

陶瓷类

专题情报资料

第6223号

(陶001号)

525.139
8457/
809

国外建筑技术发展水平参考资料

(陶瓷部分)

·内部资料·

建筑工程部技术情报局

1962年9月

目 录

一、一般情况.....	(1)
1. 陶瓷装饰材料.....	(2)
2. 建筑卫生陶瓷.....	(3)
3. 陶管.....	(3)
二、生产工艺和设备.....	(4)
1. 原料问题.....	(4)
2. 成形.....	(5)
面磚的成形.....	(5)
卫生器的成形.....	(8)
3. 干燥.....	(8)
4. 陶管的生产.....	(13)
三、新型陶瓷发展概况.....	(14)
四、新型陶瓷的成形方法.....	(16)
五、新型陶瓷的未来.....	(18)

国外建筑技术发展水平参考资料

(陶瓷部分)

一 般 情 况

【内容提要】本文简要地介绍近年来国外建筑卫生陶瓷的发展情况。在一般情况中，除列举一些生产数据外，并概述了陶瓷饰面材料与卫生陶瓷制品的发展趋向。在生产工艺与设备部分首先介绍国外在原料制备中所采用的先进细磨设备和制备坯料的连续方法，其次为在成形方面所采用的新方法与新设备，而在窑炉与焙烧部分，则详细地介绍了国外使用燃料和窑炉的情况，特别是隧道窑的发展情况。

有关几个社会主义国家建筑卫生陶瓷制品的生产数据。

陶瓷卫生制品	单位：件	
	1958年或1959年	1965年
保加利亚	90,700	430,000
匈牙利	250,000	430,000
德意志民主共和国	15,000*	29,600**
波兰	462,000	1,000,000
罗马尼亚***	756	2,000
苏联	2,325,000	3,198,000
捷克斯洛伐克	1,070,000	1,500,000

* 单位为吨，其中包括2,500吨陶瓷暖气片；

** 单位为吨，其中包括4,600吨陶瓷暖气片；

*** 单位为吨。

陶瓷面砖	平方米	
	1958年或1959年	1965年
保加利亚	— 1,516	4,125
匈牙利	— 441	850
德意志民主共和国	— 3,712	4,387
波兰	455 —	1,700
罗马尼亚	170 —	340
苏联	6,100 —	16,400

捷克斯洛伐克	—	3,450	7,370
陶瓷管		千吨	
	1958年	1965年	
保加利亚	16.3	36.2	
匈牙利	1.0	1.2	
德意志民主共和国	80.0	191.0	
波兰	43.2	75.0	
苏联	292.0	801.5	
捷克斯洛伐克	53.7	127.6	

日本卫生陶瓷的产量

1956年	24,168吨
1957年	29,017吨
1958年	27,995吨
1959年	30,435吨
1960年	39,435吨

日本面砖的产量

1959年	100,661吨
1957年	111,428吨
1958年	129,223吨
1959年	166,932吨
1960年	230,295吨

日本的建筑卫生陶瓷除了满足本国需要外，还外销各国，成为其经济扩张的一个重要内容。1960年各种陶瓷的外销为10,484万美元。

1. 陶瓷饰面材料

房屋建筑的发展方向是结构轻巧，外形美观，舒适耐久。因而对饰面材料的要求是轻质、耐久、坚固、色彩瑰丽，同时便于工业化生产和施工。

从这个角度来对目前所采用的饰面材料金属、搪瓷、塑料、陶瓷作一个介绍和比较。

近年来，在欧美越来越多地采用搪瓷作建筑材料。在三十年代前后美国还采用小块搪瓷面砖装饰外部立面。四十年代在美国首先出现了用上釉的金属材料装饰房屋内外墙面。二次世界大战以后，这种施工方法逐渐推广到其它国家如英国、西德和西欧。

从施工角度来看，有两种采用上釉金属板材的方法。

(1) **墙面装饰** 将上釉的金属板材装饰在普通砖砌体或其它任何一种建筑材料的墙上，所用的材料有上釉钢板和上釉的铝板，与陶瓷不同的是搪瓷可以制成各种尺寸，而且制得很薄。上釉钢薄片的厚度只有0.25毫米，而上釉的铝片可以制到厚度只有0.1毫米，可以弯曲、锯开和钻孔，上釉后卷成卷，用时在施工现场剪开，贴粘在墙上。

(2) **幕墙** 由两片搪瓷板材中间填以玻璃纤维、矿棉等绝缘材料而组成。幕墙安装在承重材料之间组成墙、不起承重作用。这种幕墙具有质轻、墙薄、隔热隔音性能良好、容易安装、维修费用低等优点。在某些设计中，整个三层楼高的幕墙构件设计成一体进行安装。根据计算5厘米厚的搪瓷幕墙其隔热效果与40厘米厚砖墙的相等。

另外，也有采用不上釉的不锈钢和铝根作面砖和幕墙。近年来在苏联和美国已开始采用釉面玻璃作装饰材料，将大块的平板玻璃，在

一面涂上陶瓷颜料或釉料，然后进行热处理，同时进行冷却钢化。这种材料可以作贴面材料，也可以作幕墙。

目前国外逐渐开始采用塑料，所采用的形式主要有幕墙、增强塑料板和贴面砖、塑料纸、塑料薄膜等。

陶瓷制品越来越广泛地被采用作饰面材料。例如：在美国1945~1955年十年时间中虽然塑料、金属、搪瓷、软木等饰面材料发展很快，但是陶瓷饰面材料的生产不仅没有减少，而且增加了，1945年产量为600万平米，1955年增加到1,400万平米，尽管新建了许多陶瓷工厂，但是面砖的生产仍然供不应求。日本近年来塑料制品有很大的增长，但是陶瓷面砖的增长很快。

各种饰面材料都有其特点，陶瓷饰面材料在色彩种类和轻质方面虽不如金属、搪瓷和塑料。但是塑料易老化、金属不耐腐蚀（近年来国外也对塑料的抗紫外线辐射、抗腐蚀进行研究，但恐非短时间内能解决）而陶瓷面砖则坚固耐久、色彩鲜艳、所以深受建筑师和居民的欢迎。

陶瓷面砖的生产也是沿着增加色彩和减轻重量的方向发展，美国生产的彩色面砖占65%，比利时、意大利各占30%。意大利和美国还生产浮雕面砖和套色面砖，捷克斯洛伐克生产的RAKO和HOB牌面砖共有32种颜色。在减轻重量方面，苏联计划将干压法生产面砖的厚度降低到4毫米，苏联、意大利、西德等国家用浇灌法生产的面砖厚度一般为3~3.5毫米，最薄的可以作到1毫米，用陶瓷制成幕墙板是有困难的，因为幕墙板要求做得很大很薄。苏联曾经生产过一种“立面装饰陶瓷”，由于成本贵和体重，以后停止了，为了适应装配式房屋的发展，瑞典、法国、荷兰都广泛采用马赛克陶瓷面砖饰面的大型板材。这种马赛克饰面的混凝土是在台座上生产，采用快硬水泥作粘料，生产后48小时就可以应用，采用起重机吊装，墙的垂直缝用塑料填充、具有一定的弹性，可以防止在板材的缝隙间形成裂缝。

陶瓷面磚的飾面工程比較繁雜。為了減輕這個工作，在美國有40%以上的陶瓷面磚是采用生橡膠和氯丁合成橡膠貼粘，飾面工程的進行速度快，同時也整潔。每個工人每班可以粘貼40平米。不需要攪拌和運輸大量的建築砂漿，也不需要潤濕面磚。更重要的是采用橡膠可以使面磚牢固地貼粘在牆上。這種橡膠具有良好的耐水和耐熱性能，施工很方便，一般家庭住戶自己都可以做這種工作。西德、法國、日本也部分的采用這種材料。

2. 建築衛生陶瓷

在衛生陶瓷方面國外對造型問題很注意，在西歐的衛生陶瓷界曾經有一個“講美學運動”。意大利、法國有許多建築師都參與衛生陶瓷的設計工作。法國工藝美學高等學院並設有一個專業專門培養衛生陶瓷的設計人員、學習時間為2年，過去5年期間，每年培養15個設計人員。要求畢業的學生在設計時能從造型美觀、使用方便、便於生產、經濟幾個角度綜合考慮。

產品和配件配套生產，從整個衛生間出發。標準牌衛生洁具就是配套生產的。日本以生產出口衛生器為主的東洋陶瓷廠有自己的配件車間和玻璃纖維增強塑料車間。

在衛生陶瓷制品方面存在着兩個問題：體重問題和顏色問題。

在體重方面，要求減輕衛生設備陶瓷制品的重量，而不降低強度。設法減少壁厚，並同時增加陶瓷制品的強度和改善它的形式和結構，就可以作到這一點。在減輕衛生設備的重量方面，塑料是一種較好的材料，然而塑料的其它性能還不能和陶瓷相比。但是可以採用塑料來作配件，以提高質量和減輕制品的自重。例如，採用塑料作水箱、龍頭、大便器蓋等。

在色彩方面，彩色制品的比重日益增加、美國所生產的衛生陶瓷制品中有40%是有色制品。美國一家陶瓷公司生產7種顏色的衛生陶

瓷，其中最受歡迎的為玫瑰色、其次為淺褐色、綠色、藍色、灰色、黃色和紅色，這家公司認為發展趨向是使衛生設備的顏色和飾面磚的顏色相調和，但是沒有必要完全一致。

為了適應一般住戶的需要北歐一些國家有簡易浴盆，一物多用，可以淋浴、坐浴、洗衣服和作婦女洗滌器，用水也比較節省。

美國和西歐的一些國家從1951年起開始生產玻璃纖維增強塑料浴盆，日本從1958年也開始生產。所採用的樹脂有丙烯酸、聚脂樹脂、聚酰胺、酚醛、三聚氰胺等。塑料浴盆體輕，具有一定耐腐蝕、抗鹼性能、導熱性低、保溫、表面光滑、易於保持清潔。這類浴盆產量不大。最廣泛採用的還是搪瓷浴盆。

3. 陶 管

蘇聯生產陶管的規格：內徑為125, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 550, 600毫米，長度為800, 1,000, 1,200毫米。

美國生產陶瓷的規格：內徑為100, 150, 200, 250, 300, 375, 450, 525, 600, 675, 750, 825, 900毫米，長度為600, 750, 900, 1,200, 1,500毫米。

德意志民主共和國生產陶管的規格：內徑為50, 75, 100, 125, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1,000毫米，長度600, 750, 1,000毫米。

陶管主要用於工業廢水的排水管道，都市下水管道，浸蝕性地下水的排水管，日本還採用陶管作農田暗渠的排水，美國採用陶管作處理放射性物質廢料的容器。在日本和美國，大型陶管的生產由於受到鋼筋混凝土的影響，發展受到限制。

蘇聯採用小口徑陶瓷管生產牆板和牆砌塊，在預制工廠生產，用馬賽克飾面。這種砌塊和板材具有較好的隔熱隔音性能，在蘇聯的斯大林斯克已經用陶管作的牆板修建了一些四層樓的房屋。

生产工艺和生产設備

1. 原料問題

原料、选矿及加工。在原料方面，由于对优质高岭土、长石等宝贵原料的强力开采，这些原料日益减少，許多国家都在寻找代用材料。意大利是个陶瓷原料缺乏的国家，采用制磚的粘土生产飾面磚，素燒和釉燒溫度都在 1000°C 以下，苏联也在試驗用地方性粘土生产面磚。素燒溫度为 $950\sim 970^{\circ}\text{C}$ 、釉燒溫度为 $970\sim 1000^{\circ}\text{C}$ 。苏联建筑陶瓷科学研究院正在研究制备无鉛无錫的易熔釉。在卫生陶瓷方面苏联建筑陶瓷研究院正在研究新配方代替傳統（含有大量高岭土、长石等材料，需要在高溫下焙燒）的配方。在半瓷质坯料中加入霞石——正长岩和鋰輝石，可以大大的减少高岭土的使用量和完全不采用正长石，使制品的焙燒溫度降低，从而加速卫生陶瓷的生产过程，使現有企业增产 $15\sim 17\%$ 。捷克、匈牙利、波兰、英国、法国、日本、澳大利亚和新西兰等采用长石砂、細晶岩、变质花崗岩（包括响岩、流紋岩等）。美国、加拿大除了用长石砂、細晶岩以外，还采用霞石、藍晶石和白崗岩。

在选矿方面除了采用磁力选矿法、浮选法外，还采用电选法、气体处理法和超声波选矿。

原料生产趋向于专业化生产，很多国家都有原料工厂。捷克斯洛伐克、德意志民主共和国、西德、美国的陶瓷原料的生产是专业化的。日本的窑业原料也是由專門工厂生产的。原料工厂对原料进行开采加工后分別供給陶瓷、玻璃、琺瑯等工厂。苏联对原料問題非常重视，先后开过几次會議專門討論原料問題，目前也在走向专业化生产。

修建高效率的原料工厂具有非常重大的意义。原料的加工与精选和建筑卫生陶瓷的生产在工艺上有很大的区别。和专业工厂相比，陶瓷工厂經營这些項目是用費多、成效少，增加設備和从业人員。根据苏联的計算，在采矿地区加工原料，可以节省原料运输費用 $25\sim 30\%$ ，原料加工費用 30% ，陶瓷工厂总共可以节省原料費用 20% ，集中地供应磨細的原料可以大大的减少原料加工設備，同时使矿产得到充分的綜合利用。此外，原料加工工厂供給陶瓷企业規格划一的粉料可以提高产品的质量和数量。

在建筑卫生陶瓷工业中最广泛采用的是各种类型的球磨机。用球磨机磨細石英、长石和碎瓷等硬质材料。球磨机分为連續作用和間歇作用的。連續作用的球磨机可以采用非循环系統和循环系統。最常采用的是带循环系統的連續球磨机。干磨时用斗式提升机送入篩或空气分离器中进行篩分或者用气动輸送設備輸送，空气分离器分离；湿磨时，采用水力分离器分离。

錐形球磨机是一种特殊形式的球磨机，主要在陶瓷工厂和原料加工工厂中磨細石英、长石、偉晶岩等材料。它是由以下几部分组成：装料空心軸头、圓柱体部分、圓錐体部分、卸料空心軸头。錐形磨具有最良好的磨細条件，大的球体聚集在圓柱体部分，小的球体聚集在接近卸料軸头的圓錐体部分。經過粗碎的物料进入磨机中时受到大球体的大冲击力的作用变成較細的顆粒，进入圓錐体部分受到小球体的研磨。圓柱体部分大球体的冲击力为圓錐体部分的小球体的20多倍，而小球体的比表面却为大球体的4倍多。

管式磨和一般球磨机的区别仅在于其长度和直徑之比較大，为 $3\sim 6$ 倍。在管式球磨机中，磨細的过程增加了。因此，更能均匀地磨

細材料。大直徑的管式磨功效很大，在水泥工業和陶瓷原料工廠中獲得廣泛的應用。管式磨分為多室的和單室的，前者的長度一般為10～15米，用於水泥工業；後者的長度一般為4～6.6米，用於陶瓷工業。陶瓷工業不採用多室管式磨的原因是因為多室管式磨要採用鋼鉄分離格架，磨損的鉄粉會污染陶瓷原料，而採用瓷質格架在技術上有許多困難。

採用帶循環系統的輥軸磨磨細粘土、高嶺土、白堊等軟質材料。

振動磨、噴射磨主要用於材料超細磨，滿足某些特种陶瓷生產的需要。

2. 成 形

面磚的成形 一般採用兩種方法：

(1) **澆注法**：意大利、法國、西德等國家的某些工廠採用澆注法生產面磚。

這種生產工藝的特點是面磚在多孔的耐火粘土的墊板上澆注。面磚在墊板中成形、干燥和焙燒。因為面磚坯體一直置放在墊板中直到焙燒完畢，面磚具有最終的物理強度為止，所以未焙燒狀態下的面磚強度可能是很低的，在坯體中可以完全不摻加塑性材料。所採用的原料為：碎玻璃10～40%；長石0～20%；滑石0～6%；石英砂20～30%；碎瓷或吸水率在20%以下的燒粉；高嶺土5～10%、塑性粘土0～1%。澆注法的生產過程如下：墊板置放在傳送帶上，通過四個漏斗的下邊，分別進行自動的上脫模劑、注漿、上釉底料、上釉。然後通過兩組切割機，將面磚切成規定的尺寸。再由傳送帶送入隧道式干燥窖干燥。最後送入電氣隧道窖中焙燒，焙燒溫度為1000～1050℃。

採用澆注法生產面磚具有很多優點：製品在墊板中澆注、干燥和焙燒可以省去許多工序如濕磨坯料的壓濾、壓濾泥餅的干燥和磨細，面磚的干壓、裝匣鉢或裝格子架、素燒、素燒面磚的分類。此外，還有一個重要的優點，就是制成的面磚表面平整，沒有變形，可以制成任意的厚度，一般為3～3.5毫米厚，但可以将厚度降

低到1毫米，這對制造馬賽克有很大的意義。根據以上幾個國家的經驗採用澆注法生產面磚可以完全自動化、機械化。產量相等的工廠，採用澆注法可以减少生產廠房面積1/2到3/4，從而大大的降低了基本建設費用，生產面磚的成本也比普通方法低25～40%。

蘇聯建築陶瓷研究院近年來在這方面作了不少研究工作。該院根據研究結果，對於壓和澆注兩種方法作了如下的比較：

指 標	干壓法	澆注法
工藝循環時間（小時）	100～120	1～1.5
基建投資（盧布）		
按每平米面磚計算	1.6～1.8	1
按年產20萬平米面磚的車間	300,000～360,000	190,000～200,000
計 算		

生產每平米面磚所需的勞動力（工時）	1.5	0.65
每平米面磚的原料消耗量（公斤）	8～10	4～5
燃料消耗（公斤/平米）	11.4	3.8
每平米面磚的成本（盧布）	2～2.2	0.8～1

從經濟分析上來看，採用澆注法生產面磚是很有利的。蘇聯除了計劃採用澆注法生產面磚外，還準備採用澆注法生產地磚。目前已設計完畢，正在制造年產量為17萬平米地磚的全盤自動化澆注設備。最近將在陶瓷工業中推廣生產地毯式花紋小瓷磚和面磚的澆注傳送設備。正在設計生產釉面磚的自動化流水作業綫，它的生產能力為25萬平米。

(2) **干壓法**：採用干壓法制备面磚，坯料的制备是個重要的環節。一般採用干法和濕法制备坯料。

濕法制备坯料在英國、意大利、比利時、捷克斯洛伐克等國家仍舊有採用壓濾機的。

採用壓濾机制备原料，工序繁雜，產量不高，同時不能進行連續作業。因此，各國都在尋找連續的脫水方法。目前已開始應用和研究的有如下幾種：

1. 滾筒式料漿脫水机。滾筒脫水机由兩個相對緩慢轉動的圓筒組成，從筒的内部用蒸汽加熱。滾筒裝在帶有攪拌机的槽下，料漿不斷的

通过槽中落到滚筒的外表面被烘干，烘干的料浆被刮刀从滚筒上刮下来，由螺旋运转机将它运走。

利用这种装置可以将湿度为34~36%的料浆烘干到所需湿度（8~10%）。上述设备的优点是：操作简单、尺寸较小，不需要设置除尘装置，热消耗量低，烘干一公斤水只需要750~900千卡，或者说，只需要1.2~1.5公斤蒸汽。

2. 真空过滤机。各国都在用真空过滤机进行连续脱水，但是它有一个极限，只能将45~55%的料浆干燥到23~24%，不能直接用于压制面砖。为了使压制的坯料具有7~8%的水份，苏联曾经将真空过滤机和干燥泥饼的机械配合成一个组合机械进行研究。

3. 陶瓷坯料的塑化制备方法。意大利克莱依帕乌尔公司采用这种方法的特点是先拌制一定浓度的料浆，然后掺加聚凝剂使其聚凝，而在不采用压滤机的条件下有效地制备塑性成形或干法成形用的坯料。

克莱依帕乌尔公司采用人工制备的碳酸钙作聚凝剂。为了查明在工业中采用这种方法制备陶瓷坯料是否可能和合算，进行了专门的试验。试验时，制备精陶面砖坯料的过程和普通方法没有差异。只是在球磨中进行湿磨时，掺加稀释坯料用的电解质，从而降低了坯料中的含水量。然后，不采用压滤机脱水，而往料浆掺加聚凝剂。采用塑性成形或干压法（坯料湿度为6%）制造150×50，150×150毫米的面砖。用一个不大的螺旋搅拌机制备料浆，采用

上釉用的喷雾器，将聚凝剂或塑化剂加入搅拌机中。

试验表明，用容重1750~1900克/升的料浆制出的坯料质量较好，而采用1800~1850克/升料浆制得的坯料质量最好。

塑化坯体干燥后的抗弯强度比用普通方法制备的坯体强度高。用塑化坯料制成的试品和一般制品在焙烧性能上没有什么差别。焙烧时没有发现变形和裂缝。焙烧过的样品吸水率稍低，具有较高的耐冲击强度，进行压蒸试验也完全令人满意。此外采用这种方法还可以有效地从料浆中除铁以及除去有机和无机杂质。据称：该公司采用的阿别索尔巴制剂是最有效的聚凝剂，但是成份不详。

在德意志民主共和国5060号专刊中也介绍了同样的方法，所采用的聚凝剂为 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ， CaCO_3 和 SiO_2 。

根据苏联资料的介绍，采用水玻璃、苛性钠作电解质；采用石灰乳作聚凝剂。

4. 喷雾干燥，这种方法应用比较普遍，目前在德意志民主共和国、捷克斯洛伐克、英、美、法都有工厂采取这种方法。除了干燥一般面砖原料外，还可以干燥工业陶瓷原料碳化硅等。

喷雾的方法一般有两种：离心喷射装置和高压喷射装置。下面介绍几个国家面砖工厂中的喷雾干燥器的技术经济指标：1. 捷克斯洛伐克的库尔拉、勃尔日查工厂；2. 西德的曼仙原料制备喷雾公司；3. 美国的尼古拉公司；4. 法国萨里埃格门斯陶瓷厂。

喷雾干燥方法的优点很多，如热值利用系

干 燥 器		1	2	3	4
热 介 质		烟道气-空气	小 蒸 汽	烟 道 气	热 气 体
生 产 量	吨/小时	0.39	0.106	1.0	0.96
最初湿度	%	54	66.7	45	46
最终湿度	%	7~10	1.4~1.7	10	7~8
单位热耗	卡/公斤-水	1,290	1,000	860	960
单位电耗	瓩/公斤-水	0.123	—	0.09	0.021
单位热耗	卡/吨-干燥物质	1,229,000	660,000	546,000	680,000
单位电耗	瓩/吨-干燥物质	117~0	—	31.5	14.8

数高，设备的修建和折旧费用低，只需要一个工人看管，生产成本低等。

苏联建筑陶瓷科学研究所曾对采用各种方法制备坯料作了如下的经济比较。

干燥每吨面砖坯料的费用（卢布）：

真空过滤	5.5
压 滤	5.0
电 泳	4.7
塑 化 法	3.43
滚筒式料浆脱水	3.16
喷雾干燥	3.15

采用喷雾干燥法制备原料费用最少，工序最省，干燥后的粉料可以直接用于压制面砖，而采用真空过滤、压滤、电泳、塑化等方法将料浆脱水后，还要进行干燥、磨细和筛分等工序。同时，还应指出，采用喷雾法制备的坯料的湿度和粒度均匀，从而大大的提高了产品的质量，降低了废品率。因此喷雾干燥法是今后湿法制备坯料的主要途径。

干法制备，美国主要采用干法制备坯料，西德也有部分工厂采用干法。美国广泛采用粉状原料，象高岭土、粘土、长石、石英等原料都是每50公斤装成一个纸袋提供给陶瓷工厂。原料工厂所提供的原料颗粒度大部分是通过6400孔筛，而筛余残渣，不大于0.5至1.0%。所提供的原料都附有说明书，以介绍其固定的规格，并经常加以补充，表示出通常原料的分析和性能的规格，以便于工厂根据需要加以选购。

由于原料的颗粒度较小，在相应的拌合机中搅拌即可。

美国不久前投入生产的魏斯捷尔面砖工厂就是采用干法制备坯料的。该厂有一个制备坯料的自动化车间，采用粉状原料。自动化系统由4个自动工序联合组成：1.原料装卸自动化；2.厂内输送自动化；3.配料自动化；4.混料自动化。四个工序可以联动或不联动。卸料自动化可以与厂内自动输送系统连接起来，以便采用同一个空气输送设备。真空输送系统由严密连接的真空机、输送管道和压力机组成。

原料库装有存料指示器，以便在满仓前，能自动使原料流入另一原料库。原料出库后，在混料前进行自动过秤（每批为15公斤）。混料装置分拌料机与混料机两部分。拌料机不是密闭的，因此在拌料前，原料须略加湿润，以免粉尘飞扬过多，并可增加拌料的密度。原料在混料机中一面混和一面加水。从混料机中出来的混合料须经过粉碎、过筛、再送入坯料槽中暂存，需要时则送往压砖机加压，制成砖坯。

采用干法制造坯料、简单、迅速、经济。有些国家如英国、西德虽然也采用粉状原料，但部分工厂却是采用湿法制备坯料，认为湿法制备的坯料质量好。至于到底采用那一种方法适宜，国外意见也有分歧。

在成形方面，采用高效率的压砖机。西德道尔斯特公司生产（采用风动设备控制的）自动压力机、产量为4000~5000块/小时；自动化按尺寸分级机，产量3000块/小时；自动化磨光和校正机，产量8000~10000块/小时（150×150毫米，允许偏差±0.5毫米）。

西德莱因斯公司制造压制面砖的水压机，加压均匀，可以保证面砖压制的质量均匀。其规格指标如下：

最大压力	160	350	400	500	800
在一个压模上压制面砖的数量					
150×150毫米 块	2	4	4	4	9
100×100毫米 块	4	9	9	9	16
生产面砖的最大尺寸 毫米	250	380	380	380	500
生产量（每分钟压制的次数与坯料的性能有关）	7—10	7—10	7—10	7—10	5—8

这种压砖机可以完全自动化操作，也可以改变用手工操纵。

意大利依莫拿公司的摩擦压力机每小时生产3000块面砖。英里加公司压制马赛克的水压机，每分钟压10次，每次压20×20的马赛克108块。

苏联哈尔科夫设计局设计的“红十月”工厂制造的自动水压机产量为9000块/小时（100×100）、4000块（150×150）/小时，每次压150×150 4块；100×100 9块。

法国采用按顏色对飾面磚进行分級的自动装置，每小时2000块，用比色法分級着色陶瓷制品較目視分級精确。

苏联規定在七年計劃中将設計和生产高效率的压磚机、清扫机、磨光和校正机、分級机，使生产过程自动化、机械化。

(3)卫生陶瓷的成形 为了适合建筑工业发展的需要，苏联、捷克斯洛伐克、芬兰、美国、英、法、瑞典等国的个别工厂或部分工厂已采用澆注傳送設備生产卫生洁具。羅馬尼亚由于建筑发展的大量需要，决定在布加勒斯特近郊修建新型的卫生陶瓷厂，已和英国、西德签订合同进口生产洗臉盆和便器的傳送設備，預計在1963年投入生产。日本最近也已有人提出要采用澆注傳送設備生产卫生洁具。

澆注傳送式設備有以下几种：1.小車式，如苏联基洛夫工厂；2.格架式，如苏联的罗伯年工厂；3.搖籃式，如捷克的茲罗依莫工厂；4.輥道式，如芬兰的阿拉別依工厂。

基洛夫工厂和茲罗依莫工厂的产量都不大，但是可以減輕工人的繁重体力劳动。輥道式傳送設備比較完善，在国外获得比較广泛的应用。它的优点是使用方便，金屬用量小。在設備的結構上不需要經過复杂的变动，就可以改变生产的品种，而最主要的則是大大的提高了劳动生产率，节省了生产面积。芬兰阿拉別依工厂采用輥道式傳送設備，每人每班的生产量为24~26件，生产过程包括制品的成形、修整，模型的干燥。苏联在研究芬兰阿拉別依工厂經驗的基础上設計了几种輥道式傳送設備。

苏联建筑陶瓷科学研究所工业設計局設計的生产大便器傳送設備平均每人每天生产19件。生产过程包括制品的澆注、修飾、风干、修整、干燥、模型的干燥等一系列过程。

哈尔科夫設計局設計的澆注大便器的OM-461型傳送設備的年产量为14万件，傳送設備每6分钟移动一次，如每分钟移动一次，适当的延长傳送設備可以将年产量提高到180000件，工人数为9人。

該設計局还設計有澆注洗面器的OM-462

型傳送設備，其年产量为140,000件，每6分钟移动一次由5个工人操作。

目前，这些設備都在安装和試驗生产阶段。62年又在制造年产量为25万件的澆注傳送帶。

在苏联、捷克斯洛伐克、美国已采用制造石膏模型的傳送帶。苏联的OM-480型輥道式傳送設備的經济技术指标如下：

每班生产	
便器模型	20
洗面器模型	30
傳送設備的間隔移动時間	5.34分
总額定效率	3.7旺
操作工人	4人

石膏模型有强度低、表面起粉，不耐久等缺点。因此，国外已在寻求代替它的材料。目前在这方面比較有成效的代用材料有（一）鎂石水泥；2.多孔金屬模型；3.塑料模型。但是这些材料要用来制造卫生洁具的模型，無論从工艺上，或是成本上还存在許多問題。

苏联建筑陶瓷研究所試驗在石膏中加入碳鹽胺树脂（在10%以下）和硫酸后据称可以提高石膏模型的力学强度50%，同时不破坏其吸水性能。

3. 干 燥

国外最广泛采用的是隧道式干燥室。捷克斯洛伐克、德意志民主共和国、英、美、法等国家的很多工厂都采用这种干燥設施。它和隧道窑連在一起，有些制品可以装在窑車上进行干燥，干燥完毕后就送入隧道窑中焙燒。利用隧道窑冷却带的余热作为热介质干燥制品。这样不仅便于連續作业，而且还可以节省用单独干燥室所需的燒料和費用。

紅外線干燥的应用范围很广，近年来已逐步被用来干燥陶瓷。有人认为：紅外線照射特別适用于陶瓷的干燥，因为紅外線的波长能渗入陶瓷制品，从而使其从內向外干燥，也有人

持不同的見解，认为坯料中的水膜对紅外綫的吸收力很强以及坯料中的无数分子的折射不可能使紅外綫通过，因而紅外綫干燥也是一种表面干燥。

国外陶瓷厂采用的紅外綫能源有紅外綫灯泡、电热紅外綫发生器、煤气紅外綫发生器。設備有隧道式、室式和傳送带式。

从目前使用情况看，采用它干燥面磚、日用瓷器等薄壁小形制品，干燥的质量較好，速度也快，一般只要几分钟或十几分钟。但用紅外綫干燥坐式大便器需12小时，蹲式大便器需7小时。因此，壁厚、形状复杂的大型制品，在采用紅外綫干燥前，无论是从生产技术上或是經濟上都要进一步探討。

法国采用电热干燥陶瓷面磚，干燥的成本很低，据法国陶瓷协会計算，一块100×100毫米的面磚干燥費用只有0.24法郎（折合人民币不到一厘錢），干燥速度快，一座底面积2×1.40米的干燥器每小时能干燥1000块面磚，更重要的是这种加热方法能大大的提高劳动生产率，促进干燥操作的完全自动化。

因此，即使在沒有或缺少石油和天然气資源的国家也都走煤气化的道路，人造煤气可以采用廉价的劣质煤，回收煤中的各种宝贵的化工原料，实行煤的綜合利用。

在英国陶瓷生产中，液体燃料气体燃料和电的比重是逐年增加的。

英国焙燒瓷器所用的燃料的种类和百分比：

1938 素瓷 彩色瓷 裝飾瓷 1958 素瓷 彩色瓷 裝飾瓷

煤	90	82	80	22	7	2
煤气	10	18	5	54	53	44
电	—	—	15	10	12	54
油				14	28	0

英国本国不产石油，須从中近东进口，也不产天然煤气，采用发生煤气。

英国陶瓷工业在1960年消耗液体燃料为12万吨，为1948年的5倍，卫生陶瓷工业中有17座隧道窑、陶瓷面磚工业中有12个隧道窑燃用

液体燃料，此外，生产陶管的38个間隙窑、生产电瓷的20座間歇窑和6座隧道窑，以及生产磚的14座輪窑和6座隧道窑燃用液体燃料。根据英国的經驗，采用液体燃料代替煤焙燒間歇窑可以提高热效率50%。在隧道窑中采用液体燃料可以減輕窑炉工人的工作，减少基本建設投資（不需要修建煤气发生炉）和改善产品的质量。在輪窑中采用液体燃料，可以减少热消耗、减少劳动費用；提高窑炉的产量和增加1級品的数量。

日本陶瓷工业采用燃料的情况近年来有很大的改变。战前以煤和木材为主。

战后，重油的比重增长很多，日本是一个缺乏燃料的国家，煤和液体燃料都要进口。但是，采用重油和煤比較起来还是采用前者更为有利。

根据日本的經驗，重油和煤比較有以下的优点：

1. 重油的单位发热量大，容易产生高温；
2. 重油品质划一，易于进行均匀的燒成；
3. 重油是流体，可以采用机械吸取，节约搬运和燒火的人工費用；
4. 可以根据需要进行自动調节；
5. 重油的入庫和保管简单、貯藏的地方不需要很大，所需的費用很少；
6. 可以采用輸油管运输，采用燃燒器燃燒，所以工厂能保持整洁；
7. 燃燒重油，操作简单，不需要高度熟练的操作技巧。

采用重油燒隧道窑有更多的好处。隧道窑的特点是节约燃料、人力、燒成均匀，能长時間的进行运转。所以隧道窑要采用均匀的液体燃料、气体燃料或是电热。隧道窑不可能直接燃燒煤，必須將煤先发生成煤气，需要采用发生炉，从而增加了基本建設費用、折旧費用等。根据計算，在日本使用重油与煤的費用比較約为1:1.42。

日本隧道窑的发展和采用重油有密切的关系。1953年日本的隧道窑数量为52座，58年为200多座，在修建隧道窑中絕大部分都是适用

于中小型企业的小型隧道窑。在这个期间内，日本陶瓷工业采用重油的数量增长很快，如以1952年重油使用量为100，则1958年为530，如以1952年煤的消费量为100，则1958年为90。近年来日本开始采用丙丁烷和电。丙丁烷是石油加工的产品—气体燃料，热值很高（11,000卡/立米）。

法国陶瓷工业中燃用重油煤气、丙丁烷、天然气和电。

将丙丁烷液化后进行输送，丙丁烷采用逐渐普遍，有两座焙烧精陶制品的德来斯顿隧道窑采用丙丁烷代替发生炉煤气后，日产量由250吨增加到350吨。

在细瓷工业中，有60座1.5~2立米的间歇窑燃用丙丁烷。焙烧的制品种类有精陶，餐具、电瓷。根据制品的温度在1090~1410°C之间，焙烧时间11~15小时，自然冷却12~8小时，装卸窑1小时，总共20~28小时。燃料消耗量为2560~6050卡/公斤。制品的质量提高，废品的数量下降，在某些工厂中完全消除了废品。

天然气含热量很高，在陶瓷工业中应用比重油更好，只要用变压设备就可以将天然气用到陶瓷窑炉上，设备比利用重油更省。

苏联准备最近两三年内，在陶瓷工业中广泛推广天然气。

天然气的资源和输送是个重要的问题，各国都在寻找天然气的资源。苏联修建了远距离的天然气输送管，帝国主义为对国外资源进行掠夺采取了各种方式，如美国最近在敷设从加拿大输入天然气的远程干管、法国正积极准备把北非的天然气跨过地中海输入本土。现在天然气的液化问题已经解决，虽然可以采用船只车辆运输，但还存在着运输问题，随着问题的逐步的解决，将更促进天然气应用范围的扩大。

电是陶瓷工业中最理想的燃料，采用电焙烧，单位耗热量少，能够准确的控制升降温曲线、焙烧均匀，气氛纯洁，特别适应于釉烧和焙烧彩色制品。因此，不仅许多水力发电比较

丰富的国家如法国、意大利、瑞典、瑞士、美国，就是象采用火力发电的国家如英国、西德、德意志民主共和国也都逐渐采用电来焙烧陶瓷制品。

美国的天然气、液体燃料、电力都比较丰富，因此在有气的地方烧气、有油的地方烧油，有电的地方用电。

在陶瓷工业中采用燃料的趋势是液体燃料，天然气和电的比重逐渐增加，煤的比重逐渐减少，并且用煤制造煤气的比重逐渐增长。

窑炉焙烧是生产工艺的基础，它对生产工艺的先进和落后起着决定性的作用。隧道窑近年来在国外获得广泛的应用。

苏联建筑陶瓷工业中隧道窑的增长和在隧道窑中焙烧制品的变化情况如下：

隧道窑的数量	1940	1950	1955	1958	1959	1960
	2	5	47	59	62	68
在隧道窑中焙烧制品的比重（以%计）						
面砖	—	—	87	95	97	
陶管	—	—	43	46	50	54
地砖	—	14	49	57	60	61
卫生制品	25	35	43	56	56	72

捷克斯洛伐克1945年的隧道窑为27座（其中焙烧面砖的12座，焙烧卫生制品的4座）60年为57座（其中焙烧面砖的16座，焙烧卫生制品的6座），65年计划为160座（其中焙烧面砖的34座，焙烧卫生制品的11座）。

日本1938年为23座，1953年为52座，1958年为200多座。最近三、四年来又有增加。

战后英国对工厂进行改建，大部分的间歇窑被各种各样的隧道窑所代替。

在焙烧建筑卫生陶瓷的隧道窑中最有发展前途的是马弗型隧道窑和电气隧道窑。明火焰隧道窑有一个明显的缺点，火焰和烟道窑与产品直接接触，需要匣钵焙烧，同时只能生产质量不高的白色制品，要生产高质量的彩色制品是有困难的。马弗型隧道窑有着专门的燃烧室，焙烧气氛纯洁、温度均匀，无论是素烧或釉烧都不需要采用匣钵，能生产各种彩色面砖和卫

生制品，廢品率也低。

电气隧道窑除了具备上述优点外，还具备其它许多优点：很容易达到必要的温度、热消耗量低，如用明火隧道窑焙烧面磚每公斤制品的热耗量为5,000~6,000卡，用馬弗型隧道窑为10,000~12,000卡，而用电气隧道窑只需2,500~4,000卡。

在二次大战以后，各国都在修建先进馬弗型隧道窑和电气隧道窑。

捷克斯洛伐克采用馬弗型隧道窑和电气隧道窑焙烧面磚（彩色的和白色的）。美国、比利时、德意志民主共和国、匈牙利的釉面磚、特别是彩色面磚大部分都是在馬弗窑或电窑中焙烧，卫生制品也是在馬弗窑中焙烧。在窑中成一层、二层或三层装料。

意大利的许多陶瓷工厂都装备有现代化的馬弗窑和电气窑。仅一家热工设备制造公司——謝郁公司就生产陶瓷工业用的20多种形式和结构的隧道窑。

沙树奥罗市一家陶瓷工厂生产带色的釉面磚（易熔粘土坯体），在采用燃烧重油的双通道馬弗窑中素烧，在三通道馬弗窑釉烧。

米兰市的郁陶瓷公司生产质量优良的馬賽克面磚（有40%出口），在电气隧道窑中一次烧成，焙烧温度1000°C。

奇偉达——加斯捷拉市的一家生产精陶卫生制品的陶瓷厂采用68米长（截面0.8×1）的电气隧道窑焙烧制品。二次烧成，窑炉一个星期进行素烧，另一个星期进行釉烧。窑車分二层装料。素烧温度900°C，釉烧温度1250°C。这座窑8年来未进行过大修。

馬格康脱列陶瓷公司是生产日用瓷器的，采用36米长的双通道电气隧道窑焙烧制品；一个通道素烧；一个通道釉烧，素烧温度900°C、釉烧温度1100°C。素烧的廢品率6%，釉烧为2~3%。焙烧的制品质量优良。

英国在二次大战后修建了许多馬弗型隧道窑，从通道截面250×250毫米的小窑到2.4×1.5的长100米的大窑，用来焙烧面磚、卫生器及其它陶瓷制品。

近年来各国修建了许多电窑。

英国修建的电窑类型如下：

隧道窑——連續窑

1. 直綫单通道隧道窑，用来烧裝飾瓷、彩色瓷、素瓷；

2. “夹心式”窑，这种窑的通道宽度大于高度，加热元件装在窑頂，有时装在窑車板上，車上的加热元件利用滑动接触，与車底下的軌道相連，这样設計是为了减少窑頂和窑底間的温差；

3. 直綫双軌隧道窑，在直接采用燃料焙烧的隧道窑內，大量空气和燃烧气体与窑車成相反方向移动，結果从冷却带得到的热回收，用以預热空气或器皿。但是在电窑內空气的移动仅仅是为了冷却和通风的目的，因而热的回收是有限的。而在双軌电窑中，两列窑車成相反方向移动，从冷却窑車上放出的热能，可以預热另一列窑車上的制品；

4. 多通道隧道窑有4、12、24通道，相邻的通道中的制品成相反方向运行，热的回收較好，燃料費用較低；

5. 傳送带式窑，这种窑已成功地用于焙烧彩色瓷，但傳送带的寿命較短，一般仅4~12个月，載荷仅限于5磅/立方尺。焙烧温度較低；

6. “活动杆”或隧道窑，制品放在焙烧热上，采用活动杆将带制品的热从制品架上取下送入窑中，并向前推进；

7. 圓形隧道窑，这种窑的优点是占地面积小，例如一个要求工作空間为35呎×30呎的圓形窑等于一座工作空間为70呎×15呎的直綫型窑，在圓形隧道窑內，器皿用一种环状台座輸送，台座由底下的齿輪旋轉。

間歇窑：

1. “盒子式”电窑，为装有电阻元件的簡單磚房；

2. “卡車式”电窑，制品装在单独的窑車上送入窑中焙烧，然后取出；

3. “高帽式”窑制品放在固定的地方，高帽窑可以移动，将它罩在制品上加热。这种窑

可以燒素瓷、彩色瓷或者一次燒成的衛生瓷，用自動程序控制達到所要求的焙燒周期，溫度分布均勻，溫差不超過 $\pm 10^{\circ}\text{C}$ ，是焙燒彩色瓷的好方法，每天可以生產90~95件衛生器。

電氣間歇窯有着一般間隙窯所通有的缺點——熱耗損大，但是它節省占地面積、投資少、清潔、適用於簡單的自動操作。因此在一定條件下還是可以採用的。

德意志民主共和國生產0.15平方米的小截面電窯，採用小型窯車。

近年來，在美國的面磚工廠中修建了素燒和釉燒面磚用的無窯車的隧道窯。這種窯有一個通道的，也有兩個通道的，長13~23米，通道的有效寬度為370~510毫米，有效高度為400~685毫米。製品裝在耐火墊板上用推杆向前推進。焙燒帶的溫度均勻，溫差不超過 $\pm 10^{\circ}\text{C}$ ，能焙燒質量優良的製品。面磚在墊板上迭成垛進行素燒，然後裝在格子架上放在墊板上進行釉燒，前者為23~28小時，後者為7.5~10.5小時。素燒每個通道每晝夜產200平米，釉燒為148平米。

多通道隧道窯是一種特殊型式的隧道窯。這種窯在捷克斯洛伐克、德意志民主共和國、西德、法國、比利時、英國、美國、意大利獲得廣泛的應用，大部分的多通道隧道窯採用電力，因為用電力容易控制焙燒過程的溫度和使焙燒過程自動化，也有採用煤氣和重油的馬弗型多通道隧道窯。

現代多通道式隧道窯一般長度為7~15米，有4、8、12、16、24、32、40、48個通道。法國一家公司認為通道的數量可以增加到56個，數量再增加時，將會引起焙燒製品控制的困難。

在多通道隧道窯中有一個專門的煙囪，用來排除製品在焙燒時析出的水分和氣體，這對焙燒上釉製品特別重要。同時採用這種通風設備，可以改善各個通道的焙燒控制，防止燃燒帶的變化。

多通道隧道窯的優點：根據焙燒製品的種類、選擇通道截面的尺寸，窯爐空間的利用系

數高，單位生產量高，窯力占地面積小；此外，通道的截面小，溫差也小，這一點對焙燒彩色釉面磚尤其重要，因為在不同的焙燒溫度下，彩色面磚的色調就不一樣，而在多通道隧道窯中，通道截面的溫差幾乎降低到最低限度。因此，製品的色彩幾乎完全是一樣，根據法國採用多通道電氣隧道窯的經驗：一級品的產量達到75%，二級品為20%。下面是各種製品在多通道式隧道窯中的焙燒周期：

薄地磚——28小時	面磚素燒——25小時
厚地磚——48小時	面磚釉燒——15小時
	瓷器素燒——25小時
瓷器的一次燒成——20小時	瓷器釉燒——15小時

多通道隧道窯的生產率（每個通道每晝夜的產量）如下：

素燒面磚380~750公斤 地磚300~500公斤

釉燒面磚300~750公斤

電力消耗量（每公斤瓦小時計）

地磚0.2~0.3 面磚素燒—0.2~0.35

在修建隧道窯方面，蘇聯有些經驗是可以作為借鑑的。

在1953~1955年投入生產的卡圖阿羅夫工廠、庫金斯基工廠、斯摩棱斯克工廠、梯比里斯工廠、沃龍涅什工廠、哈爾科夫工廠、里沃夫工廠中都修建了明火隧道窯。這些窯中的溫差大，如在卡圖阿羅夫工廠隧道的冷卻帶和熱帶的溫差各為 200°C ，面磚的廢品率，釉燒為17%，素燒為35%，質量也差。

1957年4月7日蘇聯建築報（在全蘇陶瓷工作者會議前夕）以“新工廠、舊工藝”為題發表評論，評論和介紹這些面磚工廠的情況。

在1957年4月舉行的全蘇陶瓷工作者會議上通過決議，拒絕在面磚工廠中採用國立建材設計院設計的明火隧道窯，決定在斯維爾德洛夫斯克工廠、伊爾庫茨克工廠、斯大林格勒工廠修建馬弗窯和電氣窯，用來釉燒面磚。

原蘇聯建材工業部也曾有個決定：“在現有工廠中修建電窯，用來焙燒彩色面磚並對現

有窑炉进行改建”。

1958年12月苏联建筑科学院新建筑材料研究所举办饰面陶瓷工业工作者协作会议。会议对隧道窑的结构问题非常重视，与会者认为明火隧道窑已经成为饰面陶瓷、特别是彩色饰面陶瓷进一步发展的障碍。会议最后向苏联国家建设委员会和国家计划委员会提出要求：禁止在新建的面砖工厂中修建明火隧道窑。对现有窑炉进行改建，广泛地设计和修建马弗窑、半马弗窑和电气窑。

三四年来，苏联修建了不少多通道马弗型隧道窑，如在卡图阿罗夫工厂、里查工厂、基辅工厂和里沃夫工厂修建了24通道小型马弗窑，在塔林建筑陶瓷厂的面砖车间修建了54通道的马弗窑。在这些窑中焙烧的制品质量优良。今年萨拉托夫热电设备工厂将试制焙烧面砖的16通道和32通道的电气窑。

目前各国都在改进现在窑炉的基础，逐步推广先进的无匣钵烧成、一次烧成烧成方法。苏联在部分工厂的明火隧道窑中，采用无匣钵烧成卫生器，根据苏联的经验，采用无匣钵烧成，可以增产40%。捷克斯洛伐克、苏联的部分工厂，以及日本的个别工厂也采用一次烧成法焙烧面砖。捷克斯洛伐克的经验是一次烧成的面砖在质量上和二次烧成没有差别。根据计算，一次烧成可以提高窑炉生产率60~80%。

许多国家还在研究和推广快速烧成的方法。

注：国外电窑中的电阻加热元件主要有以下几种材料：1.碳化硅元件，最高工作温度达1,450°C具有良好的抗腐蚀性能，但它的电阻随温度而变化，因此需要一定成本的控制设备；2.镍铬合金，具有良好的机械性能、电稳定性和抗腐蚀性，最高工作温度仅1,150°C；3.镍—铝—钴—铁合金，抗腐蚀性良好，最高工作温度1,300°C。

4. 陶管的生产

陶管工厂的机械化程度 美国、英国和其它国家已有许多自动化陶管工厂。

美国季克公司有7个制管工厂，其中五个是改建的，一个是完全新建的，都是高度机械化和自动化的工厂。如原料的开采和坯料的制备都是自动化的。直径100~300毫米的管子用自动化水平压机压制。管子的修正和装料也自动化。该公司最新的一个工厂中有5个自动化作业线生产300毫米以下的管子。这家工厂有压制異型配件的压力机和压制900毫米以下管子的垂直水压机。

该厂有20座间歇式干燥室，制品在长135米的隧道窑中焙烧和上盐釉。在隧道窑的前边有一个37米长的预热通道和它紧连。隧道窑的宽度3.6米，燃用天然气。窑车宽度3.6米。管子的烧成温度为1065°C。中小直径的管子在隧道窑中焙烧，大管子在间歇窑中焙烧。

欧洲大多数陶管工厂采用下列生产流程：粘土经过陈腐和除去粗杂后送入真空揉泥机。从材料中除去空气并仔细拌和。采用专门的机具将坯体切成需要的尺寸，并用传送带将坯块送到压管机上压制。一个机具可以供给几台压管机使用。压制好的管子具有足够的强度，可以进行加工。没有喇叭口的直径为600~1000毫米的管子采用机械化清理和加工。而带喇叭口的管子则采用手工加工。管子采用水压机成形，成形后的管子装在窑车上送入干燥室。管子在干燥室中由于用准确控制温度和湿度的余热干燥，废品很少。原料、坯料和制品运输也是机械化的。

近年来，苏联在新建和改建的工厂中对陶管生产的某些工序的机械化做了不少工作。陶管生产的主要工序：成形、干燥和焙烧越来越多地在现代化的设备，如真空压管机、传送式干燥器和隧道窑中进行。但是，还没有能进行自动化流水作业。在机械化作业工序中，还存在着许多手工劳动。

为了进一步减轻繁重的体力劳动，降低成本和扩大陶管的生产，正在研究生产连续化和机械化问题。而解决这个问题的途径之一是在设计新厂和在现有企业中推广不带喇叭口的陶管的生产。这主要是由于喇叭口的存在使生产

工艺、生产过程的机械化和自动化复杂起来。而生产不带喇叭口的管子可以大大地简化整个工艺流水作业线。此外，并可保证管道的接头牢固。

施工时，不带喇叭口的陶管用套管连接，陶管伸入套管以后用纸圈密缝。套管上有两个孔，将熔融的瀝青从一个孔中流入孔腔中，而通过另一个孔排出由瀝青挤出的空气。化不大的劳动就可以获得密实的接头。

新型陶瓷发展概况

现代原子能、火箭导弹、喷气和电子技术等尖端工业的迅速发展，对材料性能提出了更高更新的要求，例如轻质高强、耐高温、抗辐射、耐磨损、耐腐蚀、电绝缘、微波透性、永久磁性、半导性以及其它各种特殊性能。特种陶瓷，在很大程度上能以不同的成分、配方和结构形式来分别满足上述各方面的要求。这里所指的陶瓷已经不是一般的硅酸盐材料，而是各种硼化物、碳化物、氮化物、硅化物以及特种氧化物。因此，第二次世界大战以后，陶瓷的应用范围迅速地由日用陶瓷发展到工业陶瓷，并进而发展到尖端技术方面。

在原子能工业中

目前，广泛应用于原子能反应堆中的特种陶瓷有铀的氧化物和碳化物；钍的氧化物氧化铍、碳化硅、锆、铝、镁的氧化物、碳化物、氮化物、硼化物，以及各种稀土金属的氧化物等。使用范围包括：反应堆结构材料、核燃料元件、控制棒、屏蔽材料、减速剂，以及用于反应堆放射性废料的处理等方面。

原子能反应堆的工作温度向着高温方向发展，原来沿用的金属核燃料元件和结构材料等已不符合要求。试以铀和它的化合物的耐高温

苏联专家并指出：在生产某些大型制品时，采用复杂的自动化设备代替手工劳动，常常不能获得经济效果。因此设计人员必须和工艺工作人员密切的配合，充分地估计到生产的特点进行工作。

生产过程（原料的制备、成形、干燥、焙烧）机械化、自动化，这就是建筑卫生陶瓷生产工艺发展的趋势。

性能作比较。U的熔点 $1,133 \pm 1$ UO_2 $2,150 \pm 40$ UC_2 $3,115 \pm 65$ 。金属燃料料铀在 $700^\circ C$ 左右的热循环作用下，容易发生自身破裂和膨胀变形，从而引起石墨套筒破坏或折断，而氧化铀、碳化铀燃料元件可以避免上述缺陷，使反应堆在 $1000^\circ C$ 以上的高温下继续正常工作。高温反应堆一般是气冷式的，如果配以陶瓷结构材料，材料被侵蚀程度要比液体冷却式反应堆轻得多；同时虽然特种陶瓷在较低温度时受到射线照射会产生一些损伤，但是到了较高温度时，即可自行愈合，而其它多数材料则没有这种性能。

因此，参加日内瓦第二届国家和平利用原子能会议的各国科学家，对原子能反应堆用的陶瓷材料非常注意，甚至认为原子能反应堆材料将进入所谓“陶瓷时代”。

在火箭、导弹工业中

据报导，美国阿特拉斯导弹约由20万个构件组成，其中大部分是金属材料 and 陶瓷，特别是在超过金属材料使用界限高温下的耐热、耐蚀、耐磨、耐氧化和隔热材料以及其它电子机用的机器材料主要都是窑业制品。

火箭、导弹所用的材料特别要求能抗高

溫、抗熱沖擊和由溫差膨脹所引起的應力等。從抗高溫性能來看，絕大部分金屬在 1800°C 時都已熔化，增強塑料在長時間的高溫下也可能被焚毀或失去強度，而陶瓷在這方面比上述二者具有較大的優越性。因此，近年來國外正在發展火箭、導彈用的各種陶瓷材料，例如美國用高鋁陶瓷、耐高溫的微晶陶瓷、陶瓷蜂窩夾心結構等來製造雷達罩，用金屬陶瓷來製造液體燃料火箭的燃燒室和噴咀、火箭口的零件、天綫窗以及其它各種零件等等。

但是陶瓷的某些性能還不能符合要求，耐熱沖擊力不夠；例如在固體燃料的火箭燃燒室中，燃料燃燒時的爆炸力強、溫度高、金屬陶瓷就不能再用作燃燒室或噴咀的主要材料，如果要滿足火箭返回地面時耐超高溫的要求，金屬陶瓷還會發生氧化變形等現象。

然而，目前國外在小型或近程和中程導彈的製造中，用陶瓷作主要材料的技術和工藝正在繼續發展。由於陶瓷成本低、原料豐富便於全部機械化生產，而近程導彈由於射程短、速度慢，所要求的耐高溫的程度，陶瓷材料完全能勝任；在中程導彈方面，多用雷達操縱和發射，只有陶瓷、玻璃和塑料對雷達無影響，能保證操縱的準確性。因此，有的仍採用陶瓷。此外，中小型導彈與火箭體積小，以陶瓷作原料在工藝設備和技術上困難較少。不用雷達操縱的遠程彈道火箭，由於金屬的延性大、易於加工、目前仍以耐高溫金屬作為主要材料。

幾年來在火箭材料方面，陶瓷、耐高溫金屬、增強塑料和石墨之間互相交替地發展着，其中陶瓷在這方面的應用曾兩次被否定。首先，當宇宙火箭處於人造衛星上天階段，由於陶瓷彈性模量低，內部又存在着氣泡，在超高溫條件下氣泡劇烈膨脹、造成材料解体，因此用於火箭導彈的材料開始偏重採用增強塑料。當宇宙火箭發展到返回地面的階段，火箭的速度和通過大氣層的時間長短對材料的選擇產生了決定性影響。如果是不載人的火箭，速度可較快，通過大氣層的時間短，因而耐高溫時間不長的增強塑料尚可使用。當宇宙火箭發展到

了載人的階段，為了安全，必須降低速度，但相對地則延長了通過大氣層的時間，而增強塑料因不能長時間耐高溫，相對地失去了使用效應。在這方面某些陶瓷材料能長時間抗 3000°F 以下的高溫，而在火箭進入大氣層以前如果採用逆向噴氣法降低其速度，可以避免超高溫的產生。因此，國外最近又重新提出了用陶瓷作為返回地面的耐高溫材料。

從总的情况看來，陶瓷在製造中近程導彈方面是很有前途的。關於非宇宙空間用的近程導彈，它的飛行速度雖然不那麼高，但是它是在大氣層內部飛行，因此其頭部的耐高溫問題也是很重要的。由於導彈的頭部需用雷達來操縱，所以金屬就不適用。塑料雖然耐焚燒，但其耐高溫時間不長，因此美國的TATAR型地对空導彈是採用耐高溫陶瓷作為導彈頭與雷達罩。雖然塑料在成形工藝上比較方便，但是還是採用了陶瓷，原因如下：

1) 陶瓷在溫度升高後不會改變其電解性能；

2) 陶瓷的熱膨脹系數很低，因此能抗急冷急熱，能抗熱震，在飛行中遇到水分大的雲彩或雨點時，不發生裂紋；

3) 更重要的是陶瓷耐磨擦，能長時間耐華氏 $3,000$ 度的高溫。

但由於其成型比較費事，加上有脆性，因此只宜用於較小的導彈頭。

在航空工業中

陶瓷材料在航空工業中的應用開始於第二次世界大戰期間。航空工業是向着高溫高速高壓發展，由於噴氣式飛機的發展，對飛機的工作溫度要求在 $900^{\circ}\text{C}\sim 1400^{\circ}\text{C}$ 之間，在此高溫下，一般的合金材料不能長期使用，因而首先以金屬陶瓷代替某些用來製造噴氣發動機的葉片和其它構件。最近幾年來，還開始採用微晶陶瓷作噴氣發動機葉片和零件。

為了提高鋁合金或其它板材的使用溫度，在材料的表面上塗以陶瓷塗層；