

图 4 胶液储存一年三个月(左)和二年半(右)后粘接试片的破坏情况

### 三、7号胶粘剂的应用

本材料除用于 B501 胶布的粘接外(如电缆包复套管的粘接,见图 5),还用于硫化的氟橡胶与铝金属的粘接,常温下抗扯强度达 2.5~2.9MPa;氯磺化聚乙烯硫化胶片与铝板粘接良好;用于橡胶与银件的粘接,不但牢固,而且不腐蚀;尤其粘接聚酰亚胺薄膜于新机后机身电缆结头代替氯磺化聚乙烯管,使用温度

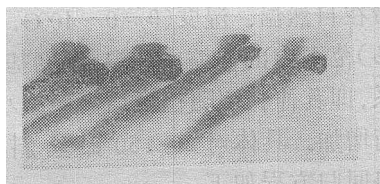


图 5 电缆包复套管的粘接

### 先进的碳/碳复合材料

近年来,碳/碳复合材料(C/C)在航空和航天领域的应用取得较大进展。在飞机上的使用实例是碳/碳刹车盘,在一架实验军用飞机上,碳/碳刹车盘的止动时间为 20 秒,距离 700 米,而铍刹车盘为 27 秒和 1040 米。碳/碳刹车盘还具有重量轻和寿命长的优点。不久前,碳/碳喷管已在 F-100 发动机的加力燃烧室内通过试验。在高速燃气冲刷下,它具有很高的抗应力和磨蚀能力。在航天飞机上,碳/碳复合材料用于头锥和前缘,可以经受空间的酷寒(-153℃)至重返大气层的酷热(约 1650℃),而保持其强度和刚度。

为了解决 M11 高超音速飞机的动力问题,美国 Courtesy 公司研制成功一种直径 38 厘米的涡轮盘,全部使用先进碳/碳复合材料(AC

达 270℃ 左右,已使用 13 年多未出现问题,还在继续使用中。

使用在新机上的部位有:74C-B01/Ⅱ插头处,47 和 50 框燃烧室周围电缆处,垂直尾翼左侧根部及液压活门口盖内粘接处,发动机左右侧的  $\phi 6 \sim \phi 38$  全部电缆等等。已装机几十架,使用 13 年多未见异常,说明耐老化性能很好。从保护电缆的角度来看,比国外的米格-23 和 F-16 飞机还要优越。

### 四、结 论

用高粘度聚氨酯胶、固体含量为 25% 的胶液与固化剂乙组分和耐热填料配制而成的 7 号胶粘剂,可用于 B501 氟橡胶布与金属(阳极化铝和镀锌钢)、B501 与 B501 胶布之间的胶接,胶接性能良好,并具有耐煤油、液压油、磷酸酯油和耐水、耐湿热、耐热老化等性能,可在 -50~+250℃ 范围内使用。经几十架装机和长时间使用证明,7 号胶粘剂能够满足新机高温电缆保护套管和异形零件的使用要求,还可以推广应用到其他材料的粘接上。

C) 制成,重量仅 3.4 公斤,为高温合金盘重量的 1/4。在性能试验中,转速超过每分钟 40000 转。先进碳/碳复合材料是用连续聚丙烯腈纤维增强,其强度和刚度都超过普通碳/碳复合材料。先进碳/碳复合材料的纤维用树脂浸渍后经过四次高温碳化制成,而普通碳/碳复合材料只经过三次高温碳化。先进碳/碳复合材料的抗拉强度高达 210 公斤/毫米<sup>2</sup>,为普通钢的五倍,弹性模量达到 350 公斤/毫米<sup>2</sup>,超过了钛合金。因此采用先进碳/碳复合材料制造发动机,在保持相同功率的情况下,尺寸和重量都将减少。而且可以制出带叶片的整体盘,降低了制造费用。

此外,高超音速飞机的骨架也可采用先进碳/碳复合材料制造。在 1900℃ 时它的强度和刚度超过了室温的铝合金,而重量仅为 1/2。

(郝摘自《Metal Progress》1986 11 增刊)

Ni<sub>3</sub>Ti密排六方{0001}的基面,然后,以它为核沿一定方向生长片状相。一般来讲,它都很薄,约几十埃到上百埃。

由声发射实验得知,条带和基体相比是薄弱部位。大块碳化物较脆,受力后易碎,产生微裂纹。倘若它处在晶界就很容易扩展,这说明在晶界上由于形成Ni<sub>3</sub>Ti相被软化。因而,在涡轮盘上处于轮缘垂直于半径方向的条带危险性最大,径向条带一般不容易产生裂纹。

Clark<sup>[2]</sup>研究了不锈钢添加Al、Ti对沉淀相的影响,得到Ti的含量和时效温度及时效时间对胞状群体相的量有很大影响,特别是Ti含量的影响更大。这说明Ti的局部偏析是造成条带形成的主要原因之一,当然也不能排除时效温度波动的影响。

## 四、结 论

1. GH33A低倍条带为细晶粒带,在其中

有大量的针状相(Ni<sub>3</sub>Ti)和MC型碳化物。

2. 条带中Ti含量偏高,这是形成Ni<sub>3</sub>Ti相的主要原因。

3. 条带易产生裂纹,裂纹易在条带内扩展。裂纹源多发生在大块碳化物上,并易在晶界上推进。如遇到Ni<sub>3</sub>Ti相,裂纹沿相与基体结合处通过。

4. 涡轮盘上的条带,轮缘垂直径向的危险性大,而径向条带不易产生裂纹。

对黎明机械厂张培国同志提供试样表示感谢。

## 参考文献

- [1] Baker, R.G. et al, Phil. Mag., 4(1959), P.1339.
- [2] Clark, B.R. and Pickering, F.B., J. of the Iron and Steel Institute, Vol.205, 1967, p.73.

## 结构陶瓷研究现状

据统计,美国目前有100家公司、大学和研究组织正在进行结构陶瓷的研究。日本也有50余家,英国和西德各有15家,其它国家也有不少厂家。

对于单一陶瓷,如碳化硅和氮化硅陶瓷已进行了广泛的研究。目前研究的另一途径,在于改进从先质材料到最终烧结的每一工艺步骤。对各种各样的制造技术进行了试验,包括铸型涂料、注射成型工艺和热等静压工艺。

福特动力公司对SiC的混合、失蜡、注射成型和烧结工艺作了平行的研究,并且发展了一种流体混合技术,以减少裂纹尺寸,改善强度。一种用于注射成型的改进的真空系统能使屈服强度从66%提高到96%。Garrett公司注射成型工艺制成Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>陶瓷,提高强度20%,室温断裂模量达到669MPa。

NASA刘易斯研究中心采用粉浆浇注和烧结相结合生产SiC的平均强度为430MPa,强度提高30%。这种材料显微组织极细(0.3~3μm),且无内部缺陷。

美国对单一陶瓷已进行了广泛的了解,并且建立

了性能数据库。目前重点已转向这些材料的复合材料及其相关的研究。刘易斯研究中心寻求连续陶瓷纤维增强的硅基陶瓷基体,计划承受1430°C以上的高温。该系统包括二个用SiC纤维增强的反应—粘结SiC和Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>。用聚合物的衍生物先质,例如Polysilanes和Polysilazanes来处理纤维和基体。除此之外,还研究化学蒸汽沉积SiC纤维;探索石墨和SiC/石墨涂层;用SiC晶须增强氧化铝基体等方面的研究工作。

精确的寿命预测对未来的航宇和动力系统应用结构陶瓷至关重要,研究包括环境影响、断裂力学、疲劳以及和时间相关的行为。目前已提出一种叫做“断裂图”的寿命预测方法,用于Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>等不同材料和破坏模式。结果发现,因缓慢裂纹扩展而引起的静态疲劳破坏是最重要的破坏模式。同时,NASA研究用切口试样测定平面应变断裂韧性的标准试验方法。研究无损评定技术,计算机辅助制造和设计技术等领域。以期在未来10年或20年内,使结构陶瓷——单体陶瓷或复合陶瓷在实际中取得重要的应用。

(傅孙靖摘自《Metal Progress》1986.10.)

## 加速专家系统建设 努力开展材料设计

由上述可知,利用计算机进行材料设计既高效、经济,又切实可行,应该尽快引入我们的材料科研中。那种“炒菜”定材料的方法是不经济的,不一定是最有效的。但是,目前采用计算机进行材料设计方面还存在一定困难,这主要表现在现存数据不配套,如材料性能缺组织结构信息,或者热处理的制度不明,甚至连炉批次都未作记载。某些材料的性能也过于简单、单纯,限于所谓 $\sigma_b$ 、 $\sigma_{0.2}$ 、 $a_k$ 、 $\delta$ 、 $\psi$ 五大指标,各种重要的使用性能,如疲劳、断裂、腐蚀性能等没有提供,以致不能从这些材料数据中萃取更多有价值的信息。解决数据的配套与性能的综合已成为利用计算机进行材料设计的当务之急。为此,提出以下建议:

(1)为了充分有效地利用现有数据资源,为专家系统提供更多信息,应对不完善、缺项的数据进行必要的补充,补充了小部分,可利用

\*\*\*

\*\*\*

\*\*\*

\*\*\*

### 粉末冶金的新动向

粉末的特性可通过合金的可硬化能力、颗粒的形状和可压缩性来影响零件强度与功能。最近,在基体合金方面已出现了许多变化。由于汽车工业不断强调减轻重量,所以在许多应用方面都以铝取代铸铁。这类零件大多是运动件和摩擦件。为克服铝的耐磨性差这一问题,常在关键的摩擦部位涂复一层价格较贵的耐磨合金,其余部位则用铝。如丰田汽车内燃机中的凸轮轴,就是以4140管材做主轴,再以粉末冶金方法将Fe-Cr-Mo-Cu-P-C合金粉末在其上压出八个凸轮,烧结后即可加工使用。其它如发动机连杆、活塞环、阀座等,也都采用粉末冶金件,并即将被福特汽车装机使用。

从设计角度说,这些零件应具备强度、韧性、冲击韧性的良好搭配。但粉末制品的韧性不如锻造件的好,所以在新合金粉末的研制中

一大批,

(2)特别要把研制过程中的数据、包括技术档案和个人保存的试验数据输入数据库。这将是一批不小的财富;

(3)有计划、有步骤地产生一批综合、配套的数据。可以从飞机、发动机关键零部件材料的开发入手;

(4)为了开展关键性金属结构材料的设计,有必要配备小型熔炼设备(如5~10kg熔炉等),为计算机设计材料的验证试验提供试料,为建立精确的数学模型提供物质条件。

材料方面的计算机辅助设计,在我国还是一个崭新的领域,国内尚无可借鉴。作者撰写此文,期望引起有关领导的重视和支持,同时希望引起材料科学战线同行的兴趣。我们航材数据库中心愿意和大家一道,为祖国材料科学事业的发展、航空工业的振兴而努力。

### 参考文献

- [1] 山崎道夫,金属, Vol.53, No.10, 1983, PP.11~15.

\*\*\*

\*\*\*

\*\*\*

\*\*\*

应设法弥补,由此产生了Fe-P-C、Fe-P合金。P可改善粉末合金的韧性,因为P的熔点比合金正常的烧结温度低,烧结时零件内的孔洞便被液态相所充填,有利于铁粉颗粒间的扩散粘结,从而提高零件的韧性。

粉末可压实性的任何改进,都会成为粉末冶金制品打开一个新销路的依据。现在,已经能够把所制取的铁粉压成密度为7.2g/cm<sup>3</sup>的零件,这一密度值已达到Fe理论密度值7.8g/cm<sup>3</sup>的92%。这类粉末可用于制造磁性零件。

为提高制品的密度,已开发出两种经济而又方便的技术。一、用计算机辅助设计,以掌握二次加压成形时粉末的流动情况;二、借助烧结时的自然收缩达到提高密度的目的。该法已生产出密度为理论值99.9%的传动件。利用自然收缩,还可解决两个配合件组装的问题。

(祝摘译)

## 耐热合金大气等温锻造用锻模新材料

### “Nimowal”合金

在等温锻造中,工件和锻模都要加热,因此,要求锻模材料必须具有优良的高温强度。

Ti合金等温锻造时,锻造温度低于1000℃,可采用In-100或Mar-M200镍基高温合金作锻模,但超耐热材料等温锻造的温度高达1000~1100℃,故一般镍基高温合金的高温强度已嫌不足,必须使用TZM等Mo合金作锻模材料。

虽然Mo合金的高温强度很高,但氧化性却极差。因此,超耐热合金的等温锻造,非在真空或惰性气体中进行不可。这样一来,就需要有真空室等复杂的锻造设备,而且工作效率低。如能获得在1000~1100℃尚有足够高的强度及耐氧化性的锻模材料,则耐热合金就可与Ti合金一样,在大气中进行等温锻造,且可简化设备、提高工效。基于这种设想,日本在现有Ni基合金的基础上,经过试验,研究成功了一种新的等温锻造用锻模合金Nimowal。

该合金的成分为:12%W,10%Mo,6%Al,0.01%Y,余为Ni。它在950~1000℃的高温耐压能力与Mar-M200相当;在1050~1100℃的拉伸强度远高于Mar-M200,与TZM合金相当;在7次(至少)循环加热后的耐氧化性与Mar-M200相当;在10次循环加热后,其氧化减量换算成厚度约为6μm(这在实际应用上是不成问题的);其切削性至少为Mar-M200合金的2倍;其20小时、0.1%蠕变强度为In-100粉末挤压合金的3倍多,故可保证锻件的精度。

据报道,日本日立金属株式会社安来工厂用Nimowal合金锻模对各种超耐热合金及Ti合金进行了大气中的小型锻件等温锻造试验,证实了这种合金完全可作为大气中等温锻造的锻模材料。例如,他们已成功地用In-100粉末挤压棒材 $\phi 14 \times 17$ mm、在1070℃、初期应变速率为 $10^{-3} \text{ s}^{-1}$ 的条件下,等温锻造成直径为26mm的复杂锻件。现在他们正在致力于实用规模的大气等温锻造技术的开发。

Nimowal合金综合了优良的高温强度和耐氧化性,而且制造容易,价格远比Mo合金便宜,故不仅可用于等温锻造,而且还能用来制造各种高温用金属型或工具等。现正在研究它在各种用途中的扩大应用。

(东华摘译自《日本金属学会会报》

1986, Vol. 25, No. 5)

( ) ( ) ( ) ( )

### 新型铸造镁合金

近年来,为提高发动机和齿轮箱的工作效率,航空航天工业提出了更高的温度要求。英国镁电子产品公司为适应这一要求,研制了比现有高强度镁合金更好的高温镁合金WE54。这种合金的室温性能优于QE22A,而且不用银和钼。

该公司的早期研究表明,镁钕合金中添加钇可改进高温性能,同时钇在镁中溶解度高并能沉淀强化。氧化钇又广泛地分布于稀土金属矿中。初步研究证明,高温镁合金中的含钇量最好高于4%,而且不用纯金属,以便获得较好的综合性能。

WE54镁合金含5~5.5%钕稀土,1.5~2%钇,0.4~0.5%锆。其主要性能为:0.2%屈服强度185MPa;抗拉强度255MPa;延伸率2%。这种合金淬火后在250℃下时效16小时,250℃以下抗拉强度几乎不受瞬时温度曝置的影响。室温抗拉性能超过现有其它铸镁合金并可与铸铝合金媲美。这种合金在250℃下1000小时长期温度曝置后的性能大大超过目前使用的任何一种铸镁合金。同样,蠕变性能也很好,这种合金的抗腐蚀性能也相当好。在盐水浸渍或周期性盐雾喷射试验中WE54的抗蚀性优于目前的镁-锆合金。

(冬白摘自《Aircraft Engineering》

1986, 58(5))



# 《中国航空材料手册》编写工作胜利完成

我国第一部大型、综合性的材料手册——《中国航空材料手册》的正式稿已于三月底送交出版社,标志着两年半的编写工作胜利完成。

这部手册的编写工作是在航空部的领导下进行的,整个编写过程中得到了中国科学院、冶金工业部、有色金属总公司、化学工业部、石油化工总公司、轻工业部、建筑材料工业局及所属研究院、所、工厂、高等院校等单位的大力支持。参加编辑委员会工作或承担编写任务的有各方面经验丰富的专家,提供数据、资料的单位达三百多个,参加人员共有一千一百多人。《手册》中选录了1789个牌号的材料,其中金属材料713个,非金属材料1076个,分7卷20篇。这部大型工具书的编成和出版是全国各有关部门大协作的结果,是广大科技人员和工人多年来辛勤汗水浇灌的航空科学技术的结晶。

这部手册具有以下几个特点:

**1. 先进性** 《手册》选录了近年来我国研制的钛合金、先进复合材料、定向凝固和单晶合金、粉末冶金等新型材料,以及某些带有发展方向的、有一定研究成果的新材料,如形状记忆合金、非晶态软磁合金、超导材料等。《手册》中列入了各科研、生产和使用单位近年来测定的各种持久、蠕变、疲劳断裂、应力腐蚀以及接近使用条件的各种模拟试验性能的大量数据,在一定程度上反映了我国航空材料研究

的成就和已达到的水平。

《手册》的编写格式统一,采用数字编码,便于计算机存贮与检索。

**2. 综合性** 《手册》包括了金属材料、有机和无机非金属材料,既有结构材料,又有功能材料;既有物理、化学、力学性能数据,又有工艺、组织结构方面的参数和扼要描述。

**3. 可靠性** 《手册》所选录的数据大部分是有关科研、生产、使用单位测定和提供的,并且经过严格处理和核算。重要结构材料的拉伸强度性能还提供了A、B基值,为设计提供了许用值。

**4. 实用性** 《手册》中按材料牌号给出了技术标准、品种规格、供应状态、应用概况和生产、使用中应注意的事项等,是一部带有标准性质的实用工具书。它不仅适合航空产品设计人员使用,还可供科研、生产、使用和维修人员使用,对汽车、燃气轮机、船舶、机械、仪表制造业,以及石油、化工、轻工、建材、纺织各有关部门也具有重要的参考价值。

《中国航空材料手册》繁重的编写工作基本结束了,但一丝不苟的出版工作还在后头,到1989年上半年本书出齐之前,还要做许多认真细致的工作。我们将为《手册》的高质量而继续努力。

(姜作义)

## 高强度氧化锆基陶瓷发动机零件

发动机零件由氧化锆高强度烧结体制成,它含有53~98% (重量) 氧化锆 (其中含有1.5~5分子百分数的氧化钇) 和53~2% (重量) 氧化铝、 $Al_2O_3$ — $MgO$ 尖晶石化合物或 $Al_2O_3$ — $SiO_2$ 莫来石化合物。

初生粒度为200~400 Å 的氧化锆细粉末最好用湿法制备。

用途和优点: 高硬度的发动机零件,可预防由于磨损或间隙增大造成时间延迟而导致效率降低。其室温强度、高温强度和耐热震强度都很高,因而可用于反复暴露在大约1000°C的高温、高热应力和高机械应力的环境,例如内燃机。

(少卿摘译)