

TiAl 系金属间化合物发动机零件

众所周知，TiAl 系金属间化合物的高温比强度和刚性都比镍基高温合金和钛合金高，而且在 1273K 左右还具有优良的抗氧化性，是公认的密度小、重量轻、强度高的好材料（表 1）。

表 1 TiAl 系金属间化合物的特性

	钛合金	Ti ₃ Al	TiAl	高温合金
密度，10 ³ kg·m ⁻³	4.5	4.15~4.7	3.76	8.3
杨氏模量，GPa	110~96	145~110	176	206
最高的蠕变温度，K	811	1088	1311	1366
最高的抗氧化温度，K	866	922	1311	1366
室温延性，%	~20	2~5	1~2	3~5
加工延性，%	高	5~8	7~12	10~20

对于航空发动机来说，要达到更高性能的目的，无疑地必须考虑使用各种新材料（图 1）。如果制作发动机

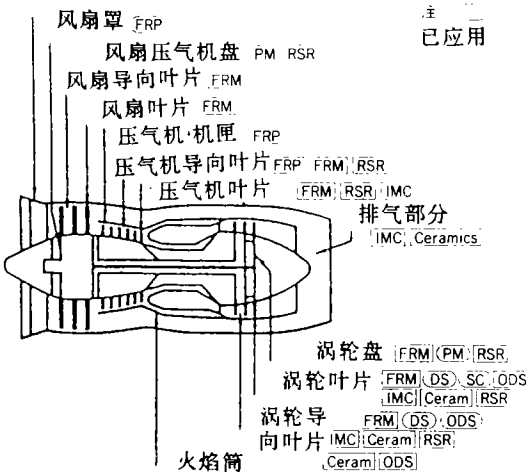


图 1 新材料在航空发动机上的应用预测

· FRP 纤维增强塑料；· FRM 纤维增强金属；· DS 定向凝固合金；· SC 单晶合金；· ODS 氧化物弥散强化合金；· IMC 金属间化合物；· Ceram 陶瓷材料；· RSR 快速凝固材料

涡轮叶片等转动零件的材料能代之以 TiAl 系金属间化合物，则不仅可降低这些零件自身的重量，而且还可减少对涡轮盘和涡轮轴的载荷。但是，由于 TiAl 系金属间化合物在室温下延性较差，要作为发动机的结构材料制作形状复杂的涡轮零件极为困难，至今仍没有真正被应用。因此，日本、美国等正致力研究金属间化合物，企图用这种材料作为飞机发动机的候选新材料，现在已能熔炼和铸造出 2 吨以上的铸锭。

日本已把 TiAl 金属间化合物的基础技术研究列入通产省工业技术院负责的国家计划。美国对飞机发动机零件用 TiAl 金属间化合物的计划也投入了很大的精力，主要研究课题有：添加合金元素以提高延性；用机械热处理法控制组织；高温变形行为的研究以及恒温锻造、粉末冶金、精密铸造（包括耐反应铸型的研究以及探索可提高铸造性能的添加元素的种类和用量等）等成形技术的研究。

据报导，美国空军研究所以 Ti₃Al 作为材料的研究中心，开发出 Ti-14Al-20Nb-3V-2Mo 合金，用热处理控制 α₂ 相的形态，使其形成微细等轴晶而提高延性、形成针状组织而提高蠕变强度和断裂韧性，这种控制组织的方法与钛合金相似。最近已用该材料制成发动机零件（加力燃烧室喷嘴、涡轮叶片等），在空军战斗机上进行适用性试验。

日本也进行了生产规模验证试验，采用生产钛合金精密铸造零件用的消耗电极型真空电弧熔炼炉生产出涡轮零件，并用同一工艺制作的试片和从铸造零件中切取的试片进行试验，获取所需的工程技术数据，再将这些数据用到工厂的零件生产中，以积累加工及检验的经验。结果认为，所开发的 TiAl 合金可用与以往的金属材料基本相似的精密铸造法进行铸造。（刘晓云摘译）

（上接第 43 页）

要选择合适的回火温度，以使材料性能得到优化。

5 实验结论

（1）分析了 APC-2 复合材料的 X-ray 衍射图谱，提出了用 h_a/h_c 来定量分析结晶度的方法。

（2）结合完全无定形态的 APC-2 复合材料的衍射，对结晶常数 K 值进行了计算，K=0.6360。

（3）用统计方法得出结晶度与 h_c/h_a 呈较好的线性关系，这使得结晶度的测量简单易行。

参考文献

1. R. W. H. Small, Eur. Polym. J. Vol. 22, No. 9, 1986, 699
2. D. J. Blundell, J. M. Chalmers, SAMPE Quarterly, July 1985, 22
3. P. C. Dawson and D. J. Blundell, Polymer 1980, 21, 577
4. 裴光文, 钟维烈等, 《单晶、多晶和非晶物质的 X-ray 衍射》, 山东大学出版社, 1979
5. 天津大学化工系高分子教研室编, 《高分子物理》, 化学工业出版社, 1979
6. 黄胜涛, 《固体 X-ray 学》, 高等教育出版社, 1985, 7