

快速凝固高阻尼 Al-Zn-Mg-Cu 系合金的研究

北京航空材料研究所 刘大博 戴圣龙 王田珍 李春玉

本文研究了利用快速凝固粉末冶金工艺制备高阻尼 Al-Zn-Mg-Cu 系合金。通过拉伸性能与阻尼性能的测试,以及显微组织分析,探讨了纯铝及石墨对合金拉伸性能及阻尼性能的影响。结果表明:Al-Zn-Mg-Cu/15wt%Al 合金的室温拉伸性能已达到 LC9CGS1 的水平,阻尼性能为 $Q^{-1}=6.0 \times 10^{-3}$;在室温至 300℃ 温度范围内,随着温度的升高,合金的阻尼能力提高;合金的阻尼机制属复合型机制。

关键词: 快速凝固, 高阻尼铝合金, 拉伸性能, 阻尼性能

Rapid Solidification High Damping Al-Zn-Mg-Cu System of Alloy

Liu Dabo Dai Shenglong Wang Tianzhen Li Chunyu

(Beijing Institute of Aeronautical Materials)

Rapid solidification technology was employed to develop high damping Al-Zn-Mg-Cu system of alloy, and the effects of graphite and pure aluminium on mechanical properties and damping capacity of the alloys were studied in this paper. Results show that Al-Zn-Mg-Cu/15wt%Al alloy has the same mechanical properties as the high strength aluminium alloy 7075-T6 and its damping capacity was increased to the level of $Q^{-1}=6.0 \times 10^{-3}$ at room temperature. The superior damping capacity of the present alloy is attributed to the pure aluminium absorbing the vibration energy.

Keywords: Rapid solidification, High damping aluminium alloy, Mechanical properties, Damping capacity

一、前言

传统的结构合金在与振动与噪声有关的应力振幅下,一般不能表现出明显的减振能力,控制振动与噪声主要有:增加机器的重量或刚度来减小振幅、设计合理的结构避免共振以及绝缘主机的振源等方法。这些方法是从结构设计上着手,在解决振动与噪声问题的同时,也带来了增加机械结构的重量以及占用空间的问题。

采用高阻尼材料结构件是一条既方便又有效的减小结构振动及降低噪声的途径。高阻尼合金是一种具有减振降噪功能的新型结构材料。国外学者从 60 年代开始就对此十分关注,到 70 年代末,已开发出一定数量的高阻尼合金系列,其中许多合金已处于商品化阶段,如高减振铸铁,复合阻尼钢板, Mn-Cu 系减振合金等^[1]。这些合金在国外已用于潜艇、航空、导弹发射控制系统、仪器、仪表及机械工业降噪减振。但是已成熟的高阻尼合金密度较大,还不能完全满足航空工业中某些重要零部件的要求。针对航空工业的需要,研究了快速凝固高阻尼 Al-Zn-Mg-Cu 系合金。

二、试验方法

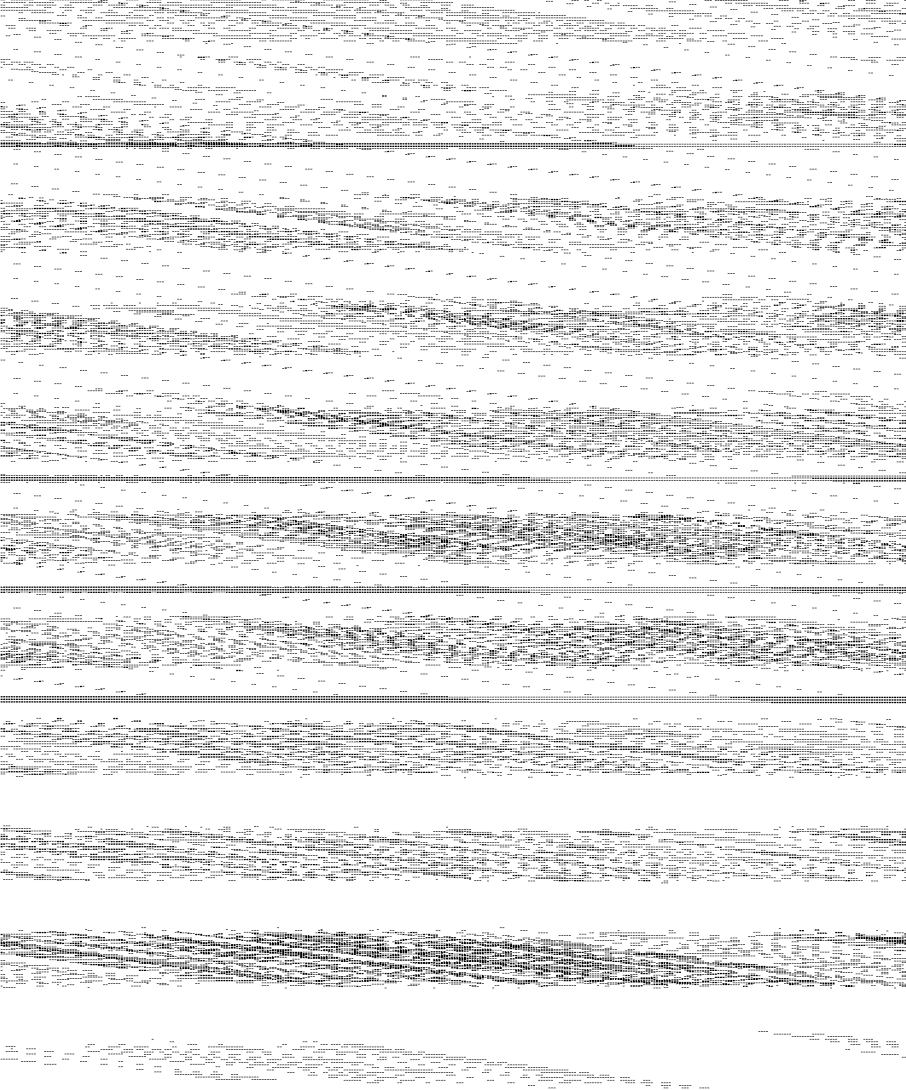
高阻尼合金的减振性能来源于微观组织及其交互作用。其减振机制可分为:铁磁性型、孪晶型、位错型及复合型四类^[2]。本文所研制的合金是按复合型的阻尼机制来设计的。

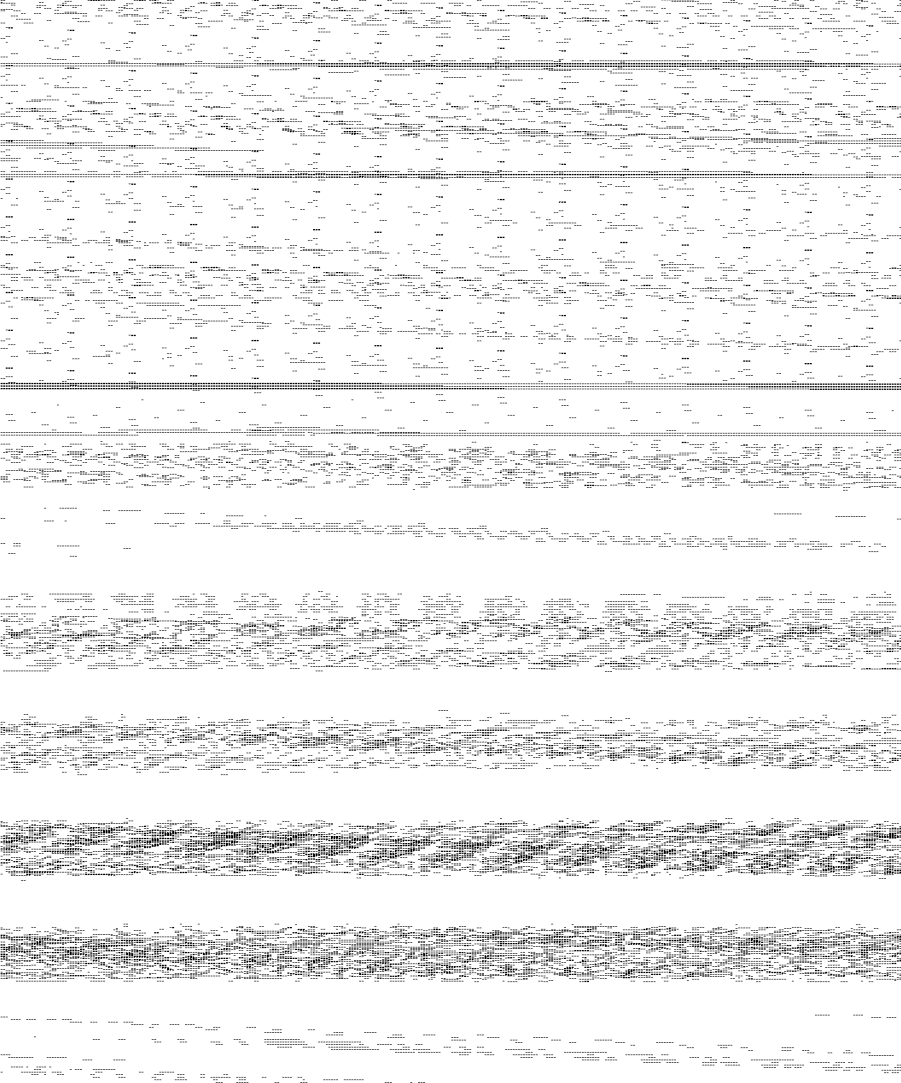
复合型的阻尼合金在周期应力的作用下,强度高的基体组织发生弹性变形,而较软的余相组织则产生塑性变形,从而使合金的能量散逸大大提高^[3]。

按着这种作用机制设计高阻尼合金,需要选择合适的基体合金及作为软相的材料。作为高阻尼结构材料,在具有阻尼性能的同时,还应满足一定的力学性能要求。综合考虑这两者,选择快速凝固高强 Al-Zn-Mg-Cu 系合金作为基体,易变形的纯铝及石墨作为软相。

合金的成分列于表 1 及表 2。

合金的制备采用快速凝固粉末冶金(RS-PM)工艺。





耗值的大小。这里的阻尼性能就是用这个能量值表示的。可以看出,随着温度的升高,合金的阻尼性能提高,在300℃左右出现最大值,继续升温,阻尼性能又下降。

图6为合金的模量随温度的变化情况。随着温度的升高,模量逐渐减小。

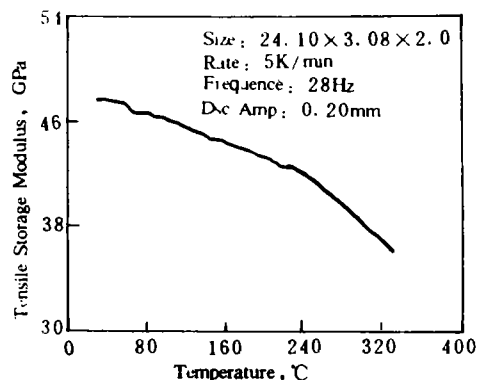


图6 合金的模量随温度变化情况

Al-Zn-Mg-Cu/15wt%Al合金的阻尼主要是由于软相、硬相分别发生塑性、弹性变形引起的。温度升高,

软相的塑性提高,导致了阻尼性能的提高。当温度升高达一定值后,合金的刚度下降,抵抗变形的能力减弱,因此,为维持振动所需的能量也减少,所以合金的阻尼性能又下降。

四、结 论

1. 石墨作为软相的合金的阻尼性能优于纯铝作为软相的合金的阻尼性能;但前者的延伸率较低;
2. Al-Zn-Mg-Cu/15wt%Al合金具有较好的拉伸性能及阻尼性能;
3. 随着温度的升高,Al-Zn-Mg-Cu/15wt%Al合金的内耗值单调上升,在室温至300℃范围内没有内耗峰;
4. 合金的阻尼机制属于复合型机制。

参考文献

1. [日]长崎诚三,《金属知识大观》
2. 比内正胜,佐藤行夫,める/Al, 1986, (1): 25~32
3. 杨桂荣,机械工程材料, 1989, (6): 1~5

陶瓷发动机用润滑剂

众所周知,陶瓷发动机可在800~1100℃的温度下工作,比普通合金材料制成的发动机工作温度高得多,而且装有陶瓷发动机的运输车辆不需要冷却水箱和风扇。这样,就大大减轻了车辆的重量,降低了能量消耗,因为水箱和风扇要消耗掉普通发动机所用能量的三分之一左右。但是,陶瓷发动机的普遍推广目前仍然受到限制,原因有两方面,一是陶瓷零件的脆性断裂问题还有待进一步解决,二是缺乏适合陶瓷发动机的润滑剂。

为了推动陶瓷发动机的发展,许多材料科学家正致力于这两方面的工作。为了寻找适合于陶瓷发动机的耐高温润滑剂,美国弗吉尼亚布莱克斯堡的弗吉尼亚聚合物技术学院和弗吉尼亚州立大学机械工程教授迈克尔·富里(Michael Furey)进行了大量工作,于1993年研制出一种润滑剂,这种润滑剂适用于陶瓷发动机的工作条件,可以在高温高压下有效地起润滑作用,可以大大减少发动机的磨损。

这种润滑剂在陶瓷不断磨损的一些点上起润滑作用,并产生很大的热量。在热量的作用下,在载体油中产生少量的新化合物,从而在两个摩擦表面之间形成光滑的聚合物润滑膜,可以减少98%的磨损。

在普通的润滑剂中,通常添加有二烷基连二磷酸锌,这种润滑剂是设计用来润滑金属或钢制零件的摩擦表面的,不能耐更高的温度,也不和陶瓷表面反应形成光滑的润滑膜。

由迈克尔·富里研制出的陶瓷零件的润滑剂是一种单分子体,这种单分子体可以形成长链聚合物,在陶瓷表面以一种有序形式被吸附,当陶瓷发动机在高温高压下工作时,吸附在陶瓷表面的这些低分子量的单分子体就发生反应,形成聚合物膜,对运动的零件起润滑作用。有趣的是,它们只在需要润滑的地方形成聚合物膜,并且能连续形成和不断向需要润滑的点上填充。其优点是这种润滑剂只吸附在陶瓷表面,并不是和陶瓷本身起反应形成润滑介质。

迄今为止,迈克尔·富里和波兰雷多姆技术大学的一位研究人员切斯劳·卡杰达斯(Czeslawkajdas)合作,试验了约60种不同的单分子体,其中有10种特别适合做润滑剂。

用单分子体做陶瓷零件的润滑剂,至少可以减少80%以上的陶瓷磨损,这意味着可增加陶瓷零件的寿命达4倍。

目前,迈克尔·富里等人仅在实验室条件下试验了这些润滑剂,他们希望和使用陶瓷发动机材料的车辆制造厂合作做进一步的实验。因为润滑剂的发展关键取决于车辆制造厂发展陶瓷发动机的发展计划。美国能源部为促进高效率陶瓷发动机的发展,正在和美国国家科学基金会及美国标准技术协会合作,对这种润滑剂的进一步研制进行资助。因为这种润滑剂也可以广泛用于使用陶瓷材料做切削工具的机床制造业。

(刘先曙)