



圖27 “麗綸”型聚酰胺擠出螺桿全圖。

些文獻所述擠出機的溫度分布情況如下：裝半成品區為 150° ，工作筒中部區域為 $200\sim 220^{\circ}$ ，在出口區域是 $205\sim 240^{\circ}$ 。螺桿與筒壁間的最

小距離不應超過 0.1 公厘。用尼隆 11 製造導線外部絕緣層（直徑 $0.05\sim 1.0$ 公厘）、管子（壁厚 $0.3\sim 4.0$ 公厘、直徑 $1.0\sim 80.0$ 公厘）、圓棒、薄膜（厚 $0.02\sim 0.3$ 公厘）、瓶子及其它器皿等時，就用這種方式來加工。

上述的一切證明要用某種聚酰胺製造質量優良的制件時，必須考慮它的特点，并按這些特点來設計設備和選擇加工條件。（下期待續）

王兆吉譯

高溫下工作之零件用碳化硅材料

由于缺少可提高碳化硅塑性的适宜結合劑，故而限制了碳化硅作為結構材料的採用。目前採用下面三種主要的結合劑：硅酸鹽、氮化硅和硅。

在碳化硅方面應用最廣的結合劑是硅酸鹽，由硅酸鹽可以製造各種用途的高級陶瓷材料。然而，這種結合劑在 $1205\sim 1510^{\circ}\text{C}$ 下開始軟化及受某些化學品作用便破裂。此外，以硅酸鹽為結合劑的碳化硅基材料具有松孔。

氮化硅是一種較好的結合劑。它在高溫下具有較高的強度，良好的抗熱衝擊性及抗某些化學品作用的穩定性。但氮化硅在較低溫度下開始軟化並且其化學穩定性比碳化硅本身低。由氮化硅製造的材料同樣有松孔，但比硅酸鹽輕。

以硅結合的碳化硅沒有松孔，在中溫時具有高的強度及良好的抗氧化性能。但硅的熔點（ 1420°C ）限制了碳化硅的應用。

多年來一直在研究使用不加結合劑的碳化硅的可能性，但這種材料的松孔相當多，其結果是強度低並且發脆。

僅用一種碳化硅製造致密的陶瓷材料的困難是碳化硅在大氣壓力下不熔化及不軟化，但在 $2200\sim 2400^{\circ}\text{C}$ 下分解。不久前曾採用在高溫及高壓下熱擠壓的方法得到了致密的碳化硅。雖然，採用這種方法可以製造出優質的陶瓷材料，但不能用來製造形狀複雜的零件，並且相

當昂貴。

近兩年來美國的碳化硅公司對於致密的不含結合劑的碳化硅材料的製造予以很大的注意，該公司不採用熱擠壓的方法而是其他的方法。結果研究出一種不含結合劑的碳化硅基的陶瓷材料 KT。陶瓷材料 KT 的性能本文有介紹。

KT 材料具有不平常的高導熱性。這種材料在高溫下的熱膨脹系數低，高溫下的强度高，具有良好的抗氧化性能，良好的化學穩定性、比重低及吸收熱中子少。

KT 材料的制件可用工業純或高純度的碳化硅粉用擠壓及隨後在高溫下燒結的方法製造。可以採用顆粒不同粉末。在燒結過程中由於晶體長大，因之制件的表面不平滑。但用研磨及拋光方法可以得到光滑致密的表面。

KT 材料內碳化硅的含量為 $95\sim 98\%$ ，主要的雜質是游离硅、游离碳、鐵和鋁。KT 材料的成分如下： $1.5\sim 4.0\%$ Si（游离的）； $0.1\sim 0.5\%$ C（游离的）， $0.05\sim 0.5\%$ Fe， $0.03\sim 0.08\%$ Al 及 $94.27\sim 98.27\%$ SiC。

如果採用純碳化硅，則 $\sim 3\%$ Si 和 0.2% C（游离的）成為唯一的雜質。

碳化硅的密度為 3.22 克/公分³，而 KT 材料的密度在 $3.0\sim 3.15$ 克/公分³範圍內。在適宜的條件下可以得到純度為 98% ，比重為理論比重 $\sim 98\%$ 的材料。由於 KT 材料的密度相當

大，所以是一种不透气的材料。按上述方法用碳化硅粉（最大顆粒度 100 篩孔）制造的外徑 7.9 公厘，內徑 4.7 公厘的薄壁管在 11 公斤/公厘² 压力（室溫）下不透过氮。

表 1 所示的 KT 材料的抗弯曲强度比室溫下工业碳化硅的抗弯曲强度大 2 倍。在高温（1480°C）下两者的弯曲强度差更大。为了进行比较，本文作者指出了以硅酸盐結合的碳化硅弯曲强度于 1300°C 下在 0.6~2.1 公斤/公厘² 范圍内变化。

目前仅在室溫下用直徑 10 公厘，長 15 公厘的圓形試样测定 KT 材料的抗压强度。抗压强度平均等于 105 公斤/公厘²。

KT 材料的彈性模数大大超过以硅酸盐或氮化硅結合的碳化硅的彈性模数，同时这种差在高温下更大。KT 材料的室溫彈性模数等

KT 材料的机械性能 表 1

性 能	25°C		1200°C		1500°C	
	大顆粒 粉 末	細粒 粉 末	大顆粒 粉 末	細粒 粉 末	大顆粒 粉 末	細粒 粉 末
弯曲强度 公斤/公厘 ²	10.5	16.9	11.2	17.5	9.1	12.6
彈性模数 公斤/公厘 ²	26770	48060	43170	43240	46890	34730

于 28120~49220 公斤/公厘²，而在 1480°C 下为 35150~45700 公斤/公厘²，但以氮化硅結合的碳化硅的彈性模数在室溫下等于 10540~14060 公斤/公厘²，而在 1480°C 下为 2110~7030 公斤/公厘²。

KT 材料在高温下的导热性超过所有其他的陶瓷材料。在 200°C 下 KT 材料的导热率等于 88 卡/公厘·小时°C。

温度升高到 1000°C 时，导热率降低到 36 卡/公厘·小时°C。随温度的提高，导热率降低的速度减慢。表 2 所列为 KT 材料、某些陶瓷材料和耐热合金的导热率。

KT 材料的热膨胀系数比大多数陶瓷材料和耐热合金为低（表 3）。良好的导热性及低和中等的热膨胀系数的結合使材料具有良好

KT 材料和其他陶瓷的导热率

卡/公厘·小时°C 表 2

材 料	温 度 °C			
	400	600	800	1000
1	2	3	4	5
碳化硅 KT	62	49.6	41.3	36.3
氧化鋁	75.9	—	—	16.5
与 Si ₃ N ₄ 結合的 SiC (Ниафракс 2960)	18.0	—	—	11.5
氧化鋁	10.8	—	—	5.1
氧化鋁	1.5	—	—	1.7
碳鋼	39.2	31.9	23.4	—
鋁	42.8	46.7	—	—
不銹鋼 (304)	17.2	19.4	—	—
因康鋁	17.6	20.5	—	—

KT 材料的热膨胀系数 表 3

温度范圍 °C	$\alpha \times 10^6$	
	細粒粉末	粗粒粉末
25~300	2.05	1.64
25~700	2.18	2.27
25~1000	2.23	2.62
25~1200	2.17	2.80

抗热冲击性能。无论是用硅酸盐或用氮化物結合的碳化硅均具有高的抗磨損强度，但新材料的抗磨强度还要高出 2~4 倍。

KT 是一种半导体材料，室溫下的比电阻等于 0.1 欧姆/公分³。可以認為粉末的純度及粉末的其他性能可以使碳化硅的电气性能产生显著的变化。

在室溫下碳化硅与大多数化学品不产生反应并具有良好的抗氧化性能。在中溫和高溫下碳化硅受某些物質，如熔融碱、鉄或氧化鉄、氧化銅和氯影响时失去稳定性。

在中溫和高溫下 KT 材料的化学稳定性比粒状碳化硅更高。

表 4 是細顆粒粉末制造的 KT 材料在各种温度下的氧化試驗結果。在 1315°C 及低于該温度时，抗氧化强度相当低。在 1400°C 下其抗氧化性能仍很低；經几个小时后由于产生氧化硅保护層其抗氧化性能提高。

根据表4可以比較一下由粗粒和細粒粉末制造的KT材料在1200°C下的抗氧化性能与以硅酸盐結合的碳化硅的抗氧化性能。表5指出了KT材料和以硅酸盐結合的碳化硅在1100°C的蒸气大气中的相对稳定性。

碳化硅在空气中的抗氧化性
(增重毫克/公分²) 表4

保持 時間 小时	粗粒粉末的 KT 材料				細粒粉末 的 KT 材 料 1200°C	与 Si ₃ N ₄ 結合 的 SiC (Низ фракс 2960) 1200°C
	1100°C	1200°C	1300°C	1400°C		
5	0.10	0.20	0.14	1.0	0.51	2.80
20	0.07	0.23	0.17	1.57	0.55	3.20
60	0.04	0.04	0.16	1.65	0.52	3.65

碳化硅在1100°C蒸气大气中的稳定性
(增重, 毫克/公分²) 表5

保持時間 小时	KT 材 材		以硅酸盐結合的 SiC (Карбофр акс 978)
	粗粒粉末	細粒粉末	
5	0.07	0.05	0.25
60	0.52	0.45	1.53
80	0.52	0.53	2.00

曾測定过KT材料在几种腐蝕介質中的稳定性。稳定性按重量的損失及按在50°C下保持七天的試样的弯曲强度測得的。試样的平均密

度为3.07克/公分³, 但这不是最大的密度。游离硅的含量为~4%, 即比平均量高1%。表6为試驗的結果。

KT材料在腐蝕剂內的稳定性 表6

腐 蝕 剂	重量的損失 %	弯曲强度的損失 %
1 份濃 HCl: 4 份水	无	6.5
1 份濃 HNO ₃ : 4 份水	无	8.8
1 份濃 H ₂ SO ₄ : 4 份水	无	5.9
1 份濃 HF: 4 份水	0.4	2.4
1 份 NaOH: 4 份水	1.5	12.4
1 份濃 HF: 4 份濃 HNO ₃	2.6	28.7

以硅酸盐或氮化硅結合的碳化硅在氢氟酸和硝酸的混合剂中产生分解。氢氟酸和硝酸的混合剂对密度高的及含游离硅較低的KT材料的有害影响較輕。試驗时未發現KT棒材的尺寸产生任何的变化。

具有上述各种綜合性能的KT材料可以用来制造受腐蝕介質作用的設備的活門, 高溫爐的热交換器, 压力鑄造机用的各种泵, 燃燒管、燃油器和原子反应堆用气冷結構零件及其他零件等。

李云盛譯自苏联“論文彙編”1957,
№4, 第5頁。

提高合金耐热性能的陶瓷材料

目前已有的陶瓷材料在1090~1370°C下均具有耐热性, 并且可以作为極薄的保护層塗到金屬上。現代航空工业中所采用的保护層, 在高溫下除必須具有化学稳定性、抗浸蝕性和机械磨損性能外, 尚須具有良好的反射热及輻射的性能, 以及抗振动負荷的性能。塗層的綫膨脹系数应符合基体金屬的綫膨脹系数。

最近研究出的塗層中氮化硼已完全达到了上述的要求。氮化硼的組織, 可借助高压和高溫由六方晶体变成立方晶体。这种晶体变化的特点是高溫稳定性良好和高的机械强度及硬度。氮化硼的性質如下。

压制材料的密度 克/公分 ³	2.1~2.15 (最大理論密度2.25)	
熔点°C	2730	
在下述温度(°C)下的比热		
0	0.197	
1000	0.297	
1400	0.372	
在下述温度(°C)範圍內 的直綫膨脹系数10 ⁻⁶ 公厘 /公厘, 度	方向1※, 方向2※	
24~349	0.59	10.15
24~704	0.89	8.06
24~982	0.77	7.51
在下述温度(°C)下的导 热系数 CC _T S	方向1	方向2
299	0.0687	0.0362