

# 目 录

## A 高温工程陶瓷

1. 复合氮化硅陶瓷刀具的研制.....江作昭 刘兆男 马德金等 ( 1 )
2. 掺加弥散相对复合 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 陶瓷刀具材料切削性能的改善  
.....江作昭 郑隆烈 王伯荣等 ( 3 )
3. 不同工艺参数和 $\text{NiO}$ 对 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 烧结的影响.....清华大学 崔国文  
美国麻省理工学院 R. L. Coble ( 5 )
4. 微粒团聚特点对烧结 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 的影响.....崔国文 ( 7 )
5. 陶瓷材料断裂韧性  $K_{Ic}$  测试方法的对比及其影响因素的分析  
.....关振铎 杜新民 ( 9 )
6. 山形切口方形劈裂试样测定陶瓷材料  $K_{Ic}$  方法的研究.....关振铎 ( 11 )
7. 山形切口劈开试样的柔度标定及测定陶瓷材料的  $K_{Ic}$  值  
.....杜新民 关振铎 ( 14 )

## B 核燃料

8. 凝胶沉淀 ( $\text{U}_{0.7}\text{Th}_{0.3}$ )  $\text{O}_2$  球形颗粒的烧结现象  
.....清华大学 徐世江 ( 16 )  
.....英国萨累大学付校长 M. B. Waidron 教授
9. 高温气冷堆燃料颗粒包覆层制备工艺研究.....田杰漠 戴遐明 张鸿浦等 ( 19 )
10. 高温气冷核反应堆燃料颗粒热解碳包覆层的结构和性能  
.....周昌炽等 ( 22 )
11. 高温气冷堆料颗粒碳化硅包覆层制备工艺研究  
.....戴遐明 杨冰 龚闻礼等 ( 25 )

## C 核反应堆结构材料

12.  $\text{Zr}-4$ 合金管的加工、组织和氢化物分布  
.....清华大学 李恒德 陈清明 ( 28 )  
.....九〇二厂 田振业 杨芳林
13.  $\text{Zr}-2$  锆-4 合金在纯氧中的氧化.....陈鹤鸣 马春来 ( 30 )
14.  $\text{Zr}-2.5\text{Nb}$ 在 $300-850^\circ\text{C}$ 纯氧中的氧化  
.....马春来 陈鹤鸣 ( 32 )
15. 钼合金与新4\*镍基合金扩散结合的中间合金相的研究  
.....孟祥提 孙培芬 曹小平等 ( 35 )
16. 钼合金及其 $\pi 11$ 钢的扩散结合.....孟祥提 曹小水 吕允文等 ( 38 )

廖  
乾  
初

17. 碲对镍基合金的影响.....张效忠 尤引娟 张纯等 ( 40 )
18. 几种材料在三元氟盐中的静态腐蚀试验.....邱学良 刘绍林等 ( 43 )
- D 核石墨研究
19. 石墨的液体浸渍和渗透性试验.....杨德统 张鸿浦 吕允文等 ( 44 )
20. 核石墨的气体浸渍研究.....朱钧口 梅红芳 郭桂菊等 ( 49 )
21. 石墨的粘接.....周昌焯 杨德统 冯加尤等 ( 53 )
22. 玻璃炭的催化石墨化试验.....吕允文 尤引娟 冯加尤等 ( 59 )
23. 作为核燃料包壳的无缝石墨夹层球的研制  
.....吕允文 李德重 张纯等 ( 63 )
24. 脉冲激光法测量核石墨 (球壳) 的热扩散率  
.....梁优彩 韩胜棠 ( 70 )
25. 核石墨 (球) 中氩的扩散系数的测定.....柯伟卿 宋崇立 ( 78 )
26. 核石墨物理力学性能测试方法的研究.....柳百析 孟祥提 ( 83 )
27. 核石墨的无损检验.....李德重 陈增光 冯加尤 ( 88 )
28. X光照相法测热解石墨沉积层的各向异性因数摘要.....王英华 ( 92 )
- E 太阳能 (光—热) 利用
29. 塑料薄膜太阳能聚光透镜的研制.....金月红 朱庄德 ( 94 )
30. 全玻璃真空集热管的黑镍选择性涂层.....殷志强 史月艳 林之为 ( 96 )
31. 真空沉积双层黑铬选择性涂层.....周邦伟 殷志强 魏志渊等 ( 99 )
- F 储能电池阴极材料
32. 石墨层间化合物研究.....田杰漠 郭桂菊 ( 102 )
33. 石墨—五氯化铈层间化合物的结构研究  
.....田杰漠 王水菊 张宝清等 ( 104 )
34. 石墨—五氯化铈层间化合物的电导率研究  
.....田杰漠 张鸿浦 张宝清等 ( 106 )
35. 石墨—五氯化铈层间化合物在有机电解质溶液中的电化学性能及其结构研  
究.....田杰漠 王水菊 罗文群等 ( 109 )
36.  $TiS_2$  的研制.....田杰漠 郭桂菊 罗文群等 ( 112 )
- G 节能贝氏体钢
37. 发展少热处理钢——新型贝氏体钢.....方鸿生 郑燕康 陈秀云等 ( 115 )
38. 低碳Fe—Mn—B钢粒状贝氏体的组织及其强韧性  
.....方鸿生 邓海金 ( 118 )
39. 粒状贝氏体组织形态、精细结构及相变  
.....方鸿生 白秉哲 赵如发 郑燕康 ( 120 )
40. 低碳合金钢中粒状贝氏体相变摘要.....方鸿生 白秉哲 ( 122 )

## 第二部分

### A 单晶硅

41. 中子嬗变掺杂单晶硅的电学性能研究.....刘开敏 孟祥提 ( 125 )

42. 单晶硅中子掺杂技术.....张达芳 徐小琳 王家英等 (128)
43. 中子掺杂氢气氛区熔单晶硅的电学性能和辐照缺陷的退火行为研究  
.....孟祥提 杜光庭 刘开敏 (131)
44. NTDs<sub>1</sub>断面电阻率的不均匀度.....赵金良 王加龙 (134)
45. 区熔NTD硅的高温退火行为.....刘继刚 张秉忠 杜光庭 (137)
46. 用DLTS研究中子嬗变掺杂硅中的电子陷阱  
.....~~北京大学~~ 吴书祥 ~~清华大学~~ 孟祥提 (140)
47. 氢气氛区熔硅单晶等时退火过程中的正电子寿命谱研究  
.....清华大学 曹必松 何元金 郁伟中 (142)
- .....中国科学院 麦振洪 崔树范

## B 液晶

48. 彩色液晶显示器.....王良御 (144)
49. 电子计算器用液晶材料分析.....王良御 (147)
50. 电色显示.....廖松生 (150)
51. 热致液晶材料分子结构和物理性质.....王良御 (152)
52. DSC对芳香酯类、苯基环己烷类液晶混合体系的研究  
.....李余增 白广美 董淑珍 (155)
53. 苯基环己烷类液晶化合物的新合成方法及混合物光电特性的研究  
.....姚乃燕 武萃伦 王良御等 (159)
54. 液晶的介电各向异性与电阻率各向异性的测量  
.....姚乃燕 张百哲 (162)
55. DSC测定液晶的相变和相变热焓.....李余增 白广美 董淑珍 (164)
56. 液晶中的正电子寿命与相变.....赵南明 曹必松 何元金等 (167)

## C 封接合金

57. 铈抑制可伐合金晶粒长大原因分析.....马莒生 唐祥云 陈南平 (168)
58. 含铈低钴瓷封合金氩弧焊可焊性的研究.....马莒生 (169)
59. Zr对Fe—Ni—Co—Cu系合金晶粒长大及性能的影响.....马莒生 (170)
60. 半导体管断腿及大功率玻管锈斑开裂的分析  
.....北京电子管厂 徐云华 许晓旭 (173)
- .....清华大学 马莒生
61. 晶粒大小对4J29合金应力腐蚀开裂性能影响的研究  
.....清华大学 马莒生 唐祥云 (174)
- .....774厂 徐云华 许晓旭

## D 功能陶瓷和功能高分子

62. 多层结构压电陶瓷变压器.....李龙土 邓维体等 (176)
63. 四方相PZT陶瓷极化后电畴在空间取向分布的测定  
.....清华大学 张孝文 夏一江 (179)
- .....北京无线电元件六厂 李成萃
64. 掺La的PbTiO<sub>3</sub>铁电陶瓷中的正电子湮没研究



- .....何元金 李龙土 郁伟中 (182)
65. 聚偏氟乙烯的热刺激电流研究 (20—150℃) .....吴嘉真 吴玉华 (185)
66. 热锻钛酸铋铁电陶瓷晶粒取向的测定.....夏一江 张孝文 周志刚 (187)
67. 热锻铁电陶瓷的组织机理  
.....夏一江 张孝文 陈少荣 周和平 张中太 周志刚 (190)

### 第三部分

#### A 纤维和复合材料

68. 单溶剂体系芳纶——1414树脂合成规律的研究  
.....周其庠 姜凯 刘德山等 (192)
69. 聚对苯二甲酰对苯二胺硫酸液晶溶液流变性能的研究  
.....周其庠 范奎城 潘智及 (196)
70. 单溶剂体系合成芳纶——1414树脂时三级胺作用机理的研究  
.....周其庠 赵安赤 王慧芬等 (199)
71. 聚对苯二甲酰对苯二胺草席晶形态的细微结构  
.....中国科学院 陈寿义 龙程奋 (202)  
.....清华大学 蔡丽英
72. 超高强度芳香聚酰胺纤维的超分子结构  
.....清华大学 蔡丽英 (206)  
.....中国科学院 陈寿义 龙程奋
73. 高特性复合材料基体的研究——新型的环氧树脂固化剂二氨基二苯基醚的  
开发.....方光贵 高万良 张超泉等 (209)

#### B 胶粘剂

74. 液体端羧基丁腈橡胶 (CTBT) 增韧环氧树脂的研究——有机液体酸酐为  
固化剂.....李永德 赵世琦 孙以实 (211)
75. 液体端羧基丁腈橡胶增韧环氧树脂作为结构材料的研究  
.....孙以实 赵世琦 张桂甲等 (213)
76. 对液体端羧基丁腈橡胶 (DTBN) 加韧环氧树脂的若干问题探讨  
.....孙以实 赵世琦 赵庆章等 (215)
77. 端羧基液体丁腈橡胶 (CTBN) 增韧环氧树脂体系的粘接性能  
.....赵世琦 王习群 林秀英 (218)
78. 用平行边开槽试件量测环氧树脂的断裂能 $V_{IC}$ 和断裂韧性 $G_{IC}$ 和 $K_{IC}$ 。  
.....赵世琦 林秀英 王习群等 (220)
79. 双酚A在环氧树脂和CTBN增韧环氧树脂中作用的研究  
.....陶德辉 赵世琦 孙以实 (223)
80. GPC—PGC联用测定液体丁腈橡胶分子量分布及组成分布  
.....顾世英 王艳芬 阮竹等 (226)

#### C 工程塑料

81. 聚碳酸酯合金.....张增民 李松 童筱芳等 (229)

82. 聚碳酸酯 (PC)/聚乙烯 (PE) 共混合材料的研究  
 .....张增民 童筱芳 李松等 (230)
83. 聚碳酸酯应力开裂的研究——Ⅲ聚碳酸酯注射制品的应力开裂与边界效应的关系  
 .....周啸 张桂甲 胡平等 (232)
84. 聚碳酸酯应力开裂的研究——Ⅳ聚碳酸酯注射制品的溶剂应力开裂和存放应力开裂在断口显微特征上的区别  
 .....周啸 蔡丽英 张桂甲等 (233)
85. 聚碳酸酯园杆扭转断口与银纹  
 .....张桂甲 党广悦 徐庆来等 (234)
86. 聚碳酸酯拉伸断裂与断口特征  
 .....张桂甲 党广悦 胡平 (236)
87. 聚碳酸酯的着色与性能  
 .....清华大学 张增民 童筱芬 李松 (238)  
 .....尼龙配件厂 马仪文 刘日训
88. 聚碳酸酯合金纬纱管的研制  
 .....清华大学 张增民 童筱芬 李松 (241)  
 .....尼龙配件厂 马仪文 刘日训
89. 用裂介色谱法测定“合金”纬纱管的组成分布  
 .....汪昆华 王艳芬 陆探民 (244)
90. 甲基丙烯酸甲酯室温快速聚合反应的研究  
 .....清华大学 高万良 潘东辉 邓建元 (246)  
 .....北京假肢研究所 任毅
91. X射线衍射对聚丙烯注塑件的结晶结构与冲击性能的研究  
 .....吴毓华 吕荣侠 (250)
92. 热塑性弹性体SBS改性PS的研究 (I) —微量添加剂等因素对体系性能的影响  
 .....清华大学 李松 王兵 张坛民等 (252)  
 .....燕山石化公司化研院 杨素芬 白芷华 徐迎宾等

#### 第四部分

##### A 金属材料的强度和断裂

93. 煤矿用轴流式扇风机叶柄断裂问题的分析  
 .....沈万慈 (255)
94. 汽轮机叶轮开裂分析  
 .....顾守仁 唐祥云 (258)
95. 有键槽汽轮机叶轮的断裂分析  
 .....清华大学力学教研组断裂强度组 (262)  
 .....电力部北京电力试验研究所金属室
96. 微观组织结构对低温断裂韧性影响的研究  
 .....清华大学 焊接教研组 材力教研组 (266)  
 .....铁道部 铁道科学研究院桥梁室
97. Co基合金涂层抗接触疲劳性能及其微观机理的研究  
 .....汪复兴 蔡其巩 张永信 (271)



98. 4115柴油机曲轴疲劳断裂的分析  
 .....清华大学 金属材料教研组 沈万慈 (276)  
 .....北京内燃机总厂中央实验室
99. 氢对低碳马氏体状态20Mn2TiB力学性能的影响  
 .....顾家琳 沈万慈 陈南平等 (279)
100. 高强钢氢致断裂的平衡特性曲线及特征参量  
 .....顾家琳 吴肇基 陈南平等 (283)
101. 用正电子寿命方法研究钢中氢损伤  
 .....郁伟中 熊家炯 陈南平等 (286)
102. 碳含量和回火温度对低合金高强钢应力腐蚀开裂性能的影响  
 .....梁开明 洪友士 唐祥云等 (289)
103. 淬火——回火低合金高强钢在水溶液中K<sub>iscc</sub>值的估算  
 .....陈南平 姜忠良 王天宰 (290)
104. 高强钢应力腐蚀开裂机理的探讨.....梁开明 唐祥云 王天宰等 (292)
- B 金属材料的腐蚀**
105. 40B钢和20MnTiB钢断裂韧度与应力腐蚀特性的比较  
 .....王天宰 唐祥云 李升凡 (293)
106. 冷激铸铁凸轮点蚀机理的研究.....刘家濬 汪复兴 崔国平 (294)
107. 不锈钢阳极氧化膜的耐蚀性能研究.....白新德 陈鹤鸣 蒋季生 (297)
- C 耐磨材料**
108. 铸镶型楔齿滚刀的研制.....杨瑞林 李力军 (299)
109. 铸镶型楔齿滚刀壳体用球铁的研究.....杨瑞林 李力军 (302)
110. 2立方米挖掘机斗齿磨损失效分析及模拟试验  
 .....清华大学金属材料教研组 刘英杰 白新桂 成克强 (304)  
 .....杭州重型机械厂 许承中 诸信谊
111. 新型耐磨锤头的研究  
 .....清华大学金属材料教研组 沈天一 杨瑞林 刘英杰 (307)  
 .....海淀钢厂 王开云等
112. 风扇磨煤机冲击板磨损失效分析.....沈天一 邓海金 (311)
113. 风扇磨煤机冲击板磨损方式分析  
 .....清华大学金属材料教研组 邓海金 沈天一 (314)  
 .....山西省电力工业局 周长荣 任建民
114. 风扇磨煤机冲击板磨损表面的微观分析  
 .....清华大学金属材料教研组 邓海金 沈天一 (316)  
 .....山西省电力工业局 周长荣 任建民
115. ZGMn13钢在磨粒磨损过程中组织结构变化观察.....刘英杰等 (319)
116. 30MnSiTi 耐磨铸钢的研究.....杨瑞林 刘英杰 白新桂等 (322)
117. 合金铸钢耐磨性的研究.....同健民 杨瑞林 孙世英等 (325)
118. 摩擦热对材料耐磨性影响的间接研究.....同健民 陶璘 杨瑞林等 (328)

119. 碳量对WC堆焊合金的组织结构和耐磨性的影响  
 .....杨瑞林 李力军 (331)
120. 在带冲击高应力作用下材料的磨料磨损特征.....刘英杰 (335)
121. 动载作用下金属材料的磨料磨损.....刘英杰 杨瑞林 成克强等 (338)
122. 某些冶金因素对粒子撞击磨损性能的影响  
 .....清华大学金属学教研组 陈学群 曲敬信 安志义 (342)  
 .....电力部北京发电设备修造厂
123. 用于磨煤机的ZG2Mn10Ti组织结构的分析与研究  
 .....清华大学金属学教研组 安志文 曲敬信 陈慧芳 (346)  
 .....清华大学铸工教研组 左保华 芮争家 陈学群  
 .....东北电管局马鞍山铁塔厂 夏有强

### 第五部分

#### 设筑材料

124. 混凝土的裂缝扩展与断裂.....刘元鹤 (348)
125. 提高低掺量沸石岩水泥早期强度的研究.....王瑞 张淑清 李铭臻 (351)
126. 斜发沸石岩轻骨料膨胀可控性及其机理的研究  
 .....郭玉顺 刘元鹤 冯乃谦 廉慧珍 (364)
127. 沸石岩在水泥中的作用机理探讨.....廉慧珍 (374)
128. 天然沸石岩发泡剂的多孔混凝土的研究.....冯乃谦 (379)
129. 沸石岩集料与水泥浆体间界面的形貌.....廉慧珍 (380)
130. 气体载体多孔混凝土的研制及其应用.....冯乃谦 王瑞 郭玉顺 (381)
131. 人造轻骨料混凝土的结构特点与强度.....冯乃谦 (394)
132. 净浆裹石混凝土强度的研究.....赵若鹏 乐贵平 刘元鹤 (400)
133. 混凝土破坏机理的研究.....赵若鹏 (402)

### 第六部分

#### A 表面技术

134. 金属注入的一些试验研究.....李恒德 柳百新 张效忠等 (404)
135. 氮离子注入三种钢的摩擦学改性研究.....崔福斋 李恒德 张效忠 (405)
136. 离子束改善金属磨损的研究.....张效忠 崔福斋 余焜 (407)
137. 离子注入对车刀耐磨性的影响.....张效忠 吕鸿才 (408)
138. 某些离子注入金属表面阳极极化研究.....陈清明 陈鹤鸣 白新德等 (410)
139. 离子注入和离子束混合金属表面改性研究  
 .....李恒德 汪泓宏 张效忠等 (413)
140. Cu—Ag、Fe—Cr和Fe—Ti系离子束混合  
 .....冯嘉猷 李恒德 汪泓宏等 (416)
141. 金—硅系统中的离子混合与离析效应.....柳百新 (418)



142. 离子束混合在金—硅系统中形成的亚稳相.....柳百新 (419)
143. 离子束混合在Au—Ge系统中形成的亚稳相.....柳百新 (420)
144. 离子束混合制成的Ti—Au金属玻璃.....柳百新 (421)
145. 离子束混合制备非晶态合金的结构差异规则.....柳百新 (422)
146. 离子辐照形成的亚稳电子化合物.....柳百新 (423)
147. 离子束混合在Au—Co系统中合成的亚稳相.....柳百新 (424)
148. 离子束混合制备的非晶态Mo—Ru超导膜.....柳百新 (425)
149. 离子束混合在二元金属系统中形成的非晶态膜.....柳百新 (426)
150. Read相机在离子束混合研究中的应用.....汪泓宏 冯嘉猷 (427)
151. 空心阴极放电离子镀工艺研究.....物理气相沉积组 (428)
152. 金属表面激光改性  
.....清华大学 周昌炽 韩玉芳 (432)  
.....铁道科学院 李志忠 阴士健

## B 非晶态理论

153. 非晶态交流电导的低频响应.....王喜坤 孙永明 朱嘉麟等 (434)
154. 非晶态低温频下的跳跃电导.....王喜坤 孙永明 熊家炯等 (438)

## C 薄膜及表面层的分析

155. 几种耐磨抗蚀薄膜和表面层的结构、缺陷及电子组态的初步研究  
.....高乃飞 瞿振元 隋森芳等 (440)
156. 应用背散射技术研究固体薄膜.....瞿振元 马铁良 高乃贮等 (442)
157. 质子X荧光技术在不锈钢表面膜成份研究中的应用  
.....张济忠 陶琨 秦联华等 (443)
158. 一种用于双层介质膜测量的椭偏术.....隋森芳 吴秉芬 熊家炯等 (446)
159. 椭圆仪双膜测量的四参数分析法.....吴秉芬 隋森芳 熊家炯等 (447)
160. 椭圆仪多参数测量方法及方法选择.....吴秉芬 隋森芳 (448)
161. 激光椭圆仪测量中的入射角选择问题.....隋森芳 (449)
162. 激光椭圆仪对P<sup>+</sup>注入金属表层形成非晶态的分析  
.....隋森芳 吴秉芬 陈清明等 (452)
163. 晶体薄膜中激子的有效半径与能级结构  
.....清华大学 熊家炯 高乃飞 (455)  
.....美国西北大学 林多梁

## 第七部分

### A X射线衍射

164. 衍射仪法测定点阵参数的外推误差分析.....陶琨 (459)
165. 测定薄膜厚度的X射线多级衍射法.....陶琨 陈顺英 黄中琪 温梅堂 (462)
166. 应力测量中有关问题的探讨.....王英华 尤引娟 (465)
167. X射线衍射工作中K<sub>α</sub>双线修正的计算机方法.....王英华 尤引娟 (466)
168. 极射等面积网及其在织构测定中的应用.....王英华 (469)



169. 热锻铁电陶瓷钙酸铋 ( $B_{i_4}T_{i_3}O_{12}$ ) 取向度的反极图  
 .....夏宗宁 和志刚 许平 周志刚 (474)
- B 正电子湮没装置穆斯堡谱仪和激光喇曼谱仪在材料科学中的应用
170. 用正电子湮没研究 $S_mCo_5$ 永磁体室温至740℃的组织变化  
 .....清华大学 何元金 郁伟中 熊家炯 (480)  
 .....包头冶金研究所 谢宏祖 程敏杰 梁尚兰
171. Cu—Zn—Al合金中的马氏体转变  
 .....武汉大学 王子孝 桂嘉年 王少阶 (482)  
 .....清华大学 郁伟中
172. 用正电子湮没研究LC—9铝合金的时效  
 .....武汉大学 王少阶 王子孝 (485)  
 .....清华大学 何元金 郁伟中
173. 形变铝的正电子寿命研究  
 .....武汉大学 王少阶 王子孝 (488)  
 .....清华大学 郁伟中 何元金
174. 冷轧Fe—Ni—Co—Cu系合金退火回复再结晶过程的正电子湮没研究  
 .....郁伟中 何元金 马莒生 王秀云 (491)
175. 用正电子湮没多普勒增宽技术研究稀土钢  
 .....清华大学 曹必松 (494)  
 .....中国科学院 王蕴玉 张天保  
 .....北京钢铁学院 田中卓 常香荣
176. 金属中多普勒增宽线形的数学表达式和线形参数的估算方法  
 .....清华大学 曹必松 (497)  
 .....中国科学院 王蕴玉
177. 处理正电子湮没寿命谱的程序.....高乃飞 范守善 (499)
178. 正电子湮没寿命谱测量用的一种高低温装置  
 .....曹必松 何元金 吴绪模等 (502)
179. 退火 $MgFe_2O_4$ 的穆斯堡尔效应研究.....张秀芳 高乃飞 张宏涛 (504)
180. 拉曼光谱对固态Ti (IV) —BPHA络合物构型的分析  
 .....隋森芳 赵南明 王希成等 (506)
- C 材料的力学性能试验
181. 扩展中裂纹尖端应变场和扩展某些规律.....刘宝琛 蔺书田 刘春阳 (509)
182. 含裂纹板条的实验研究.....刘宝琛 蔺书田 刘春阳 (512)
183. 用moire条纹倍增法测量裂纹尖端应变场  
 .....美国纽约州立大学石溪分校机械系 姜复本 (515)  
 .....清华大学 刘宝琛 蔺书田
184. 低温断裂韧度的测试技术.....郑秀瓊 程漠仪 付朝华 (517)
185.  $J_{ic}$  测试中伸张区的测定.....杨宗发 陈正新 鲁晓平等 (520)
186. 几种典型工业金属材料的循环应力——应变曲线实验研究

- .....材力实验室强度组 (523)
187. 用光导热塑全息照相测量材料的泊桑比.....金观昌 章伟宝 (534)
188. 激光散斑法测定复合材料及陶瓷材料的高温弹性模量  
 .....清华大学 金观昌 章伟宝 刘春阳 (536)  
 .....科学院硅酸盐所 董良金 表亭荣
- D 材料的无损检测**
189. 25Mev电子感应加速器对大型石油金刚石钻头进行 $\gamma$ 射线无损探伤  
 .....陈世猷 刘乃泉 顾本广等 (539)
190. 测量中子照相系统分辨率的 MTF 方法及程序.....中子照相组 (548)
- E 试验设备的研制:**
191. 用于制备薄膜的平面磁控溅射靶的磁场设计  
 .....范玉殿 王怡德 唐祥 (552)
192. 炉温超过2000℃的陶瓷中频感应炉.....江尧忠 (554)
193. 一种针盘式摩擦磨损试验机.....崔福斋 吕鸿才 张效忠 (557)



# 复合氮化硅陶瓷刀具的研制

江作昭 刘兆男 马德金 王伯荣 衷待群

氮化硅陶瓷是一种高强超硬高耐磨的材料,作为刀具材料与其它刀具材料相比,其硬度切削红硬性均优于高速钢与硬质合金刀具材料,它的热膨胀系数( $\alpha = 2.8 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ )低于 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 陶瓷,因而它的切削耐用度也优于一般通用的 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 陶瓷刀具,为了提高 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 陶瓷刀具的耐用度和使用寿命,我们在原有 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 的研制基础上在 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 的基体中掺加了TiC与Co作为弥散强化剂和增韧剂,采用了高 $\alpha$ 相 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 粉作为原料研制出比氮化硅陶瓷刀具切削性能更为优越的复合氮化硅超硬陶瓷刀具。

本文给出了复合氮化硅陶瓷与氮化硅陶瓷及其它刀具材料物理力学性能对比数据及切削性能对比实验数据,复合氮化硅陶瓷与氮化硅陶瓷刀具以及硬质合金刀具对难加工材料如冷硬铸铁等材料的切削实验对比数据,复合氮化硅陶瓷刀具还有着一般硬质合金刀具根本无法介决的如对水泵叶轮这类工件抗冲击荷载断续切削的特点,有关实验数据及其切削耐用度的比较如下表1、2、3、4所示:

表 1 复合氮化硅陶瓷物理力学性能

品 种	成 份	物 理 力 学 性 能				
		密度 $\text{g}/\text{cm}^3$	硬度 HRA	抗弯强度 $\text{Kg}/\text{CM}^2$	冲击韧性 $\text{Kg}\cdot\text{cm}/\text{cm}^2$	TiC $\text{MN}/\text{m}^3/2$
复合 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 陶瓷刀具	$\text{Si}_3\text{N}_4$ + TiC + Co	3.41	93.60	6768	5.55	7.21

表 2 复合氮化硅陶瓷刀具与原有氮化硅( $\text{Si}_3\text{N}_4$ )及硬质合金刀具的切削性能对比实验

刀具材料	材 料 切 削 路 程	切削冷硬铸铁(HRC = 50)	切削淬硬钢(HRC = 58—61)
		后刀面磨损 $V_B = 0.3\text{mm}$	后刀面磨损 $V_B = 0.4\text{mm}$
原有 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 刀具		L = 1800 m	L = 580
复合 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 刀具		L = 11520 m	L = 1635
硬质合金(YG8)		L = 360 m ( $V_B = 0.8\text{mm}$ )	

表 3

复合氮化硅陶瓷刀具具有良好的断续切削性能

刀具材料	工 件 材 料 切 削 效 果	白口铸铁 (HRC = 45)	$G_{15}Mo_3$ 合金耐磨铸铁 (HRC 58—62)
		一个刃口切削叶轮个数	对泥浆泵叶轮切削情况
复合 $Si_3N_4$ 陶瓷		20个	能车
某种 $Al_2O_3 + TiC$ 陶瓷		3个	≡
硬质合金刀具		能车, 但难加工	基本上不能车

表 4

对新型工程塑料——聚苯砒醚的切削加工

刀 具 材 料	加工对象	切 削 项 目	切 削 后 果
硬 质 合 金 YT 15	聚苯砒醚 压园筒件	车外园 $\Phi 46 - \Phi 48$ $L = 120$ 公差0.1 两端各有 $5 \times 10$ 缺口一个	车削 1 个就要重磨刀
复合 $Si_3N_4$ 刀具	同上	同上	可车削10个

以上实验结果表明: 复合氮化硅陶瓷刀具在车削难加工材料如冷硬铸铁时, 其切削耐用度 (以切削总路程计) 在后刀面磨损值  $VB$  为  $0.3mm$  及所选定的切削参数下为  $9000 - 11520m$ , 而氮化硅刀具的后刀面磨损为  $0.3mm$  时其切削耐用度 (以切削总路程计) 为  $1800m$ , 而硬质合金刀具 (YG8) 在后刀面磨损为  $0.8mm$  时其切削耐用度为  $360m$ , 由此可见复合氮化硅陶瓷刀具的切削耐用度约为原有  $Si_3N_4$  陶瓷刀具的 5 倍左右, 约为硬质合金刀具 (YG8) 的 30 倍。对于淬硬钢的切削也显示了复合氮化硅陶瓷刀具有着良好的切削性能, 其切削耐用度约为氮化硅陶瓷刀具的 2 倍, 也比一般硬质合金刀具要好。表 3 是在某水泵厂实地进行的对白口铸铁水泵叶轮及合金耐磨铸铁泥浆泵叶轮的抗冲击荷载间断切削试验的结果不难看出它比某些通用硬质合金刀具 YG6 以及某些复合  $Al_2O_3$  陶瓷刀具的切削效果更为优越。复合氮化硅陶瓷刀具曾对某无线电整机的新型工程塑料——聚苯砒醚进行切削对比实验, 它比用硬质合金刀具 (YT15) 的切削耐用度高 10 倍以上, 至于其它非金属材料, 如热解石墨、玻璃丝层压件等也有良好的切削效果。

本文还对复合氮化硅陶瓷弥散强化机理进行了初步的探讨, 详见“掺加弥散相对复合  $Si_3N_4$  陶瓷刀具材料切削性能的改善”一文。

(本文曾在机械工业部难加工材料切削加工技术座谈会上宣读,  
1983年5月, 无锡)



# 掺加弥散相对复合 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 陶瓷刀具 材料切削性能的改善

江作昭、刘兆男、郑隆烈、马德金、王伯荣

氮化硅( $\text{Si}_3\text{N}_4$ )陶瓷具有优良的性能,为高强、超硬、良好的切削红硬性等。一般硬质合金刀具的切削温度 $<800^\circ\text{C}$ ,而 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 陶瓷刀具可经受 $>1000^\circ\text{C}$ 的高速切削温度。1978年我校曾研究了热压 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 陶瓷刀具对高硬度材料的切削性能,获得良好的效果。为了进一步改善热压 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 陶瓷刀具的力学性能及切削耐用度,本文介绍了运用粉末冶金学的弥散强化(硬度)机理,以自行合成高 $\alpha$ 相的 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 粉末为原始材料,掺加适量的TiC及 $\text{Co}$ 等弥散相颗粒,热压成复合 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 陶瓷。其力学性能是:抗弯强度为 $6000\sim 8000\text{Kg}/\text{Cm}^2$ ,硬度HRA值为 $92\sim 94$ ,抗冲击韧性 $a_k = 5\sim 5.8\text{ kg}\cdot\text{Cm}/\text{Cm}^2$ , $K_{1C} \approx 7\text{MN}/\text{m}^{3/2}$ 。某些力学性能比不掺弥散剂的 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 陶瓷有所改善。这种新型超硬的复合 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 陶瓷刀具,加工某些难加工的材料,具有优异的切削耐用度。实验证明,TiC+ $\text{Co}$ 含量为 $16.65\text{vol}\%$ 的复合 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 陶瓷刀具,切削硬度为HS71~73的冷硬铸铁,当刀具的后刀面磨损为 $0.3\text{mm}$ 时的切削总路程为 $11520\text{m}$ 其切削耐用度(刀具的寿命)分别为热压 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 刀具的 $4\sim 5$ 倍,为常用硬质合金刀具(YG8)的30倍。特别是能经受一般硬质合金刀具所不能胜任的间断切削,如切削泥浆泵的冷硬铸铁叶片,在切削灰铸铁(HB180~200)可以获得 $620\text{m}/\text{min}$ 的高切速。

本文介绍了运用X-射线衍射,光学显微照片等对复合 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 陶瓷中弥散相的组成,晶粒形貌,存在状态进行的分析。从测得晶格常数说明 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 陶瓷及复合 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 陶瓷中两者基体 $\beta\text{-Si}_3\text{N}_4$ 的 $a$ 及 $c$ 值极为相近,以及在X射线衍射图谱中来观察到SiC的衍射线说明复合 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 中TiC不与 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 产生化学反应,不形成固溶体,TiC是以弥散相颗粒存在。除了TiC以外,还可观察到TiN及其固溶体TiN-TiC的衍射线。根据立方晶系TiC在Ti(C,N)的光学特征,在光学显微镜的明视场、暗视场及偏振光下观察所得,也证实了在复合 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 中TiC及TiN-TiC晶粒的存在。通过对复合 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 试样中几种晶粒显微硬度值的测得,也佐证了以上结论。采用X射线色散谱仪测得试样中元素Ti的面分布说明这些含Ti的碳、氮化物弥散相颗粒,部分接近均匀分布,有些则分布不均匀。关于复合 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 中 $\text{Co}$ 存在的状态,在复合 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 的试样X射线衍射图中未见 $\text{Co}$ 的线条存在,而计算试样中TiC的晶格常数与纯TiC的有较大差值,这将如熟知的二元系统相图所示,此处的 $\text{Co}$ 也是与TiC形成连续固溶体而存在。 $\text{TiC}$ 的加入,提高了复合 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 陶瓷材料的硬度,而 $\text{Co}$ 的加入改善了因单独加入TiC所导致的韧性的降低。因而适量的弥散相TiC与 $\text{Co}$ 同时加入,提高了复合 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 陶瓷刀具的切削耐用度。

本文还讨论了弥散强化的作用机理。根据所观察到的 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 陶瓷及复合 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 陶瓷刀具切削磨擦磨损的显微照片,根据切削时刀具与工件在高频下接触与冲击所形成的疲劳磨损沟等形貌,均证明复合 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 的抗磨擦磨损与抗疲劳磨损均优于 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 刀具。与此同时,同样在 $100\text{kg}$ 荷载下用金刚石棱锥体对两种陶瓷刀具材料进行压痕试验人为地制造裂缝。观察结果

表明，复合 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 中因有弥散强化（硬化）颗粒的加入，起到了阻滞裂缝前沿扩展的作用，从而提高了复合 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 陶瓷刀具的切削耐用度。

以上试验、研研与分析表明，弥散强化（硬化）对于结构陶瓷材料改善性能的显著作用。掺有 $\text{TiC}$ 及 $\text{C}_0$ 弥散相的复合 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 陶瓷，对于介决难加工材料的切削加工，是一种很有发展前途的刀具材料。

（本文曾在中美双边陶瓷材料显微结构与性能学术讨论会上宣读，1983年5月，上海）



# 不同工艺参数和NiO对 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>烧结的影响

(清华大学)

崔国文

美国麻省理工学院

R. L. Coble

工艺参数和微量外加剂对Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>烧结的影响得到广泛的研究,其中某些研究是有关掺NiO的Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>之烧结行为的。P. J. Jorgesen和J. H. Westbrook, M. O. Warman和D. W. Budworth, W. C. Johnson和D. F. Stein, W. C. Johnson和R. L. Coble曾先后研究过掺NiO的Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>之烧结行为及Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>完全致密化的机理。他们曾先后提出或推测NiO的晶界偏析、尖晶石相在晶界上的形成及固溶体模型可作为Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>完全致密化的机理。本研究的目的是要确定温度、气氛和NiO的掺量对Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>的预烧及烧结行为的影响及其产生这些现象的原因,另一目的是要探讨掺NiO后使Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>烧结达理论密度的机理。

表 XA-139号Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>的化学分析结果

成分	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> O	CaO	Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
wt%	0.026	0.009	<0.001	0.005	0.008	0.003	<0.001
成分	MnO	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	ZnO	GuO	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
wt%	0.0005	0.0002	0.0106	<0.0005	<0.0005	<0.0001	>99.932

本研究使用XA-139号Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,其化学成分如上表所示。Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>粉末与蒸馏水、微量的盐酸及不同掺量的NiO—0.25%、0.15%、0.10%及0.05wt%分别混合、搅拌72小时。料浆的pH值分别为4.5、3.8、3.8和3.0,料浆的比重都一样,均为1.23。用注浆成型得到素坯。全部试样先在空气中预烧至1000℃,保温1小时。然后,试样分别在1200℃、1380℃、1600℃和1700℃于空气或氧气中烧1小时,比较烧后的密度。最后,试样在1700℃于空气或氧气中分别烧结,恒温时间分别为1.5、2.0、2.5、3.5及5.0小时,比较烧结试样的密度。各批试样的密度均用阿基米德方法测定。试样经抛光腐蚀后,应用扫描电镜(SEM)检查其显微组织。沿晶断裂表面的化学组成应用扫描Auger仪(SAM)来测定。

在1700℃以下在不同气氛中煅烧的试样的密度值表明,在空气中煅烧的试样密度高于在氧气中煅烧的相应试样。为解释这一现象,提出掺NiO的Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>之缺陷结构特点,在Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

中, 对于Schottky缺陷的形成, 如下的反应是合理的:



其平衡常数 $K_S$ 为

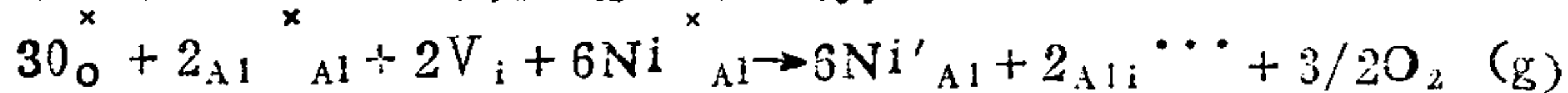
$$K_S = \frac{[Ni'_{Al}]^2 \cdot [V_o^{\bullet\bullet}] \cdot [PO_2]^{1/2}}{[O_o^x] \cdot [Ni_{Al}^x]^2}$$

其中 $[O_o^x]$ 是常数,  $[Ni'_{Al}] = 2[V_o^{\bullet\bullet}]$ ,  $[Ni_{Al}^x] + [Ni'_{Al}] = \tau$  (Ni的总浓度, 为常数)。上式最后得

$$\frac{\{\tau - 2[V_o^{\bullet\bullet}]\}^{2/3}}{[V_o^{\bullet\bullet}]} K_S [PO_2]^{1/6}$$

对上式的图解表明, 当氧压 $PO_2$ 增高时,  $[V_o^{\bullet\bullet}]$ 要下降。

对于Frankel缺陷的形成, 如下的反应是合理的:



其平衡常数 $K_F$ 为

$$K_F = \frac{[Ni'_{Al}]^6 \cdot [Al_i^{\bullet\bullet\bullet}]^2 \cdot [PO_2]^{3/2}}{[O_o^x]^3 \cdot [Al_{Al}^x]^2 \cdot [V_i]^2 \cdot [Ni_{Al}^x]^6}$$

其中 $[O_o^x]$ 、 $[Al_{Al}^x]$ 及 $[V_i]$ 是常数,  $[Ni'_{Al}] = 3[Al_i^{\bullet\bullet\bullet}]$ ,  $[Ni_{Al}^x] + [Ni'_{Al}] = \tau$ 。上式最后得

$$\frac{\{\tau - 3[Al_i^{\bullet\bullet\bullet}]\}^{3/4}}{[Al_i^{\bullet\bullet\bullet}]} = R_F [PO_2]^{3/10} = R_F [PO_2]^{3/10}$$

对上式的图解表明, 当氧压 $PO_2$ 增高时,  $[Al_i^{\bullet\bullet\bullet}]$ 要下降。

由上面讨论可见, 氧压 $PO_2$ 越高,  $[V_o^{\bullet\bullet}]$ 或 $[Al_i^{\bullet\bullet\bullet}]$ 均下降, 与它们成正比的扩散系数 $D$ 及致密化速度 $dp/dt$ 也要下降。这就是试样在空气中及氧气中烧结密度不一样的原因。

研究试样在1700℃时的烧结动力学之结果表明, 掺不同数量NiO的 $Al_2O_3$ 试样在空气中不能烧结成完全致密, 而在氧气中则能烧结成接近于完全致密。掺0.25wt%NiO的试样在氧气中经5小时烧结后, 密度为理论密度的99.8%, 其晶粒均匀, 几乎无气孔存在。

为了讨论与决定掺NiO的 $Al_2O_3$ 试样烧结至理论密度的机理, 经SAM分析了一个达到99.8%理论密度的典型绿色试样的断裂表面。Auger点分析与面分析表明, 晶界只有Ca、Na或Ca的偏析, 而没有可检测到的Ni。这说明把Ni在晶界上的富集作为完全致密化的机理不是必须的, 至于Ca在晶界上的偏析不能阻止 $Al_2O_3$ 试样不连续的晶粒生长已为W.C. Johnson和R.L. Coble所证实。因此本研究认为NiO在 $Al_2O_3$ 的固溶体中使缺陷结构发生变化, 引起烧结动力学的变化, 最终在氧气气氛中使气孔排除的速率快于晶粒生长的速度, 在接近理论密度时, 不连续的晶粒成核并不发生。这与W.C. Johnson和R.L. Coble曾对MgO的作用所提出的固溶体理论相一致。

本文曾发表在《硅酸盐学报》, 10(1), 37~44 (1982)

# 微粒团聚特点对烧结 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 的影响

崔国文

本文研究并讨论了不同尺寸及分布的 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 微粒团聚体对其烧结行为的影响。由于不同时间的搅拌及研磨,掺NiO的 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 料浆具有不同的团聚体尺寸及分布。这些料浆成型、干燥后,分别在 $1050^\circ\text{C}$ 、 $1735^\circ\text{C}$ 预烧及烧结,得到了不同的预烧及烧结密度,具有规律性。依据烧结体的显微组织图,可以判断团聚体在烧结过程中的某些行为。经6分钟搅拌的料浆,其试样的预烧及烧结密度分别为理论密度的20%及58%;同一料浆,经36分钟搅拌后,其试样的预烧及烧结密度则升高到40%及94%。经120分钟搅拌的料浆,大团聚体尺寸显著减小,其试样的烧结密度高达97.5~98.5%。应用团聚系数AF(50)来表征团聚体的聚集特征:

$$\text{AF}(50) = \frac{\text{中等尺寸团聚体的直径}}{\text{微粒的等价球直径}}$$

下表列出了团聚系数大小与预烧密度及烧结密度的关系。

表 团聚系数大小对预烧密度及烧结密度的影响

试 样	AF(50) 值	预 烧 密 度 (占理论密度%)	烧 结 密 度 (占理论密度%)
搅 拌 6 分钟	26	20.7 平均值	50.7 平均值
		22.0 20.6	58.2 54.5
		19.2	—
搅 拌 20分钟	8	33.2 平均值	80.0 平均值
		36.7 33.3	84.1 81.1
		30.1	—
搅 拌 36分钟	3	38.3 平均值	91.7 平均值
		40.0 38.6	94.6 93.2
		37.5	—

上表清楚地显示了预烧密度及烧结密度是随团聚系数的减小而增大的,即说明微粒团聚体的尺寸及分布是烧结致密 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 材料的一个重要参数。微粒团聚体尺寸的差异而引起煅烧密度的变化之原因,可由其团聚体显微组织及煅烧试样的显微组织作进一步的分析。经6分钟及36分钟搅拌后制得的注浆素坯之断面组织显示出所形成的团聚体尺寸是显著不同的。前者的团聚体尺寸远大于后者,且有大的孔隙。这种显著不同的显微组织使煅烧行为显著不同。经6分钟搅拌的样品,其团聚体的显微组织与煅烧的显微组织有相似之处。可以判断,在煅烧过程中,团聚体内部的微粒优先烧结,而不是团聚体之间先煅烧成特大晶粒。原来不附属于团聚体的微粒仍正常地烧结,因而形成了大小晶粒均存的非均匀组织。大气孔存在