

发动机用先进陶瓷

《发动机用先进陶瓷》编委会 编

科学出版社

75058-53
7-6

875058

发动机用先进陶瓷

《发动机用先进陶瓷》编委会 编



科学出版社

1993

(京)新登字092号

内 容 简 介

本书汇编了我国高温结构陶瓷材料和陶瓷发动机研究方面的文章共73篇,全面、系统地介绍了我国高温结构陶瓷材料、陶瓷粉末及其性能表征研究的最新成果。本书内容丰富,论据充分,是我国第一部有关高温结构陶瓷材料和陶瓷发动机研究方面的著作。

本书可供从事材料科学、冶金、机械、航天、航空等研究的科技人员及高等院校有关专业的师生参考。

DU70/15

发动机用先进陶瓷

《发动机用先进陶瓷》编委会 编

责任编辑:童安齐,杨家福

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

江苏句容县排印厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经营

1993年11月第一版 开本:787×1092 1/16

1993年11月第一次印刷 印张:35

印数 1-950 字数:809000

ISBN 7-03-003485-6/TB·109

定价:44.00元

《发动机用先进陶瓷》编委会
(Editorial Board)

主 编(Editor-in-Chief)

✓ 严东生(Yan Dongsheng)

副主编(Associate Editor-in-Chief)

史绍熙(Shi Shaoxi)

江作昭(Jiang Zuozhao)

汪宗荣(Wang Zongrong)

编 委(Members of the Board)

陈 楷(Chen Kai)

陈辛尘(Chen Xinchun)

陈志敏(Chen Zhimin)

符锡仁(Fu Xiren)

高孝洪(Gao Xiaohong)

顾培芷(Gu Peizhi)

郭景坤(Guo Jingkun)

陆际清(Lu Jiqing)

裘孔光(Qiu Kongguang)

闻立时(Wen Lishi)

吴建铤(Wu Jianguang)

袁启明(Yuan Qiming)

张连方(Zhang Lianfang)

张南林(Zhang Nanlin)

郑元善(Zheng Yuanshan)

编 辑(Editor)

张惠丰(Zhang Hui Feng)

朱金祥(Zhu Jinxiang)

序

高性能结构陶瓷材料,由于具有诸如耐高温、超硬、耐磨损与耐腐蚀等优良特性,是有广泛用途和潜在应用前景的新型工程材料。结构陶瓷在切削刀具和机械密封件等方面的应用,已显示了优良的效果。陶瓷材料作为内燃机部件的材料,自70年代中期以来,日益受到工业发达国家政府和企业界的重视,被列入有关的科技发展规划,他们投入大量资金进行研究工作。到目前为止,国外已有若干陶瓷部件用于发动机取得了减摩擦、抗磨损、低惯量以及节油等效果,更多的陶瓷部件则仍在研制中。预期新一代高效能的陶瓷发动机,将在下世纪初发展为一个巨大的国际市场。我国陶瓷发动机材料与部件的研究,虽比国外起步晚10余年,但经过国家“七五”科技攻关,已大大缩短了与工业发达国家在这一科技领域的差距。无论是陶瓷材料与涂层的制备工艺与性能,陶瓷部件的制造与精加工,陶瓷-金属的连接,部件的无损探伤技术与可靠性的评价,以及高纯超细陶瓷粉末的制备技术,还是陶瓷部件的制备与发动机的设计,部件的应力分布分析与测试,以及陶瓷隔热发动机在高温条件下磨损、润滑、排气能量的回收及工作过程的优化等,都取得了可喜的进展,部分研究成果达到国际先进水平。

上述丰硕成果的获得,是“七五”期间对研究课题进行科学的系统工程规划、相关技术协调发展、多单位多学科联合攻关的结果。因此,它不仅为今后高性能结构陶瓷材料在我国国民经济各部门日益广泛的应用打下良好的基础,同时也为今后如何进行其他高技术材料的研究与开发,提供了一些有益的经验。

这本论文集收集了73篇论文,从各个方面显示了“七五”期间我国结构陶瓷材料在陶瓷发动机的研究与开发,以及在其他工程技术上的应用成果。论文作者来自全国十几个科研院所和高等院校。这支老、中、青三结合的科技工作者队伍,在“七五”攻关的实践中得到了良好的锻炼,为今后继续在这一高性能材料领域进行开发与研究创造了良好的条件。借此论文集出版之机,我们谨向论文的作者们所作出的重大贡献,致以衷心的祝愿。祝愿他们在“八五”期间再创佳绩,为我国高性能结构陶瓷材料及其应用跃上新台阶和取得更多成果作出更大的贡献。

严东生 史绍熙 江作昭 汪宗荣

1991年12月20日

PREFACE

It is obvious that with their excellent properties, such as high temperature resistance, superhardness, as well as wear and corrosion resistance, the advanced structural ceramics form a new type of engineering materials with wide and potential prospects of applications. The successful usage of ceramic tools and sealing rings in mechanical, chemical and other industries has demonstrated excellent visibility and real benefits.

Since the mid-seventies, the development of structural ceramics and components for engines has been increasingly attended to by the governments and enterprises of some industrialized countries. Several projects on the R & D of high performance ceramics with a high funding allocation have been put into practice. Up to now, some of the ceramic components have already been put into production, and have shown the effects of lower friction and wear loss, lower moment of inertia of components in operation, as well as oil saving etc. Many other more ceramic components are still under research and development. It is expected that a large international market on high performance ceramic engines can be realized in the beginning of the next century.

Although the beginning of research on ceramic materials and components for engines in our country lagged behind for more than 10 years than some of the industrialized countries, the successful execution of such a program during the 7-th Five-Year Plan period shortened that distance. As the matter now stands, not only the processing and properties of ceramics, materials and coatings the fabrication and finishing of components, ceramic-to-metal joining, non-destructive testing and reliability evaluations and synthesis of fine and high purity powders, but also the fabrication of ceramic components and engine design, stress distribution analysis and tests, the lowering of wear loss, studies on lubrication at high temperatures, optimum processing of the exhaust and recovery of waste heat energy in adiabatic engines have all been developed and fruitful results obtained, with some at par to the advanced world levels.

The achievements obtained in this R & D Program demonstrated the efficient management through some sort of system engineering consideration with the coordinated development of related technologies as well as the joint effort of multidisciplinary research and development in many laboratories and institutions. This will set a basis for more varied applications of high performance ceramics in many other industrial sectors of our country and may also provide some useful expe-

rience for the research and development of other high-tech materials.

This proceeding collects 73 papers, which show the achievements of this R & D Program on structural ceramic materials applied to engines and other engineering applications at the 7-th Five-Year Plan period. The authors of these papers come from more than a dozen scientific research institutions and universities, with the participation of many well experienced, senior researchers as well as many middle-aged, and also young scientists, who have thus acquired good training for performing research and development. It will naturally provide the basis for better training of qualified scientists and technologists for the further development of ceramic materials in the future. At the occasion of publishing this proceeding, we would like to express our congratulations to the authors for their significant contributions, and wish them to achieve further success in ceramic materials research and to the spinoffs that may creat more economic and social benefits in the 8-th Five-Year Plan period.

Yan Dongsheng Shi Shaoxi Jiang Zuozhao Wang Zongrong

Dec. 20, 1991

目 录

序.....	严东生 史绍熙 江作昭 汪宗荣	(ii)
我国高温结构陶瓷和陶瓷发动机研究进展及展望.....	汪宗荣 陈志敏	(1)
试谈专家领导机制在科技攻关中的作用和地位.....	陈辛尘	(5)

第一部分 陶瓷粉末制备新技术

Si ₃ (NH) ₂ 热分解法制备高纯超细 Si ₃ N ₄ 粉末研究		
——Si(NH) ₂ 及无定型Si ₃ N ₄ 粉末高温处理研究		
.....	毕玉惠 张培志 于政波 赵宏伟	(12)
激光制粉现状及工艺研究.....	李道火	(21)
激光法制备Si ₃ N ₄ 超细粉体性能控制方法的研究	梁 勇 郑 丰 佟百运	(29)
气相法合成超细粉的粒径的研究.....	王金玉 张克镛	(35)
等离子体法制取碳化硅超细粉末.....	郑国樑 郭家银 李松川	(43)
喷雾热解工艺中粉粒形成机制的探讨.....	戴遐明 邵 义 李庆丰	(52)
粉末表征方法的研究.....	曲 哲 谢天生 张劲松	(59)
Si ₃ N ₄ 超细颗粒表面结构研究	匡 果 冯 琦	(72)
碳化硅、氮化硅超细粉末中游离硅、总氧及化合氧的测定方法.....		
.....	金烈火 华宝智 徐 静	(79)
氧化锆粉料中团聚体强度的表征.....	李懋强 胡敦忠 迟卓男	(88)

第二部分 结构陶瓷新材料

莫来石-氧化锆-碳化硅系复合材料的压滤成型工艺.....	杨正方 周国生 徐新华	(96)
气氛加压烧结 Si ₃ N ₄ 界面特性.....	马利泰 阮美玲 邬凤英 庄汉锐	(105)
用Sol-Gel 法制备晶须复合陶瓷.....	张劲松 曹丽华 罗 川 黄 花 夏 非	(109)
SiC晶须/Sialon复合材料的研究		
.....	顾培芷 肖义新 何谨基 张伟儒 徐 刚 樊启晟	(117)
柴油机喷油器 ZrO ₂ 陶瓷针阀的研制及节油研究		
.....	赵绍棠 朱访君 陈森凤 陈特奎 叶建东 陈 楷	(124)
柴油机陶瓷气门和气门座材料、制备工艺、结构及耐久性研究.....	陈特奎 杨以文	
.....	赵绍棠 严松浩 陈森凤 崔炳勋 姚平根 庄 静 赖汉闻 陈 楷	(130)
SiC 晶须/碳陶瓷复合材料研究		
.....	田杰谟 童晓华 董利民 王振文 王玲玲 张宝清	(137)
氮化硅陶瓷镶块材料在气氛加压下的烧结研究.....		
.....	庄汉锐 李文兰 徐素英 何敏礼 符锡仁	(146)
提高厚陶瓷隔热涂层抗热震性的措施.....	张冠忠 赵文华 贺 勇 王 杰	(153)

第三部分 普通内燃机用陶瓷零部件

- 氮化硅涡流室镶块的研究.....徐世钧(162)
- 无冷机用氮化硅陶瓷活塞顶材料研究及部件制备.....
- 郭凤英 庄汉锐 马利泰 李文兰 符锡仁(169)
- 陶瓷电热塞发热体可靠性分析.....裘孔光 陈长明 丁贤华 黄卓耀(175)
- 用于陶瓷电热塞的氮化硅材料及其工艺研究.....
-黄莉萍 董良金 童一东 陈源 徐友仁 朱屏 符锡仁(182)
- 内燃机用陶瓷挺柱的研制.....鲁光祖 陈宏智(187)
- 增压器陶瓷涡轮叶片的振动分析.....周贵金 陈长明(195)
- 增压器陶瓷喷嘴环的研制.....于风华 李建辉(200)
- 增压器陶瓷转子注射成型工艺研究...王林 陈少荣 张涛 陈振刚 吴建铨(207)
- 压滤成型陶瓷涡轮转子的研究.....
-王树海 赵春艺 樊启晟 赵惠琴 郝玉秋 李勇(214)
- 排气净化器用堇青石蜂窝陶瓷.....宝志琴 骆杰耀 李静健(220)
- 柴油机排气净化用壁流式陶瓷蜂窝载体的研制.....生寿彭 孙玉华(229)
- 汽油机陶瓷化配气机构的减摩设计与节油效益.....陆际清 朱洪兴 赵雨东(236)
- 陶瓷气门热应力与接触应力的研究.....
-沈祖京 孟嗣宗 陆际清 王真咏 田炜(243)
- Sialon 陶瓷气门的制备研究.....顾培芷 张伟儒 肖义新 徐刚 刘清(250)
- 陶瓷挺柱与钢凸轮配对的抗磨损性能的研究.....程荫芊 黄林恒 汪复兴(256)
- Si₃N₄陶瓷与钢连接技术的研究.....包芳涵 任家烈 庄丽君 周运鸿(262)
- 莫来石与铸铁的活性钎焊.....
-斯重遥 文四维 何治径 廉丕芬 张玉琴 郭义 刘鹏(268)
- 氧化锆陶瓷与铸铁的活性钎焊.....斯重遥 成正辉 何治径 廉丕芬 张玉琴(274)
- 陶瓷零件振抛光整加工研究.....金之垣 金成汉(282)
- 陶瓷水煤浆喷嘴的开发研究.....沈志坚 李廷凯 丁子上(288)
- BN 陶瓷分离环.....黄维琼 王伯荣 曾昭强(295)
- 复合氮化硅陶瓷刀具的切削性能与应用.....
-苗赫濯 马德金 齐龙浩 衷待群 江作昭(299)
- 陶瓷换热器扩大应用研究.....沈君权 潘绎涵 李从勤 任雅姍 马俊峰(305)

第四部分 陶瓷发动机新技术

- 6105陶瓷无水冷却发动机的研制.....
-张南林 钟胜元 冯经图 蔡锦文 蒲启南 范元 李振梅 陈稳(316)
- 6105无水冷机用陶瓷组合活塞研制.....钟胜元 张世程 蒲启南(326)
- 钛酸铝陶瓷金属复合排气管的研制.....冯经图 王雪梅 陈金伟 周菊元(339)
- 柴油机用热阻涂层的研究.....丁传贤 瞿建中 张叶方 乔海潮 顾惠民(347)
- 无水冷柴油机陶瓷隔热涂层.....

.....	闻立时 关 侃 俞 兵 钱声伟 林成福 傅立顺(353)
热压氮化硅材料及其活塞顶的研制.....	
.....	黄校先 郭景坤 归林华 王荣华 李包顺(358)
6135绝热机用陶瓷组合活塞的研究.....	
.....	吕 林 李长明 桂经纬 陆瑞松 吴锦翔 高孝洪(365)
绝热机用缸盖底板的研制.....	周经纬 谷仁喜 邱 东 陈家骅(376)
Mg-PSZ 陶瓷材料及发动机用陶瓷部件.....	
.....	吴厚政 陈玉如 徐新华 谈家琪 袁启明(383)
135型绝热机陶瓷上圈-金属组合缸套的设计和试验.....	
.....	李长明 蔡 军 吕 林 钱耀南(391)
我国研制的陶瓷绝热涡轮复合式发动机.....	张连方 朱敏学 糜振琥(400)
陶瓷隔热复合机燃烧过程与性能的研究.....	王懿铭 孙金辉 息树和 赵奎翰(408)
绝热发动机缸套/活塞环材质优选及高温减摩机理的研究	
.....	金元生 马晓华 夏为民(417)
发动机性能及部件传热的计算机模拟耦合计算.....	
.....	蔡 军 吴锦翔 高孝洪 施德荣(425)
绝热机用增切莫来石复相陶瓷部件.....	杨正方 刘 茜 陈玉如 袁启明(436)
绝热发动机用高效率涡轮增压器研制.....	
.....	翁史烈 吴铭岚 邹介棠 陈汉平 王永泓 左柏芳 王雁翎(442)
绝热涡轮复合发动机动力涡轮的设计与试验.....	
.....	柯玄龄 赵士抗 孟昭勇 裴胜利 孟繁娟(453)
无环陶瓷活塞发动机初探.....	崔绍勤 顾德明 江东亮 谭寿洪 刘健平 沈 冰(460)

第五部分 检测技术

陶瓷材料高温压缩蠕变测试方法研究.....	
.....	来亭荣 朱国强 沈荣水 陆正兰 庄红娟(470)
陶瓷检测用高频超声换能器的研制.....	马 逊 张清纯 董建华(477)
检测陶瓷零件的微焦点 X-CT实验系统.....	张朝宗 郭志平 吕军震(482)
智能化 THSAM-5 型声显微镜及其应用研究	
.....	陈戈林 胡思正 罗淑云 张克潜 申忠明 徐正元(488)
陶瓷材料蠕变测试的误差分析.....	关振铎 龚江宏(496)
高温动态疲劳法进行陶瓷材料寿命预测.....	曾丽仙 关振铎(500)
陶瓷抗热震断裂和损伤的统计表征法.....	
.....	来亭荣 陆正兰 庄红娟 朱国强 沈荣水(506)
陶瓷的高温疲劳失效破坏准则.....	金宗哲 杨 宏 赵 宏 岳雪梅(515)
SENB 方法中试件尺寸要求和 K_{IC} 的尺寸效应.....	包亦望 金宗哲 黎晓瑞(522)
陶瓷断裂韧性测试的可靠性与误差分析.....	包亦望 黎晓瑞 金宗哲(530)
陶瓷的无损检测与力学行为分析.....	张清纯 马 逊 凌建荣 沈永发(538)

CONTENTS

Preface	
..... <i>Yan Dongsheng Shi Shaoxi Jiang Zuozhao Wang Zongrong</i> (xi)	
Research and Development of High Temperature Structural Ceramics and Ceramic Engines in China.....	<i>Wang Zongrong Chen Zhimin</i> (1)
An Approach to the Role and Position of Management System of Experts in Key Science and Technology Project.....	<i>Chen Xinchun</i> (5)
Section I New Process for Preparing Ceramic Powders	
Study on the Preparation of High Pure and Ultrafine Si_3N_4 Powder by Thermal Decomposition of Imide II — An Investigation on High Temperature Treatment of Imide and Amorphous Si_3N_4 Powder.....	<i>Bi Yuhui Zhang Peizhi Yu Zhengbo Zhao Hongwei</i> (12)
Recent Status and Techniqu Research of Powder Synthesis by Laser.....	<i>Li Daohuo</i> (21)
Investigation of Controlling Methods of Si_3N_4 Ultrafine Powder Properties by Laser Synthesis.....	<i>Liang Yong Zheng Feng Tong Baiyun</i> (29)
Study on Particle Diameter of Si_3N_4 Ultrafine Powders by Vapor Phase Reaction.....	<i>Wang Quanyu Zhang Kehong</i> (35)
Preparation of SiC Ultrafine Powder by Plasma Method.....	<i>Zheng Guoliang Guo Jiayin Li Songchuan</i> (43)
Study of the Particle Formation Mechanism in the Process of Spray Pyrolysis.....	<i>Dai Xiaming Shao Yi Li Qingfeng</i> (52)
Characterization of Ultrafine Ceramic Powder.....	<i>Qu Zhe Xie Tiansheng Zhang Jinsong</i> (59)
Study on Surface Structure of Ultrafine Si_3N_4 Powders.....	<i>Kuang Gao Feng Qi</i> (72)
Determination of Free Silicon, Total Oxygen and Combined Oxygen in Superfines of SiC and Si_3N_4	<i>Jin Liehuo Hua Baozhi Xu Jing</i> (79)
Determination of Agglomerate Strength in Zirconia Powders	<i>Li Maoqiang Hu Dunzhong Chi Zhuonan</i> (88)
Section I New Structural Ceramic Materials	
Pressure Filtration Forming Technique for the Mullite- ZrO_2 -SiC System Composites.....	<i>Yang Zhengfang Zhou Guosheng Xu Xinhua</i> (96)

Interface in Gas Pressure Sintered Si_3N_4	
..... <i>Ma Litai Ruan Meiling Wu Fengying Zhuang Hanrui</i> (105)	
A New Method Preparing Whisker Ceramic Composite.....	
..... <i>Zhang Jinsong Cao Lihua Luo Chuan Huang Hua Xia Fei</i> (109)	
A Study on SiC Whisker/ Sialon Composite	
..... <i>Gu Peizhi Xiao Yixin He Jinji Zhang Weiru Xu Gang Fan Qisheng</i> (117)	
Research on Fabrication and Oil-Saving of Zirconia Ceramic Needle Valve for Diesel Engine Injector.....	<i>Zhao Shaotang</i>
..... <i>Zhu Fangjun Chen Senfeng Chen Teluan Ye Jiandong Chen Kai</i> (124)	
Study on Materials, Processing, Structure and Durability of Ceramic Valves and Valve Seats for Diesel Engines	
..... <i>Chen Teluan Yang Yiwen Zhao Shaotang Yan Songhao Chen Senfeng</i>	
..... <i>Cui Bingxun Yao Pinggen Zhuang Jing Lai Hanwen Chen Kai</i> (130)	
SiC Whiskers/ Carbon Ceramic Composites	<i>Tian Jiemo</i>
..... <i>Tong Xiaohua Dong Limin Wang Zhenwen Wang Lingling Zhang Baoqing</i> (137)	
Sintering Behavior of Si_3N_4 Swirl Lower-Chamber Ceramic Materials Under GPS.....	<i>Zhuang Hanrui Li Wenlan Xu Suying Fu Minli Fu Xiren</i> (146)
Methods of Improving the Thermal Shock Resistance of Thick Ceramic Ther- mal Barrier Coatings	
..... <i>Zhang Guanzhong Zhao Wenhua Wang Jie He Yong</i> (153)	

Section II Ceramic Parts for Common Internal-Combustion Engine

Investigation on Silicon Nitride Hot Plug for Diesel Engine's Swirlchamber	<i>Xu Shijun</i> (162)
Materials and Processing of Silicon Nitride Piston Crowns for Uncooled Die- sel Engine	
..... <i>Wu Fengying Zhuang Hanrui Ma Litai Li Wenlan Fu Xiren</i> (169)	
Reliability Analysis of the Glow Body of Ceramic Glow Plug	
..... <i>Qiu Kongguang Chen Changming Ding Xianhua Huang Zhuoyao</i> (175)	
Study on Silicon Nitride Material Properties and Processing for Ceramic Glow Plug.....	<i>Huang Liping Dong Liangjin</i>
..... <i>Tong Yidong Chen Yuan Xu Youren Zhu Ping Fu Xiren</i> (182)	
The Development of Ceramic Tappet in I. C. Engine.....	
..... <i>Lu Guangzu Chen Hongzhi</i> (187)	
Vibration Analysis of the Ceramic Turbocharger Blades	
..... <i>Zhou Guijin Chen Changming</i> (195)	
Preparation of Ceramic Turbocharger Nozzle Ring.....	
..... <i>Yu Fenghua Li Jianhui</i> (200)	
Rheology Behavior and Moulding Process of Ceramic Injection Moulding ...	

- Wang Lin Chen Shaorong Zhang Tao Chen Zhengang Wu Jianguang(207)
Preparation of Ceramic Turbine Charger Rotors by Pressure Filtration
..... Wang Shuhai
- Zhao Chunyi Fan Qisheng Zhao Huiqin Hao Yuqiu Li Yong(214)
Cordierite Honeycomb Ceramics for Exhaust Purifier Application.....
.....Bao Zhiqin Luo Jiexiao Li Jingjian(220)
- Study of Wall-Flow Type Ceramic Honeycomb Substrate for Purification of
Diesel Engine Exhaust Gas.....Sheng Shoupeng Sun Yuhua(229)
- Design on Friction Reduction and Fuel-Saving Advantage of the Ceramic
Valve Train on Gasoline Engines
..... Lu Jiqing Zhu Hongxing Zhao Yudong(236)
- Researches on Thermal and Contact Stresses on Ceramic Valve
..... Shen Zujing Meng Sizong Lu Jiqing Wang Zhenyong Tian Wei(243)
- Study of Ceramic Valves for 492QA Gasoline Engine
.....Gu Peizhi Zhang Weiru Xiao Yixin Xu Gang Liu Qing(250)
- Study on Wear Resistance of Si₃N₄ Ceramic Tappet.....
..... Cheng Yingqian Huang Linheng Wang Fuzing(256)
- Joining of Silicon Nitride Ceramic with Steel.....
..... Bao Fanghan Ren Jialie Zhuang Lijun Zhou Yunhong(262)
- Joining of Mullite to Cast Iron with Active Filler Metal
..... Si Zhongyao
- Wen Siwei He Zhijing Lian Peifen Zhang Yuqin Guo Yi Liu Peng(268)
Brazing of ZrO₂ to Cast Iron with Active Filler Metal
..... Si Zhongyao Cheng Zhenghui He Zhijing Lian Peifen Zhang Yuqin(274)
- Study on the Tumble Finishing of Ceramic Components.....
..... Jin Zhiyuan Jin Chenghan(282)
- Developing Ceramic Nozzle for Combustion of Water and Coal Mixture
SlurryShen Zhijian Li Tingkai Ding Zishang(288)
- Boron Nitride Ceramic Break Ring.....
.....Huang Weiqiong Wang Borong Zeng Zhaoqiang(295)
- Cutting Performance and Application of Composite Silicon Nitride Ceramic
Cutting Tools
.....Miao Hezhuo Ma Dejin Qi Longhao Zong Daiqun Jiang Zuozhao(299)
- Study of Extended Application of Ceramic Heat Exchanger
.....Shen Junquan Pan Jihan Li Congqin Ren Yashan Ma Junfeng(305)

Section IV New Techniques for Ceramic Engines

- Development of Model 6105 Ceramic Uncooled Engine.....
.....Zhang Nanlin Zhong Shengyuan

<i>Feng Jingtū Cai Jinwen Pu Qinan Fan Yuan Li Zhenmei Chen Wen</i> (316)	
Development of Ceramic-Metal Composed Piston for Model 6105 Uncooled Diesel Engine.....	<i>Zhong Shengyuan Zhang Shicheng Pu Qinan</i> (326)
Research on Complex Exhaust Pipe of Titanate-Aluminium Ceramic-Metal... ..	<i>Feng Jingtū Wang Xuemei Chen Jinwei Zhou Juyuan</i> (339)
Thermal Barrier Coatings for Diesel Engines.....	<i>Ding Chuanxian Qu Jianzhong Zhang Yefang Qiao Haichao Gu Huimin</i> (347)
Zirconia Thermal Barrier Coatings for Adiabatic Diesel Engine	
Hot-Pressed Si_3N_4 Materials and its Application in Adiabatic Engine Piston Caps.....	<i>Wen Lishi Guan Kan Yu Bing Qian Shengwei Lin Chengfu Fu Lishun</i> (353)
An Investigation of Monolithic Ceramic Pistons Used in Adiabatic Engine Type 6135	<i>Huang Xiaoxian Guo Jingkun Gui Linhua Wang Ronghua Li Baoshun</i> (358)
Development of Head Cylinder Plate for Adiabatic Engine.....	<i>Li Changming Gui Jingwei Lu Ruisong Wu Jinxiang Gao Xiaohong</i> (365)
Mg-PSZ Ceramics and Their Components for Engine	<i>Zhou Jingwei Gu Renxi Qiu Dong Chen Jiahua</i> (376)
Designation and Durability Test of PSZ Upper Ring Compositied Liner.....	<i>Wu Houzheng Chen Yuru Xu Xinhua Tan Jiaqi Yuan Qiming</i> (383)
Ceramic Adiabatic Turbocompound Diesel Engine in China.....	<i>Li Changming Cai Jun Lü Lin Qian Yaonan</i> (391)
Study of the Combustion Process in a B1135 Ceramic Insulated Turbo-Compound Engine.....	<i>Zhang Lianfang Zhu Minxue Mi Zhenhu</i> (400)
Selection of Cylinder-liner and Piston Ring Materials for Adiabatic Diesel Engine at High Temperatures	<i>Wang Yiming Sun Jinhui Xi Shuhe Zhao Kuihan</i> (408)
Development and Use of a Computer Simulation of the Turbocompounded Diesel System for Engine Performance and Component Heat Transfer Studies.....	<i>Jin Yuansheng Ma Xiaohua Xia Weimin</i> (417)
Adiabatic Engine Ceramic Components from Multiphase Toughened Mullite	<i>Cai Jun Wu Jinxiang Gao Xiaohong Shi Derong</i> (425)
High-Performance Turbocharger Used in an Adiabatic Ceramic Engine.....	<i>Yang Zhengfang Liu Qian Chen Yuru Yuan Qiming</i> (436)
Design and Test of the Power Turbine for Adiabatic Turbocompound Engine.....	<i>Weng Shilie Wu Minglan Zou Jietang Cheng Hanping Wang Yanghong Zuo Baifang Wang Yanling</i> (442)
	<i>Ke Xuanling Zhao Shihang Meng Zhaoyong Pei Shengli Meng Fanjuan</i> (453)

Investigation in Ringless Piston Ceramic Engine..... Cui Shaoqin
Gu Deming Jiang Dongliang Tan Shouhong Liu Jianping Shen Bing(460)

Section V Inspection Techniques

Investigation of Method for Determining Compressive Creep of Ceramic
Materials at High Temperature.....Lai Tingrong
Zhu Guoqiang Shen Rongshui Lu Zhenglan Zhuang Hongjuan(470)

High Frequency Ultrasonic Transducer Detecting Ceramics.....
..... Ma Di Zhang Qingchun Dong Jianghua(477)

Experimental System of Microfocal X-CT Applied to NDT of Ceramics.....
..... Zhang Chaozong Guo Zhiping Lü Junzhen(482)

Intelligent THSAM-5 Scanning Acoustic Microscope and Its Application.....
..... Chen Gelin
Hu Sizheng Luo Shuyun Zhang Keqian Shen Zongmin Xu Zhengyuan(488)

Error Analysis for the Creep Measurements of Ceramics.....
.....Guan Zhenduo Gong Jianghong(496)

Lifetime Prediction for SSN Ceramics with Dynamic Fatigue Method.....
.....Zeng Lixian Guan Zhenduo(500)

Statistical Criterion of Characterization on Failure and Damage of Ceramic
Materials After Thermal Shock.....Lai Tingrong
Lu Zhenglan Zhuang Hongjuan Zhu Guoqiang Shen Rongshui(506)

Failure Criteria of High Temperature Fatigue for Ceramics
.....Jin Zongzhe Yang Hong Zhao Hong Yue Xuemei(515)

Size Requirement for Specimen and Size Effects of K_{IC} in SENB Method
..... Bao Yiwang Jin Zongzhe Li Xiaorui(522)

Reliability and Error Analysis for Measurement of Fracture Toughness of
Ceramics.....Bao Yiwang Li Xiaorui Jin Zongzhe(530)

The NDE Characterization and Analysis of Mechanic Behaviours for Cera-
mics.....Zhang Qingchun Ma Di Ling Jianrong Shen Yongfa(538)

我国高温结构陶瓷和陶瓷发动机研究进展及展望

汪宗荣 陈志敏

(国家科委工业科技司,北京 100862)

摘要 本文介绍了国际上高温结构陶瓷的发展概况和我国“七五”科技攻关计划的安排情况,着重叙述了“七五”期间我国高温结构陶瓷及其相关技术的研究进展和工作成果,并展望了我国高温结构陶瓷的发展。

一、引言

现代先进高温结构陶瓷由于具有特定的精细显微结构,因而具有高强度、高硬度、耐磨损、耐腐蚀、耐高温、耐热冲击等一系列优良特性。用它制造的高性能陶瓷材料制品在国防、化工、冶金、电子、机械、石油化工等诸多方面有重要的用途,起着十分重要甚至不可缺少的作用,对国民经济建设和国防现代化建设都有重大意义。

二、国内外概况及发展趋势

高温结构陶瓷和陶瓷发动机的研制是国际公认的高科技领域,最近,美国《纽约时报》在与美国高校、政府部门和工业科技界讨论之后认为:以陶瓷为代表的新材料将成为90年代世界十大发展趋势之一。世界各国对这一领域的发展十分重视,发达国家都耗巨资制订专门的研究计划来发展精细陶瓷材料和陶瓷发动机。日本通产省将精细陶瓷的研究与开发列为国家技术发展政策的重要组成部分,继“月光计划”之后,又推出耗资100亿日元的研制300kW陶瓷燃气轮机的计划;美国近几年组建了几个先进陶瓷研究中心,以加强这方面的力量,在CATE, AGT计划之后,又耗资5000万美元,推出高级燃气轮机计划(ATTAP);西欧、前苏联等也制订了相应的计划。值得注意的是,一些发展中国家包括东欧和亚太地区国家也开始着手研究高级陶瓷发动机部件,并有一些陶瓷件进入应用。

表1 世界陶瓷产品市场(单位:×10⁶美元)

陶瓷产品	1977年	1986年	1991年	1995年
电子器件	813	4808	10820	21375
切削刀具	58	433	885	1625
热机陶瓷件	0	微量	80	675
其他	34	167	329	825
合计	905	5408	12200	24500

高性能陶瓷(精细陶瓷)的产品市场正在发展,据德国陶瓷市场的统计,1985年主要工

业发达国家在世界陶瓷市场的销售额为 50 多亿美元,其年增长率为 16%,与表 1 所列美国的预测基本一致。陶瓷发动机的部分零件已于 1990 年进入市场,到 1995 年会有明显的增长,到下世纪将进入一个迅速的增长时期。

我国在这个领域的起步较晚,工作基础薄弱,和先进国家相比差距较大,有些技术和产品还是空白。在“六五”后期对发动机的个别零件虽安排了预研,也只是属于实验室的探索工作。面对国际竞争的形势,为加速我国高温结构陶瓷的发展,经过调查研究,我国将以陶瓷发动机为应用目标,在“七五”期间组织国内优势力量进行联合攻关,这一方面可以缩小我国陶瓷发动机的研究这一重大项目与国外的差距,另一方面由于陶瓷作为发动机零部件,无论在材质、性能、稳定可靠性等方面都有严格的要求,这又可以极大地促进我国高温结构陶瓷的发展,为今后形成高技术产业打下坚实的基础。

三、“七五”攻关计划的安排原则和重要进展

在调查研究的基础上,参考国外发展情况,结合国内实际,经过有关部门和专家的充分讨论和多次论证,我国确定以发动机陶瓷零部件的研制、无水冷却陶瓷发动机的研制、陶瓷绝热复合原理样机的研究为本课题的近期、中期和远期三大考核目标,其中以前二项为重点,远近结合,以系统工程的办法纵深安排。在课题分解时明确提出了以下原则:

(1) 以材料为基础,以发动机为主要应用目标,陶瓷零部件的开发是两者的结合点,密切材机合作,防止低水平重复。

(2) 材料以现有品种为主,重点是提高材料性能和试制发动机零件,并适当安排新材料的开发。

(3) 要慎重选择发动机机型,优化性能,确定零部件并进行应用试验等。

在课题管理上,参考国外的先进管理经验和国内的实际情况,按系统工程的办法,成立专家组对课题进行过程动态管理。实践证明,在中科院、国家教委、国家建材局、机电部等四个主持部门的大力支持和帮助下,专家组在技术上把握方向准确、指挥得力、管理有成效,促进了材机两个学科的相互了解,增进了大家的团结协作。

我国高温结构陶瓷及陶瓷发动机的研究取得了长足的进展,缩短了我国与先进国家的差距。

(1) 在无冷机的研制方面,6105 增压柴油机在活塞顶、缸盖等关键部位采用陶瓷材料,取消了冷却水,在通过 400 h 台架试验考核后又装在大客车上成功地在京沪间往返 3 200 多公里道路试验,节油 3—5%,全面完成了攻关任务,使我国成为世界上第三个进行无水冷机装车路试的国家。

(2) 在陶瓷绝热复合原理样机的研究方面,解决了该机采用的三个大尺寸陶瓷件的设计、制备和加工等方面的关键技术,完成了预定的考核指标,使我国成为世界第三个进行绝热复合原理样机台架试验的国家。

(3) 在陶瓷零部件的研制方面,共安排了氮化硅、碳化硅、氧化锆、莫来石复合陶瓷、钛酸铝、塞隆等材料品种的研究,研制的陶瓷部件如涡流室镶块、电热塞、陶瓷叶轮、喷嘴环、排气净化器、活塞顶、缸盖底板、缸套上圈、活塞、缸套、挺柱、气门导管、气门座、气门、喷油嘴针阀、排气管及陶瓷厚喷涂件等都取得较好的结果。增压器用陶瓷转子达到了