

硅酸盐及硅方解石成品 的磨拌制造方法

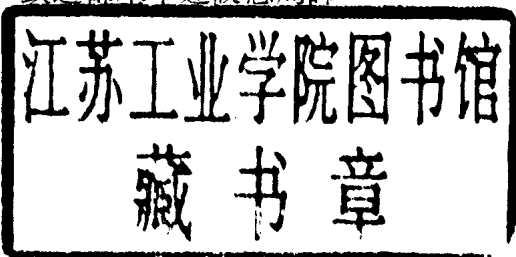
И. 欣 特 著

人 民 铁 道 出 版 社

硅酸鹽及硅方解石成品 的磨拌制造方法

И. 欣 特 著

鐵道部基本建設總局譯



人民鐵道出版社

五九年·北京

本書詳細介紹使用磨拌機制造硅酸鹽及硅方解石成品，可以大大提高生產率及產品質量，并降低成本，對建築材料制造方面是有很大的經濟意義的。

本書可供建築材料制造方面的工程技術人員及材料供應人員參考。

參加本書的翻譯人員為石耀山等。

硅酸鹽及硅方解石成品 的磨拌制造方法

ДЕЗИНТЕГРАТОРНЫЙ СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ
СИЛИКАТНЫХ И СИЛИКАЛЬЦИТНЫХ ИЗДЕЛИЙ

苏联 И. ХИНТ 著

爱沙尼亚国家出版社（1952塔林俄文版）

ЭСТОНСКОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ТАЛЛИН 1952

鐵道部基本建設總局 譯

人民鐵道出版社出版

（北京市霞公府17號）

北京市書刊出版業營業許可証出字第010號

新華書店發行

人民鐵道出版社印刷廠印

（北京市建國門外七聖廟）

書號 1348 開本 $787 \times 1092 \frac{1}{2}$ 印張 $3 \frac{7}{16}$ 字數 75 千

1959年4月第1版

1959年4月第1版第1次印刷

印數 0001—3,100 冊 定價 (7) 0.26 元

目 录

前 言	1
第一章 制造硅酸盐（石灰-沙子）成品方法概述	4
1. 提高蒸制温度	9
2. 混合料中掺以加速硅化过程的各种物质	10
3. 在湿混合料中掺粘土	12
4. 更好地拌和湿混合料，进一步磨细和改善消和石灰的各种方法	14
5. 用拌和各种粒度沙子的方法改良混合料的粒度成分	15
6. 增加磨细的沙子以改善混合料	15
7. 用磨拌机方法	16
第二章 沙子通过磨拌机后其粒度系数及表面的变化	17
1. 试验中使用的磨拌机及筛子说明	17
2. 择取试样，测定其重量及过筛	21
3. 根据过筛分析测定粒度系数	23
4. 通过磨拌机时沙子的粒度与粒度系数的变化	32
5. 沙子通过磨拌机后所形成新表面的特性	36
第三章 通过磨拌机后沙子位置在图表上的变化	42
第四章 通过磨拌机后沙子单位表面的变化	46
第五章 采用碾磨沙时硅酸盐成品抗压力的增加情况	51
第六章 用磨拌机方法拌制混合料时硅化过程的特点	58
1. 黏着石灰与游离石灰的计算	59
2. 可溶硅酸（二氧化硅）的测定	65
3. 产生硅酸钙的成分	66

第七章	用磨拌机方法制造硅酸盐成品	69
1.	石灰和沙子在一起消和对硅酸盐成品抗压力的影响	69
2.	磨拌方法对硅酸盐成品硬化速度的影响	72
3.	用磨拌机方法制造硅酸盐磚（成品）的技术作业示意图	73
第八章	用磨拌机方法制出成品的工程技术特性	78
1.	抗压力	78
2.	抗弯力	78
3.	吸水性	78
4.	耐冻性	80
5.	导热性	81
6.	硅酸盐及硅方解石成品的抗压力在结构中的耐久性	81
第九章	使用磨拌机方法的总論与远景	84
附录:	甲、磨拌机的最大生产效能的計算	88
	乙、磨拌机所需电力的計算	90
	結束語	106

前 言

斯大林时代的特点，就是在人的生活和生产的各个方面，都在不断的进步。数十年来已经认为是固定的一些理论，正被我国的科学家以新的、苏维埃的、有生命力的和更确实的理论取而代之。

每天给工业部门灌输着新的、先进的生产方法和设备，按其生产效率，产品质量及经济效果来说，都比先前采用的优越许多倍。

为达到光辉的共产主义高峰，苏联的工业和技术对建筑材料工业部门也提出了很高的要求。在一九五〇年五月九日苏联部长会议的决议中，向建筑材料工业全体工作人员提出要在最近期间将建筑材料的生产提高1~2倍。如果采用新的生产技术，对这样伟大的任务就不可能完成。下面叙述关于改善制造硅酸盐及硅方解石成品现有技术作业的一种可能性。

这项工作是在必须提高爱沙尼亚苏维埃社会主义共和国塔林市的“石英”硅酸盐砖工厂产品质量，而不增加石灰消耗量的情况下提出的，这个工厂使用着一般认为不适用的沙子。

经研究与有关的工业试验证明，在磨拌机中同时粉碎沙子及石灰，可以大大地提高硅酸盐砖的强度，并可使石灰的消耗量减少50%。

工作中已经证实，使用磨拌机时能磨得较细，在压力机为一般压力和加汽蒸制的条件下，可以制作抗压力超过1000公斤/公分²、及抗弯曲力近于200公斤/公分²的硅方解石成

品。經研究証明，大部分强度（达40%）的增加是由于同时磨細沙子和石灰的結果。这种方法，据我們了解是很少采用过的。因为沙子和石灰在磨拌机中主要是借助冲击力磨細的，所以电力的消耗与金属的磨損比球磨少些。

“石英”硅酸盐磚工厂的工业試驗証明，将成品的平均强度提高到250公斤/公分²，并将石灰的消耗量减少到活性掺合料的4.2%时，磨拌机磨細一吨混合物，渗炭鋼磨齿的耗損将近100克。虽然鋼料的耗損量不大，但在生产过程中更换磨拌机磨齿仍是有些不便，当每昼夜生产400吨沙子时（100,000块磚），就需要在24小时内更换近40公斤的耗損磨齿，这恰为所用磨拌机磨齿重量的二分之一。因此当采用上述磨拌机方法时，最好在三班制工作的工厂里多备一套磨拌机，使更换磨齿的时间不要占得过多。当然，要合理地解决这个问题，苏联冶金工业生产的硬合金起着重大的作用。但在进行研究时，并未充分試驗这些硬合金。因此，应该承认，研究工作并未将用磨拌机方法制造硅酸盐磚的問題給以彻底的实际解决。但是这次研究所得資料可作为設計生产硅方解石成品（安装用的加鋼筋硅方解石成品，墙壁鑲面板，美述建筑成品等）工厂的依据。因为用这种方法制作成品时，經過机械加工的沙子数量較少，磨齿的耗損也相应地較小。

在研究工作中了解到，采用磨拌机方法实际上可以給工业提供很大的經濟效果。在研究工作中曾包括有一个任务，就是对磨拌机的工作进行仔細地观察，把它看作是磨碎机械，不然就不可能解决实际采用新方法的問題。結果得出了一些近似的公式可用来計算机械的最大生产效率和磨拌机所需的电力。虽然很多問題在这里只得到部分解决，但所有援引的意見在某种程度上应当有助于工艺师們去选择磨拌机規的

格。

不言而喻，本項工作是了解与闡述生产硅酸盐成品新技术作业实质的初步尝试，难免有些錯誤与缺点。如果作者能以这种研究工作在科学家及实践家之間激起对这个問題的一些兴趣，他也认为自己的任务是完成了。

作者认为应该感谢爱沙尼亚苏維埃社会主义共和国工业問題研究院及科学院建筑艺术研究院的科学工作者，在开始研究时給我們提出很多宝贵意見。工业問題研究院曾將試驗用的震动研磨机送給我們进行試驗沙子工作。以O·克維索恩厂长为首的“石英”工厂全体同志在制造試驗工作所必需的机具方面、和进行試驗室的試驗及工业試驗方面，給予了我們更宝贵的帮助。作者特別感謝主任化驗員B·留尤特利一直参加了研究工作。工作結束阶段，在解决某些問題中，化学工程师X·克別尔也給了一些帮助，將手稿譯成俄文的工作主要是由A·勞奧夫同志担任的。

科学院士、教授、技术科学博士П·П·布德尼科夫和技术科学碩士、講師M·A·馬特維耶夫也給予了不可估計的帮助，他們都預先讀过手稿，作者根据他們的指示又作了些修改。

在进行研究工作中以后將所得成果用于生产方面，爱沙尼亚苏維埃社会主义共和国建筑材料工业部，尤其是部长A·Г·涅依曼同志及技术科长X·Ф·依奧斯其同志給予了很大的帮助。

在这里仅向帮助进行此項工作的各个单位及全体同志表示深深的謝意。

作 者

塔林市一九五一年八月

第一章 制造硅酸鹽（石灰-沙子）

成品方法概述

在A·沃尔仁斯基教授的著作中，以及Н·П·瓦岡諾夫和И·П·格沃兹达列夫合写的著作中都提到，石灰-沙子磚从1829年，即一百多年前就开始利用。为制造这种磚，曾利用由3份經過压碎的泥灰質石灰岩和1份炭精粉經過焙燒所得的水硬石灰。磚是用1份水硬石灰、3份沙子和0.2份水所組成的混合料制造的，并使用鑄鉄模型定模。混合物体在露天放久时就变得比較結实。但是这种磚比焙燒的黏土磚貴，故不能与黏土磚相爭。后来又开始使用由1份石灰，10份細沙組成的混合料制磚。这种混合料在模型中要經精細搗固并在露天放置8~10天。用这种办法比較价廉，故采用得較广泛。

在上一世紀中叶开始使用由1份熟石灰和4份沙子組成的混合料，以手工法制造石灰-沙子磚。混合料要經細致地拌合并掺以少量水份潤湿之。在成模压制前，混合料要放置一些時間。磚坯在露天放置两星期后，堆放起来；成堆后还应停放数月方可使用。

此后不久，开始使用把成型磚坯在露天放置两星期浸入95°C石灰水中停放2~6天的方法，制造石灰-沙子成品。

1880年左右发现，如果将石灰-沙子磚在有压力的水蒸汽中放数小时，則其强度可大大地增加。从那时起，这种方法就被繼續采用，直到今天未加重大修改。这种方法曾得到一系列的做制，其中最有意思的如下：

为获得成品的附加强度曾提議將成品在碳酸气体中放一

些時間。也曾建議將磚坯放在一般壓力的蒸汽室內加 2~5 日蒸制。這兩種建議在當時都是不經濟的。為了節約消和石灰時所放出的熱量，曾建議使石灰的水化作用和加蒸汽蒸制之磚坯在蒸壓釜內一起進行。

後來，整個經驗証實了一種意見，就是壓制之石灰-沙子塊，在 8~10 公斤/平方公分的壓力下用蒸汽加工 8~12 小時，能具備足夠的強度。這種發現是如此地實用，以致今天的硅酸鹽磚在筑牆材料中日趨於首要地位。

蘇聯科學家布德尼科夫教授發現，黏土中摻些化學品，其中也有石灰，在水中可以不被沖毀。此後不久，布德尼科夫教授研究了使用蒸壓釜製造石灰-粘土石料的原理。羅杰布里特工程師在其研究工作中提出，在石灰沙子混合物中摻些粘土可以改善成品的特性，並可節約石灰。1950 年，俄羅斯建築工程科學研究院擬定了工業中用粘土-石灰混合料的制磚規則，並指出用這種混合料制成的磚可具有滿意的工程技術特性，甚至不用汽蒸。

據沃爾仁斯基的資料，在沙皇俄國只有幾個生產效率不高的硅酸鹽工廠。在十月社會主義革命後，蘇聯對硅酸鹽磚的生產特別迅速地發達起來了。蘇聯的科學家們在了解製造硅酸鹽磚時發生的物理-化學變化方面進行過許多研究，並判明更有效地生產硅酸鹽磚的可能性。

我國科學家們的著作在這方面也是最先進的。

硅酸鹽磚在工程中能得到推廣的主要原因如下：

- 1) 硅酸鹽磚的生產過程可以达到高度的機械化；
- 2) 每一生產工序循環時間不長，並且幾乎完全沒有季節性；
- 3) 生產效率高時工廠非常緊湊；
- 4) 其工程技術特性（除導熱性外）幾乎和紅磚一樣，

且價錢特別低廉；

5) 可以利用生产的廢品(炉渣)；

6) 主要原料(沙子)分布很广，并且易采；

7) 組織生产硅酸盐磚的投資額与燃料費用比生产紅磚低得很多，而劳动生产率提高 $\frac{1}{2}$ 以上。

蒸汽加工的方法最近几年来愈来愈广泛地使用在生产其他多种建筑材料中，这种情况也標誌着使用蒸汽加工的合理性。加蒸汽蒸制法被利用于优质石膏、石膏成品以及輕重級混凝土成品、加筋混凝土成品、絕緣材料等的生产中。

近来在苏联进行的研究工作証明，可以用沙子-硅酸盐混合料制造排水管、大型建筑块件、鑲面板及建筑美术成品。

尽管广泛地采用着蒸压釜蒸制法生产过建筑材料，但在上边提到的A·沃尔仁斯基的著作問世以前，对蒸压釜内发生的物理化学变化的实质并不充分明了。沃尔仁斯基教授注意到了下面这些在加蒸汽蒸制过程中发生的重要现象。

1) 蒸压釜加放蒸汽时，蒸汽及蒸制品的温度差可在蒸制成品中造成很大的温度应力(应力大小依成品尺寸及材料的导热性而定)。这种应力，依照成品的一般物理-化学成分，可能损伤成品的结构，或者使成品破坏。朝蒸压釜加蒸汽时，水流、蒸汽及空气流以及溶解之 $\text{Ca}(\text{HO})_2$ 因产生冷凝物而对蒸制品起破坏的作用。

2) 符合于蒸压釜内計量温度的蒸汽压力与气压計所記錄的蒸汽压力常常互不相符。这种差别是由于蒸压釜内有空气所致，因为空气受蒸汽压力影响变热，产生部分压力，而气压計所記載的蒸压釜内的总压力包含了其中空气变热而产生的部分压力。蒸压釜内进入空气是不理想的，因为它是容許有效压力下蒸汽温度比較低的决定条件。

3) 石灰-沙子混合物加蒸汽蒸制而产生的含水硅酸盐成分，依未加工混合物的成份、蒸汽压力（依温度）及蒸制的时间长短而定。在一般条件下，制造硅酸盐砖时，大概应当产生单钙含水硅酸盐，此单钙含水硅酸盐应成为构成整体的主要因素。石灰的再结晶虽然也能提高成品的强度，但在构成整体时，起主要作用的是含水硅酸钙。

4) 在蒸压釜内构成的稍溶硅酸钙的溶体脱落呈胶质沉殿状。这种沉殿开始包围细沙的表面。细沙膨胀起来，向外伸长，因此细沙才结合成为整体。

5) 蒸压釜内的产品在 8~10 个大气压力之下，经 7~10 小时的蒸制实际上是够的。将成品继续保持在压力之下就会稍微影响到强度的提高，在某些情况下当蒸制时间过长时甚至强度还降低。强度从一定时间停止上升是由于形成了多余的胶结物（以及由于改变了其结构），这种胶结物在硅酸盐砖中次于主要材料——石英沙。

6) 因为从蒸压釜中把蒸汽放出时，由于压力降低，孔隙（气孔）中所含的水分就开始蒸发，所以产品的矿体温度永远高于其周围溶液的温度。这样，在细沙的表面就不断地沸腾，溶液也蒸发，在其表面上的溶解物（氢氧化钙）则开始沉淀。所以，产品未从蒸压釜中取出以前，其气孔中的溶液越多，蒸制温度越高，沙粒越大，亦即沙粒的单位表面越小，则产品从蒸压釜中取出时单位颗粒表面的氢氧化钙就越应沉淀得多。这种新的组合也能影响硅酸盐产品中的胶结物结构及性质。

7) 将蒸汽从蒸压釜中迅速放出时，产品中猛烈的汽化，及形成的热应力可能损伤产品的结构甚而能毁坏产品。故应按照一度的曲线图把蒸汽从蒸压釜内放出，曲线图形依产品密度、主要材料的颗粒大小、粘合物数量及其他因素而定。

8) 因为在蒸压釜中形成的胶結物呈胶状，而胶状物的强度又依其湿度而定（如，胶水沒有任何强度，但胶水干后强度很高）那么所謂的脫水过程就特別重要。

生产硅酸盐磚时，必須尽一切可能使磚块干燥到最大限度。干燥程度主要以下列因素确定：

a) 磚的气孔度：气孔体积愈小，則其中含水可能愈少，因之在蒸发后（靠磚块中儲存的热量），气孔体积小的磚块中所含的水量将少于气孔体积大的磚块所含的水量；

6) 蒸制时的温度：温度愈高，則磚块和水所含的儲存热量就愈大，其蒸发就愈剧烈；

b) 磚块的热容量：热容量愈大，則从磚块中蒸发出的水份愈多；

r) 蒸压釜底的外部水影响，有无放出蒸汽的現象等；

д) 放出蒸汽通常是由于工厂里需要較迅速地冷却蒸压釜。它使得产品的脫水比不放蒸汽的慢慢冷却較多。未經放汽从蒸压釜中取出的产品比經過放汽从蒸压釜中取出的产品脆弱10~15%，重1.5~2%。

考虑到蒸压釜中发生的物理-化学过程及制造石灰-沙子产品的工艺过程，許多人为了改善硅酸盐磚的生产曾作过下列重要建議：

1) 提高蒸制温度；

2) 混合料中掺以加速硅化过程的各种物质；

3) 在湿混合料中掺粘土；

4) 更好地拌合湿混合料，进一步磨細和改善消和石灰的各种方法；

5) 用拌合各种粒度沙子的方法改良混合料的粒度成份；

6) 增加磨細的沙子以改善混合料；

7) 用磨拌机方法。

这些建議在下面要作較詳細的研究。

1. 提高蒸制溫度

提高蒸压釜中的溫度能加强 OH' 离子的活性。这就像增加 OH' 离子的濃度一样能有助于克服二氧化硅的化学惰性。

通常以增加蒸汽压力的方法提高溫度。提高溫度要受鍋炉及蒸压釜工作压力的限制。譬如，溫度 179° 适合于10个大气压的蒸汽压力，溫度 211° 适合于20个大气压的蒸汽压力，溫度 309.5° (摄氏) 适于100个大气压的蒸汽压力。显然，將溫度直接提高到 180° 以上时，实际要引起很多費用，因为在这种情况下，需要高压鍋炉及蒸压釜。利用过热蒸汽同样是适合的，因为可以使蒸压釜中的产品变干并因而停止胶結反应。因为在水热反应时，提高溫度而不增加压力的問題可能有实际意义，沃尔仁斯基教授就注意在下列情况中是否有可能提高水热反应时的溫度而不增加压力。正如所知，溶液的蒸汽压力低于純溶剂的蒸汽的压力。蒸制硅酸盐磚时，其气孔皆被氢氧化鈣溶液充滿。这种溶液的蒸汽压力低于純水的蒸汽压力。但是当 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 的溶度小时，这种差別不大。如果蒸制物体气孔中除氢氧化鈣溶液外还有另外某种易溶物质时，則依其濃度可以在同样压力之下采用多少高些的溫度。表1中列有各种易溶物溶液在正常压力下的沸点。

如表中所見，利用各种不同濃度的溶液可以在一个大气压力之下使用适应于一般制造硅酸盐磚条件下20个或大于20个大气压的溫度。如果利用蒸压釜的容許压力，那么在采用高濃度硷性溶液条件下，可以得到极高的溫度。此溫度接近于高温反应溫度的范疇。例如，蒸压釜中的压力等于16个

表 1

溶 液 濃 度 化 學 公 式	溶液沸点 (攝氏)								
	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	100%
CaCl_2	101.9	105.0	110.3	119.3	130.0	143.8	162.5	180	—
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	101.1	102.5	104.3	106.7	110.3	117.0	129.3	(75.8%) 147.5	152.2 (87%)
MgCl_2	102.4	106.8	115.5	130.0	—	—	—	—	—
KOH	102.4	106.6	113.5	125.3	144.4	177.8	227.2	290	—
NaOH	102.8	108.0	116.5	128.3	142.2	159.4	181.1	207.2	313.9
NaNO_3	101.2	102.6	104.5	106.9	110.0	115.0	120.0	—	—
Na_2SO_4	100.6	101.4	102.8	103.2	—	—	—	—	—

大气压, 80%的KOH溶液可以使用在摄氏 390° ($200^{\circ} + 190^{\circ}$) 的温度中。用普通蒸制法时, 要得到温度摄氏 374° , 必須有 225 个大气压力。这种方法的特殊优越性就是在作用过程中能保留主要的化学接触剂一水。

2. 混合料中掺以加速硅化过程的各种物質

技术科学院碩士M.A.馬特維耶夫和C.H.尤尔奇克提出下列改善制造硅酸盐产品的建議:

a) 如加以磨碎的水玻璃, 可降低蒸汽压力, 减少蒸制時間。根据建議者的資料, 按其建議制造出的产品强度合格, 在 2 个大气压力下, 蒸制 4 小时;

6) 由于在混合料中加有鈉盐, 結果就提高了产品的抗压力。

除强度增加外, 为了减少蒸制時間就掺以硫酸鈉。近来在这方面已經取得了卓越的成績 (蒸制時間由 8 小时减少到 4 小时)。

为了加速硅化过程, 在实践中曾以掺强硷的方法試驗过

反应过程中增加 OH^- 离子浓度的作用。我們在“石英”工厂試驗室进行的有关試驗工作，在总的方面得到了以下的結果：

为了制造硅酸盐磚，在石灰-沙子混合料（8% CaO ）中加以3%（为石灰数量的3%）的 NaOH ，經過普通的蒸制（8~19小时，10个大气压力），抗压力平均可以增加10~15%。在提高抗压力方面，因增加3% NaOH （占粘合料的3%），故得到良好的效果。掺料的增加或者减少都能使結果变坏。总之差别非常大。在某些情况下，少掺一些 NaOH （0.5~1.0%）結果抗压力不是提高反而是降低了。增加些硷作为加速剂，无疑要影响胶結反应。實驗室进行的各种試驗証明了这一点。1949年4月7号在“石英”工厂进行过工业試驗：在掺料滾筒中的拌合料成分是92%沙子，8%的 CaO ，掺入5%的 Na_2CO_3 （占石灰数量的5%）。石灰在掺料滾筒中的消和时间为45分鐘，滾筒中有4个大气压。用这种掺料作了11車（每車900块）生坯。将其与两車用普通掺料制成的生坯同时装入蒸压釜中。生坯在10个大气压之下蒸制4，5小时，而不是普通的蒸制9~10小时。用含 Na_2CO_3 的掺料制成的磚，其抗压力平均为104公斤/平方公分（100号），而用普通掺料制成的磚仅为53公斤/平方公分，代替了蒸制10小时所获得的120公斤/平方公分。

由于1949年在“石英”工厂安装了第二个压力机以后，蒸压釜就显得薄弱了，因此为了提高产量曾打算利用硷催化剂。以后安装了新蒸压釜才消除了这种薄弱的环节，并且不再使用工业中比較广泛采用而不易得到的硷，而且节省蒸汽也不能抵偿掺料的价值。

用蒸压釜蒸制硅酸盐磚的过程中，有17.2%的热量是由管路中和蒸压釜壁上損失。М.И. 拉波沃克指出，在我們各个

硅酸盐工厂中，蒸汽设备的使用价值为砖价值的15.7%。如果使用催化剂能将蒸制时间减少一半的话，那么这表明成本只不过降低1.35% $\left(0.157 \cdot \frac{0.172}{2}\right)$ 。同时，砖坯加热所消耗的热量在两种情况下还是相等的。如果“石英”工厂生产1000块砖耗費350公斤 CaO ，那么就需要17.5公斤（5%）催化剂。計算証明，节约蒸汽所降低的价值比买催化剂的费用要少三分之二。

3. 在湿混合料中掺粘土

C.M. 罗杰布里特指出，沙子质量的缺点、石灰磨細的缺点，在拌合沙子，石灰等混合料的工作中一般用增加混合料中石灰含量来弥补。但是，这就大大地增加了成本的成本，因为在制造含6~7% CaO 的硅酸盐磚时，全部石灰的价值不少于产品成本的35%；如节省1%石灰，磚的成本大約降低6%。

制造硅酸盐磚时，石灰的作用皆知是双重的。第一，和沙子、水相混合时石灰給湿的混合料以必要的易加工性能，以便于将磚坯从压机中取出及向小車上装。因而，为使磚坯达到必要的强度，必需永远在沙子里掺入最少定量的石灰。压机的压力同样时，数量的多少依沙粒的表面特性和沙子的粒度成分而定。沙子的顆粒一样时，必須掺入的石灰按 CaO 計算可达10%。第二，石灰也参与形成胶結物（含水硅酸鈣）的化学反应。C.M. 罗杰布里特指出，經許多次試驗，其中包括他自己进行的試驗証明，在一般情况下，参与化学反应的石灰数量不超过60%，其余部分則为贅余物，需要它仅仅是使混合料具有一定的易加工性能。我們进行的試驗沒有証实这一点（見第六章）。