

石 棉 水 泥 制 品

(生 产、性 能 及 使 用)

張振第 王同恩 合譯

黃 孟 藩 校

建 筑 工 程 出 版 社 出 版

• 1958 •

前 言

我們把这本小冊子作为一本通俗的技术参考書；獻給石棉水泥工業中的工作人員和从事石棉水泥生产的人們，这本書可以為他們說明有关这种生产的一些基本原理，指出产品的性能以及如何正确地处理和有效地使用它們。

由于这是我們專門著作中的第一本有关石棉水泥的書，所以我們的工作条件是困难的。这个專業的世界文献不多，成套的書籍沒有出版过，論文又分散在各种專業的雜誌里。唯一談到石棉水泥生产目前情况的書，是苏联索克洛夫在1951年編写出版的“石棉水泥制品工艺学”，但这本書的对象是高級和中級的技术干部。

我們知道这本小冊子有很多的缺点。可能某些讀者从中还是找不到他們在石棉水泥專業方面所遇到的難題的答案。所以我們要求讀者能对本小冊子提出意見，以便我們在以后討論石棉水泥生产的著作中加以注意。

我們希望生产人員、工厂劳动学校的学生以及中等技术干部能从这本書里得到一些新的知識，从而使这本書的某些缺点能得到弥补。

这本小冊子主要是为了实用而編写的，許多技术名辭在括号內都注明了普通用語，以便使未受过專業教育的讀者也能很好地理解詞彙的含义。为了便于說明問題，我們在書中刊載了大量的照片和插圖。

謝謝白朗县的国营白朗制髓工厂，木穆柏克市的国营捷克摩拉維亞制髓厂以及尼特拉州加斯多羅維才工厂和石棉水泥厂的領導同志們為我們供应照片。还要感謝奧·達凱工程师同志對我們提供了寶貴的意見，衷心地感謝尼特拉州石棉水泥厂的布·普魯狄姆同志為我們制圖。

作者 1954年3月于尼特拉

目 录

前言	4
I. 緒論	5
II. 石棉水泥产品的种类	7
III. 基本原料	9
石棉	9
水泥	17
代用纖維	25
水	28
顏料	31
輔助設備和輔助材料	33
IV. 生产的工艺过程	35
原料的准备	38
石棉水泥材料的加工	48
生产	51
清洗	66
其他的生产方法	68
配件的生产	69
产品的修飾	72
产品的硬化	74
产品表面的修飾	79
产品的存放	82
V. 产品的机械性能和試驗	87
VI. 石棉水泥制品的使用	93
石棉水泥瓦的使用法	93
波形板的使用法	97
大平板的使用法	102
电机用的石棉水泥板	105
石棉水泥管的使用法	106

前 言

我們把这本小冊子作为一本通俗的技术参考書，献給石棉水泥工業中的工作人員和从事石棉水泥生产的人們，这本书可以为他們說明有关这种生产的一些基本原理、指出产品的性能以及如何正确地处理和有效地使用它們。

由于这是我們專門著作中的第一本有关石棉水泥的書，所以我們的工作条件是困难的。这个專業的世界文献不多，成套的書籍沒有出版过，論文又分散在各种專業的杂志里。唯一談到石棉水泥生产目前情况的書，是苏联索克洛夫在1951年編出出版的“石棉水泥制品工艺学”，但这本書的对象是高級和中級的技术干部。

我們知道这本小冊子有很多的缺点。可能某些讀者从中还是找不到他們在石棉水泥專業方面所遇到的難題的答案。所以我們要求讀者能对本小冊子提出意見，以便我們在以后討論石棉水泥生产的著作中加以注意。

我們希望生产人員、工厂劳动学校的学生以及中等技术干部能从这本书里得到一些新的知識，从而使这本书的某些缺点能得到弥补。

这本小冊子主要是为了实用而編写的，許多技术名辭在括号內都注明了普通用語，以便使未受过專業教育的讀者也能很好地理解詞彙的含义。为了便于說明問題，我們在書中刊載了大量的照片和插圖。

謝謝白朗县的国营白朗制髓工厂、木穆柏克市的国营捷克摩拉維亞制髓厂以及尼特拉州加斯多羅維才工厂和石棉水泥厂的領導同志們为我們供应照片。还要感謝奧·連凱工程师同志对我們提供了寶貴的意見，衷心地感謝尼特拉州石棉水泥厂的布·普魯狄姆同志为我們制圖。

作者 1954年3月于尼特拉

I. 緒 論

石棉水泥工業是比較年輕的工業。它的產品是根據哈柴克的方法於1900年在奧地利開始製造。哈柴克把這種新的用作復蓋品的東西命名為石棉水泥。隨後石棉水泥就很快地傳佈到几乎所有的歐美工業國家。

從這個工業部門產生以來，它的生產過程基本上並沒有什麼大變化。但生產設備、石棉加工的方法以及原料的使用方面却有重大的改變。例如像5號和6號石棉在廿年之前還因被認為質量差而不予採用，現在，則在日常使用中已經取得了良好的成績。

第二次世界大戰結束時從蘇聯傳來的書籍和工作方法對整個這門工業有極大的幫助。原料加工後的質量檢查以及勞動條件的調整（水泥的礦物組成、濕磨石棉、生產中用溫水）可以充分利用生產機器的潛力，這些變革意味着近些年來石棉水泥生產發展中的最大的躍進。

因為石棉水泥的生產在開始時是一個新的發現，所以許多人都企圖避免專利生產。但大多數的新發明並未得到實際的推廣。即使是有些地方並不使用哈柴克的方法，但也只不過是依照老的傳統，生產過程並沒有新的變更。

只有意大利人瑪格納尼和伊斯曼底生產方法比較重要，這在以後談到生產部分時將詳加說明。

至於使用的原料，意大利發明家摩爾伯里底方法是值得注意的。根據他的方法，可以用在壓力蒸氣下的細石英砂來代替50%的水泥。為了節省水泥，這個方法最近越來越多地被採用。不過這種生產方法的成本較高，只有當生產過程高度機械化時，才能較大規模地被採用。

捷克斯洛伐克現在有不少的工廠生產復蓋管和管子。可以肯定地說，這些工廠的石棉水泥產量在二次世界大戰之後至少已增加了一倍。要不是我們和其它原料不足的国家一樣受到石棉不足

的限制，产量还会有更大的發展。

在世界各地石棉水泥的生产都在不断地增長，这說明这种产品质量优良并受到欢迎。例如在苏联，石棉水泥复盖品的产量比第二次世界大战前增加 2.65 倍，石棉水泥管增加 2.8 倍。过去产量最大的国家是比利时、英国、意大利、美国和瑞典，捷克斯洛伐克也并不落后。現在苏联已取得首位，其原因不仅在于原料资源丰富，而且主要在于建筑工業的巨大發展和大規模有系統的勘探工作。

II. 石棉水泥产品的种类

石棉水泥制品即用石棉、水泥和水制成的物品。以抄取机制成薄板，薄板可以制成各种薄板部件。首先，石棉水泥可以制成建筑预制构件和作各种用途的物品。

按照用途我們把它分为：

1. 复盖用的石棉水泥制品；
2. 包复用的石棉水泥制品；
3. 排洩用和耐压石棉水泥管；
4. 特种石棉水泥制品。

第一类生产最多者有：

(甲)压制复盖品（鑲花板、方塊板、貼板、边框及有关的瓦板）；

(乙)非压制波形复盖品长达 305 厘米的波形板、板、波形封口、筑牆用貼板以及踏板。

复盖品最多用于盖房頂，此外也用以复盖內牆。

压制和非压制的石棉水泥平板屬於第二种，其寬为 125 公分，最常用于包盖內外牆壁，有时亦用于制作傢具。

第一和第二种产品也有帶色者。

石棉水泥排洩管和耐压管長 3 至 4 米，其中直徑最大为 500 毫米，在洩管类中还生产有排洩管的許多补充 部件（頸、拱、弯、各种支管、通風道、虹吸管等）。

耐压管的附屬部件不是用石棉水泥而是用鑄鐵制成。

排洩管最常用于下水道和农業中，耐压管則用于自来水、有时也用于煤气。

最后的一种是特种产品（煙囪管、通風管、隔电板、包盖物板、表面有特种加工并用以作人造木的制品、牆紙等；用塑膠塗上，使之具有彈性和隔电性能的制品）。石棉水泥之所以能够如此广泛地使用于各种目的，是因为它具有許多优良的性質。首先

它的分量輕，作为建筑材料比燒制的复盖品要好；其次，它具有固定的机械性能(在耐压、耐拉并且主要在耐弯上)。它不怕冻和高热、并且吸潮性弱，若表面經過处理，吸潮性还能更加减弱。石棉水泥表面可以琢磨、擦光和上油，产品可以截挫和鑽孔。在干燥状态时不塗油作絕緣体用，能抵抗500伏特的电压。它对碰撞的抗力較弱是一缺点。直接遇火时它会裂开。遇到火焰时(火燒时)会破碎。

III. 基本原料

石 棉

概 述

石棉是生产所有石棉水泥制品及配件所需的基本原料，也是在抄取机中制造石棉水泥薄板的基本原料。它是一种可以劈成細微并可以弯曲的纖維。其化学成份为含水硅酸鎂鹽($H_4Mg_3Si_2O_9$)。其中約含有氧化鎂(MgO)43.5%、氧化硅(SiO_2)43.5% 和結晶水(H_2O)13%。这种結晶水紧附于石棉組織中，在受热至 $700^\circ C$ 时才能失掉，故和产生潮湿、遇热 $200^\circ C$ 即消失的水不同。失去結晶水后石棉纖維的堅韌性要受到損害，但石棉去潮之后纖維并無变化。氧化鎂往往大部分或小部分被氧化鐵所代替，这就会使石棉的顏色从銀白色变为黄色，以至于褐色(依氧化鐵含量而定)。石棉上的青紋(青石棉)就是由于含有氧化鐵而引起的。

我們可以把石棉的不同品种分为兩大类：

1. 角閃石石棉；
2. 纖維蛇紋石石棉。

第一类的有青石棉、鉄石棉、直閃石石棉、透角閃石石棉、陽起石棉等。由于过去脆弱，石棉水泥中不用它。但又因它有耐酸性，故常用于化学工業(滲濾用)。

第二类是纖維蛇紋石石棉(温石棉)。它在工業中有很大的用途。这种石棉产量最大，佔世界产量的95%。其性質优于其它石棉。因为它具有高度机械堅韌性和可曲性，使用时可以無限制地劈成更細的纖維，其唯一缺点是缺乏抗酸性。不过它却有高度的抗碱性，它的高度机械(堅韌)性和对水泥的附着性是石棉水泥工業上的重要条件。

温石棉的主要产地为：苏联(烏拉尔)、加拿大、南非洲、

美国、塞浦魯斯、意大利以及很多不出名的地方、如奥地利和南斯拉夫。

最近在国际市場上出現了值得注意的纖維很長的中国石棉，这种石棉尚未得到足够的重視。

捷克斯洛伐克只有一个比較丰富的蘊藏地。但我国石棉質量不如苏联石棉。

石棉的开采

石棉的起源被解釋为所謂水热变态，这就是一些热沸的矿物受到压力和温度的影响轉变成。地質学家們認為石棉是在攝氏 500°C 温度和 500 大气压的情况下产生的；此时由作为母矿的蛇紋岩产生出結晶的石棉纖維。



圖 1 石棉矿石

石棉出現在厚度不同的蛇紋岩矿脈中。有些矿脈寬大，纖維長的石棉也很丰富，矿脈細小者只有較短的石棉或价值較少的石棉。苏联石棉纖維長度达数十公分。一般地說来，纖維的長度要受石棉層厚度的限制。斜交纖維的矿脈很少，但这种石棉的纖維最長。石棉富矿層較厚，一般为 2.5 至 15 公分，含石棉量为 3% 到 8%，这是富矿一般的情况。由于世界上缺乏石棉，石棉(圖1)

含量1%的矿，也被开采。

石棉大部份用露天开采，但也有用坑道法开采的。

分选石棉最重要的一部分工作是使石棉和泥土岩石分离的处理。石棉矿石块被送上皮帶运输机，以手工挑选純石棉和石塊，其中有些是較粗的岩石。

然后把這些矿石打碎，取出所謂选出的石棉，这种石棉比机械选出的要貴好几倍。最大的矿石要受到进一步的处理。矿石順序地以三种破碎法进行处理，使石棉纖維聚集起来。破碎的一种方法是使用錘子，一种方法是使用顎式破碎机。已碎的矿石經過震动篩，細碎的矿石漏下，石棉纖維則因繼續震动浮到表面而被吸走，并按其長短的不同进行分类。在进行处理时，重要的是矿石應該干燥，因为这样才便于分类。特别是地里的湿度有很大关系。所以矿石在打碎后先在筒式干燥机中干燥，然后再放进倉庫里。石棉矿石比較硬，石棉容易因破碎而失去价值。所以在处理石棉时，正确地選擇破碎器具和确定工作步驟（圖2）甚为重要。

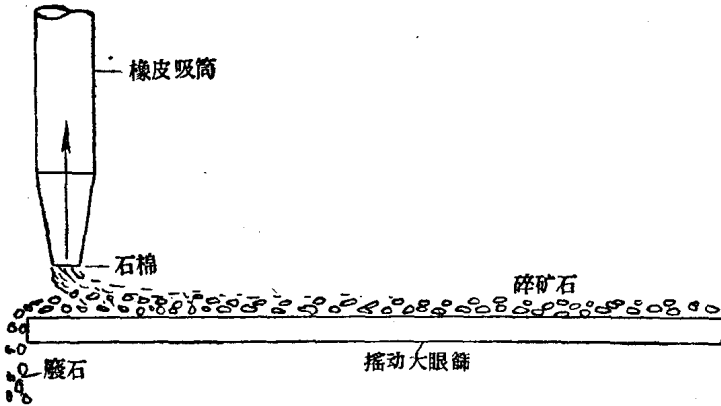


圖2 石棉和石塊分离圖解

初步加工作业按纖維疏松的程度和它的長度將石棉分为數类。根据苏联的标准，石棉按照其疏松的程度分为所謂四种結構。捷克斯洛伐克的标准也是以苏联的标准作为基础的。

1. Z号硬性結構；

2. P 号半硬性結構;

3. M 号軟性結構;

4. K 号無結構石棉。

第一种硬石棉含有極大量的粗細不同的光整纖維束。

第二种半硬石棉含有差不多同量的較粗的纖維和松散纖維。

第三种軟石棉含量大部分为松散纖維，纖維束少。

無結構的石棉纖維很短，含有蛇紋岩粉末，故不用于石棉水泥生产。石棉按纖維的長度可以分为：

1. 以手工选出的石棉纖維，長度在 20 公厘以上的，称为“手选石棉”。

2. 長达 10 公厘至 20 公厘的長纖維石棉。此种石棉为第 1、2、3 級。

3. 長为 3 公厘至 10 公厘的纖維为 4、5、6 級。

4. 纖維短于 3 公厘的短纖維石棉，6、7、8 級無結構石棉以及石棉粉都屬於此类。石棉粉中含有許多蛇紋岩粉末，其纖維短于 1 公厘。在苏联，目前出产 43 种不同的石棉。我国道布瑞乃 (Dobšíně) 地区所出产之石棉是 4、5、6 級的軟石棉，有时也产無結構石棉。

溫石棉底性質

溫石棉有一些超过一切目前所知矿产和人造纖維（玻璃綿、矿渣綿）的优越性。首先是其“几乎”無限的可分性，高度抗碱性、高度的堅韌耐拉性、以及对石棉水泥來說是極为重要的特性——水泥附着性。石棉能够在纖維散开的情况下，从水解水泥中吸收水泥，并使之貼附于其表面。

石棉最重要特性之一是可以把它分成为更細更細的纖維的可分性。这个特点达到这么一种程度，即在我們所知道的物理器械中，到目前为止还不可能把它分成可以被确定称之为單根的、不能再繼續劈分的纖維。到目前为止，可以被分开的最細纖維（更好称之为纖維束），其粗为 0.00003 公厘。不过这还不是最后的

数字。此外据估计，石棉没有实心的纤维结构（如玻璃纤维）而是空心的结构，可以被称为大面积表面纤维。上述估计之所以不能肯定，是因为到现在为止还没有分开出单根的纤维。根据苏联科学家们的计算，每一克的石棉表面面积为450平方公分。假若能够把这一数量的石棉分成现在所知的最细纤维束，其表面面积将能扩大400倍。松解温石棉在石棉水泥生产中是非常重要的，因为石棉处理得好就能从石棉纤维束中得到较多的细纤维。从而加强了石棉底胶化能力，也就能粘着更多的水泥，而造成更好的石棉制品。

石棉除掉可分性外，还有强大的抗碱性。这对石棉水泥来说，是一种重要性能。如果在石棉水泥生产中采用它种纤维，则它就会被水泥凝固时产生的碱所破坏（产生氢氧化钙）。而石棉纤维则以其原有的特性，长期不变化地存留在产品中。温石棉有高度坚韧的耐拉能力；其耐拉力每平方公厘为5000~10,000公斤。这个数字是指未加工的石棉。加工得愈不好耐拉力就愈小，加工不好的石棉能使其本来的坚韧性减少40%。

温石棉在1500°C时熔化。700°C时失去结晶附着水后，石棉失掉纤维结构。

石棉水泥工业使用较短的即3、4、5和6级石棉，最常用的是半硬结构和软结构的石棉。块石棉和1、2、3级，即长纤维石棉则用于纺织工业（防火制品）。

世界石棉开采量满足不了日益增长着的石棉水泥工业的需要，所以，即使是在像苏联、加拿大这些石棉产量很多的国家里，对生产人造石棉的研究方面也给予极大的注意。他们按照石棉天然产生时所需之条件（如压力，热），用蛇纹岩作主要的原料。但人造石棉比不上天然石棉，并且工业上也不生产。

石棉的檢定

未分级的石棉即所谓混合石棉，其使用价值用筛子分析来确定。根据这种分类法，我们把石棉分为一定的等级和种类。目前

我們還沒有定出捷克斯洛伐克的石棉标准，因为石棉水泥生产中完全是使用苏联的标准 ГООТ7-51。我們可以用篩子分析确定：

1. 在各个篩子上的剩余量。
2. 粉末的含量。

篩子分析是在石棉标准檢驗篩上进行的（加拿大式篩分机）。这种篩子是由偏心輪帶帶動的，偏心距为 19.8 公厘，偏心軸轉數每分鐘为 300 轉。在这种篩帶上有兩套箱子，每套有四个小箱子。小箱子是木制的，体积为 620 × 375 × 90 公厘。每套箱子中前三个箱子是用篩子做底，第四个箱子是实底。我們按照下列方法来确定各層篩子上的剩余部份：

首先在檢驗篩上安裝具有下列篩底的第一套小箱子：

箱子号数(自上而下)	篩孔直徑 (公 厘)
1	12.7
2	4.8
3	1.6
4	实底

將 500 克的石棉裝入一号箱子里，盖严全套箱子，使篩子轉动二分鐘，然后將各層篩子上的剩余部份过秤，并换算成百分比含量。

石棉含塵量是用第二套箱子来进行檢查的，其各層篩子篩孔大小如下：

箱子的号数(自上而下)	篩孔直徑 (公 厘)
1	0.70
2	0.40
3	0.25
4	实底

把第一套箱子中第四層箱子（实底的）里的剩余部份倒入第二套箱子的第一層篩子上。篩子轉动 5 分鐘，通过孔徑为 0.25 公厘的篩孔而掉落在第四層箱子里的就是石棉粉塵。把它和原来的样品 500 克的数字在一起計算，以百分比数表示出来。篩子分析的結果，即（檢驗篩）各个篩子上的剩余量以及其含灰量可以和列在石棉标准 ГOCT 7-51 中每級石棉規定的要求量相比較。

石棉水泥工業中所用石棉應該用下列的篩子分析：

結構	等級	品 种	在各种篩孔的篩底上剩 余部份之重量百分数			通过帶有 1.6 公厘篩孔的 第三道篩的 最大百分数	灰和顆 粒的百 分數	
			12.7 第	4.8 一	1.6 篩		总数	其中 顆粒
硬石棉	3	Z-3-37	0	37	50	13	2	0.5
	4	Z-4-15	0	15	55	30	6	0.5
	5	Z-5-55	0	0	55	45	15	1.5
	6	Z-6-38	0	0	38	52	24	2.0
	6	Z-6-25	0	0	25	75	28	2.0
半 硬 石 棉	3	P-3-70	0	70	20	10	3	0.5
	3	P-3-60	0	60	30	10	3	0.5
	3	P-3-50	0	50	35	15	3	0.5
	4	P-4-35	0	35	45	20	5.5	0.5
	4	P-4-20	0	20	53	22	6	0.5
	4	P-4-5	0	5	70	25	7	0.5
	5	P-5-65	0	0	65	35	14	1.5
	5	P-5-50	0	0	50	50	17	1.5
6	P-6-45	0	0	45	55	23	2.0	
6	P-6-30	0	0	30	70	26.5	2.0	
軟石棉	3	M-3-70	0	70	20	10	2	0.5
	3	M-3-50	0	50	38	12	3	0.5
	4	M-4-20	0	20	60	20	5	0.5
	4	M-4-10	0	10	65	25	6	0.5
	4	M-4-5	0	5	70	25	7	0.5
	5	M-5-70	0	0	70	30	13	1.0
	5	M-5-60	0	0	60	40	15	1.5
	6	M-6-40	0	0	40	60	24	2.0
6	M-6-30	0	0	30	70	26	2.0	

品种号数的意义：

第一位数字——指明屬於某級石棉。

第二位数字——一定品种的石棉在基層篩子上石棉最小剩餘

部分的百分比数。

基層篩子是指：

对3級和4級石棉为第一套箱子的第二層篩子（篩子孔徑为4.8公厘），对5号和6号石棉來說则为第一套箱子中的第三層篩子（篩子孔徑为1.6公厘）。

例如 P-3-50 号的含意为：半硬性結構，三級，在第一套箱子的第二層篩上剩余部分最少为 50% 的石棉。

下面为依照篩子分析的石棉分类实例：

石棉种类号为 P-3-50。經過篩子分析确定，在第一套各層篩子上的剩余部分为：第一層篩子 30 克，第二層篩子 250 克，第三層篩子 150 克，落入第四層箱子中为 70 克。經第二套箱子中第三層篩子掉下去 10 克。在折合为百分数并和国定全苏标准 (ГОСТ) 表对照之后，看出石棉的确合乎 P-3-50 号石棉条件。在第二層篩子中剩余石棉 50%，第三層篩子中短少之剩余部份由第一層篩子中的剩余部份来补足。第三層篩子未漏走 14%，也就是說沒有超过标准規定数。灰塵为 2%，也未超过标准規定的数量。

还应该說明的是，在基層篩子剩余部份增多时，标准允許在其它篩子中相应地降低。

进行篩子分析时重要的是不要使所含水份超过 3%。若所含水份多于这个数量和标准允許之数量时，石棉纖維就可能粘在一起，石棉分析就可能使基層篩子中剩余量增大。

石棉在以車廂裝运时要用这种方法提取样品：即从每个車箱全部石棉袋中取出 2%，在經過混合后，从其中取出重 5 公斤的平均样品。

石棉的存放

石棉裝在紙袋麻袋中运进工厂，袋上記明石棉的来源、結構和等級（如苏联 P3）。根据石棉种类的不同，一般以 30~50 公斤裝入一袋。并以帶棚的車廂載运。石棉应貯藏于有棚的倉庫中，一般存放在水泥地上来防避地下潮湿。在倉庫中石棉是按照

等級來存放的。

水 泥

概 述

水泥是石棉水泥生产的第二种主要原料。它具有一种特性，即和一定比例的水混和后不仅在空气中并且在水中也能硬化。我們叫它为水硬性膠凝材料。水泥是粉狀的建築膠凝材料，顏色通常为淺灰色。生产水泥的办法为：將石灰石、土、有时也掺有它种材料(如粘土、白堊、泥灰石)的混合物燒熔后(温度在 1500°C 左右)成为熟料，然后經過研磨而成細粉。因为純熟料磨成的粉末和水混合后硬得太快，实际上不能使用，故在磨碎时要掺进少量的(約2%)石膏($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)来減緩及調濟水泥硬化的开始过程。

对生产水泥所用的原料必需进行經常的化学檢查，从而才能根据化验配合混合剂，使燒出之熟料一直保持同样的性質。

生 产

根据生产的方式，我們把生产方法分为两种：干法和湿法。为了使讀者易于了解，下面(18頁)画出了一个干法和湿法的圖解。

碾碎較硬的材料要用各种形式的碎石机(顎式、錘式、圓錐式)，較軟的材料使用对滾碾。最常使用之干燥設備为筒式干燥机。

最常用的粉碎机为多室粉碎机(常为3~4倉室)，此外还有帶有热風，能同时起干燥作用的多管形粉碎机，以及呂氏(Loesch)粉碎机等。

使用干法生产时，混合原料粉在入爐之前要加湿，廻轉窑含水6~14%，竖窑含水約14%。使用竖窑时原料粉要混入一定重量燃料(焦炭，無煙煤)并在入窑之前压制成生料塊。

在使用廻轉窑生产时，要去掉料漿中部份的水分，使含水量