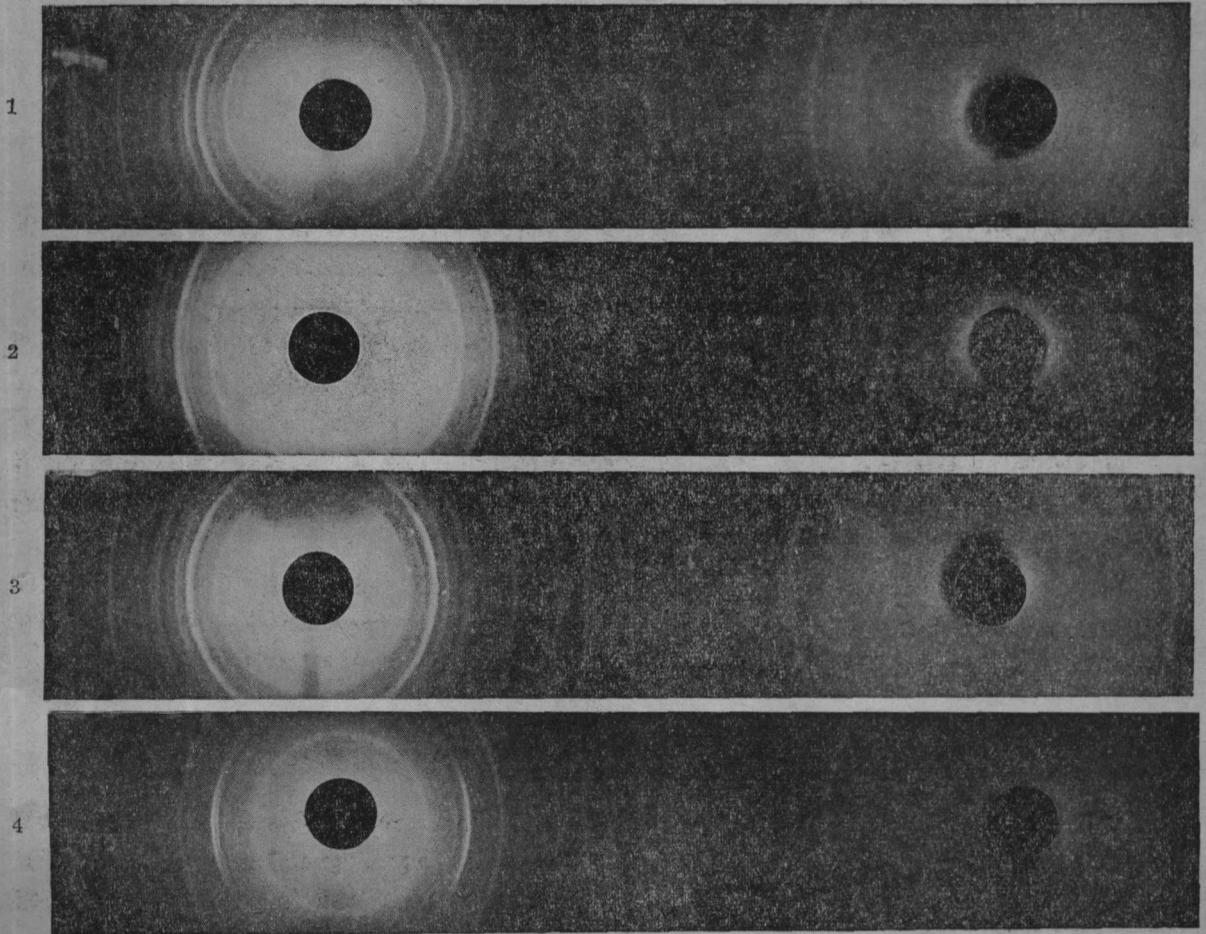


图3 滑石原料的烧前后伦琴射线衍射照相

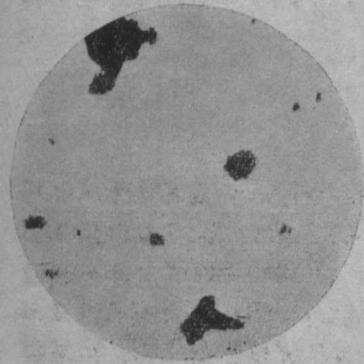
1. 掖南滑石烧前; 2. 海城滑石烧前; 3. 掖南滑石 1335°C 烧后; 4. 海城滑石 1335°C 烧后



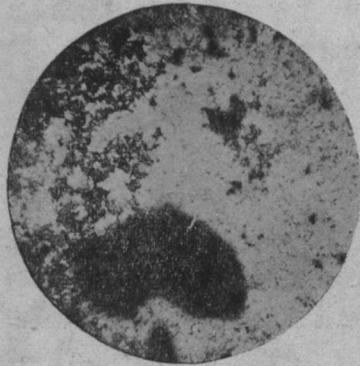
掖南滑石, ×4000, 1300°C 烧后



海城滑石, ×4500, 1300°C 烧后



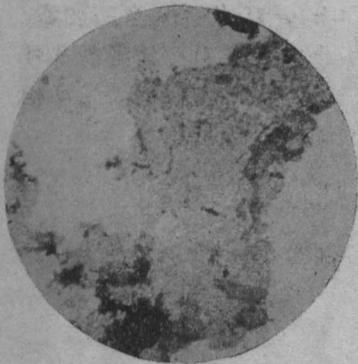
掖南滑石, ×4500, 1350°C 烧后



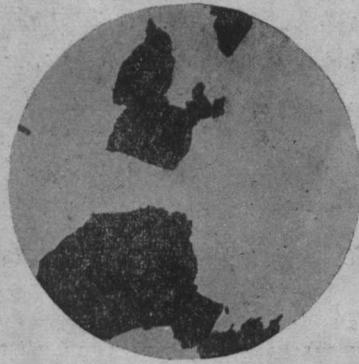
海城滑石, ×4500, 1350°C 烧后



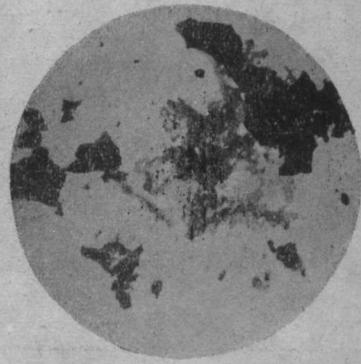
掖南滑石, ×4500, 1400°C 烧后



海城滑石, ×4500, 1400°C 烧后



掖南滑石, ×4500, 1450°C 烧后



海城滑石, ×4500, 1450°C 烧后

图6 不同温度煨烧后的滑石颗粒外貌



海城滑石 + H_3BO_3 ×100 (P)



海城滑石 + $BaCO_3$ ×100 (P)

图7 海城滑石加矿化剂的光学薄片显微照相