

磁流变体的制备及性能

张平*, 刘奇, 王东亚, 黄元龙

(重庆仪表材料研究所, 重庆 400700)

摘要: 对以羰基铁粉、硅油和烃类油为悬浮相和悬浮介质, 通过适当添加剂和工艺制备的磁流变体材料, 制备方法、磁流变性能及影响因素进行了研究, 认为是具有良好综合性能的磁流变体材料。制备的磁流变体具有较低的零场粘度(0.41.5 Pa·s), 较高的剪切应力($\tau = 5075$ kPa)和良好的稳定性及阻尼性能。

关键词: 磁流变体; 智能材料; 减振器; 分散体

中图分类号: TF125.8 文献标识码: A

1 引言

磁流变体(MRF)系一种在外界磁场作用下流变性能发生明显变化的分散体材料, 与电流变体(ERF)相比, 具有磁场下剪切应力值高、对杂质污染不敏感和 η_p/τ_y^2 值低的明显优点^[1], 有广阔的工程化应用前景。我们针对汽车智能减振器的应用研究开发用磁流变体材料的制备方法和性能影响因素进行了系统的研究。

2 实验方法

2.1 磁流变体制备方法

磁流变体分散体系由悬浮相、表面活性剂或固态胶体稳定剂、悬浮介质构成。悬浮相采用系列羰基铁粉, 粒度分布为 $0.520 \mu\text{m}$, 体积分数为15%~30%。添加剂及预处理剂分别采用磺酸盐、油酸、偶联剂、烷基胺磷酸酯、溴化烷基甲基铵(CTAB)、烷氧基硫代磷酸盐、Tween80, OP-10、聚乙二醇、 SiO_2 及其它非离子型添加剂等, 添加体积浓度为0.5%~6%。悬浮介质分别采用硅油和烃类油。典型制备工艺为基液置换法, 即先在某种介质中添加适当助剂对悬浮相进行超声分散和机械高速分散, 随后进行真空干燥或红外干燥和更换基液并添加适当助剂, 进行高速机械分散适当时间。制备完毕后将样品置于密闭容器储存。

2.2 性能测试方法

磁流变体的零场粘度采用NDJ-1和其它RV粘度计在不同温场下测量, 磁流变性能(剪切应力 τ)采用MRTS-01平板式磁流变仪分别在0.10.6 T磁场和 $\dot{\gamma} = 50400 \text{ s}^{-1}$ 剪切速率的室温条件下测量。沉降稳定性采用对试管中样品分层百分比随时间变化的目测方法和对板结情况的观察确定。沉降后重新起浮性能的评价通过试管中样品在螺线管产生的竖直磁场下(空气介质中约0.1 T)的起浮速度和在0.3 T恒定磁场下均匀分层情况进行。磁流变体样品的

* 通讯联系人, Email: liuqida@163.net

收稿日期: 2001-08-14; 修回日期: 2001-08-25。

阻尼振动试验效果通过重庆大学研制的智能减振器示功试验结果评价, 试验电压 02.8 V, 电流 01.4 A, 振动频率 1.8 Hz。同时采用 JCXA-733 电子探针, FT-IR MAGNA 550 红外光谱仪, SKC-2000 型粒度分布测试仪及 VSM-155 型振动样品磁强计等对所研制样品的化学组成、悬浮相形貌、粒度分布和结构、磁学性能等进行了分析。

3 结果与讨论

3.1 零场粘度

典型磁流变体样品的室温零场粘度为 0.4-1.5 Pa·s。室温零场粘度除与悬浮相体积分数、粒度分布与形貌、介质类别与粘度、合成工艺、剪切速率(剪切稀化)等因素有关外, 影响最大的因素是添加剂的选择, 因为添加剂明显改变分散效果。对于采用硅油介质的分散体系, 所采用的添加剂都在不同程度上增加分散体的粘度, 而对于烃类油介质构成的分散体系选择的添加剂在不同程度上降低体系的粘度。在 -20、27 和 100℃ 温场下对烃类油介质的分散体测试, 其零场粘度分别为 1.8、1.0 和 0.4 Pa·s。

3.2 磁流变性能

上述典型样品在磁场作用下剪切应力随剪切速率($\dot{\gamma}$)和磁场强度变化结果如图 1 所示。可见在 0.3 和 0.6 T 磁场下, 剪切应力值已分别达到 31 和 77 kPa, 与在同一仪器测得的美国 Lord 公司磁流变体样品 MRF-132LD 结果相当(图 2)。

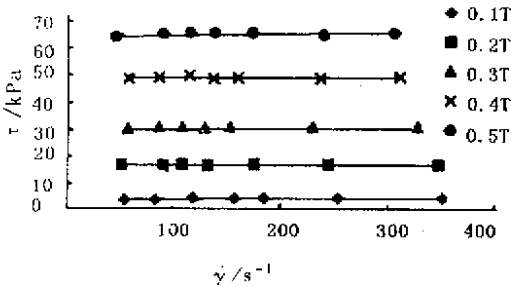


图 1 研制样品的磁流变曲线

Fig.1 $\tau\dot{\gamma}$ curve with different B For the MRF

研究表明, 大多零场粘度较高的样品都具有磁场下较高的剪切应力, 影响零场粘度的因素中的悬浮相体积分数、粒度分布和合成工艺均对剪切应力产生明显的影响, 但剪切速率 $\dot{\gamma}$ 对磁流变性能(τ)影响却很小。添加剂在改变不同介质制成的磁流变体零场粘度的同时引起磁场下剪切应力的很大变化, 该变化有时远超过悬浮相体积分数增减所带来的变化, 通过添加剂类型、配比及复合工艺和悬浮相预处理工艺的选择, 可得到综合性能较好的磁流变体样品。研究表明, 典型样品 $\tau_{0.5T}/\tau_{0.1T}$ 达 15 左右, 并且在 0.6 T 磁场下, τ 值仍有较大增幅, 说明所选择的悬浮相及制备的磁流变体具有较高的饱和磁化强度。

3.3 沉降及团聚稳定性

样品制备静置 20 天后, 以目测计算平均日沉降百分比作为衡量沉降稳定性指标。上述典型样品的沉降速度分布在 0%~2.0%/d 范围。实验过程及结果表明, 影响沉降及团聚稳定性的主要因素为悬浮相颗粒大小和体积分数以及样品的粘度。小直径悬浮相颗粒沉降速度慢, 但磁场下的剪切应力低。高的悬浮相体积分数样品沉降速度慢, 其机理可能是由于固相颗粒间的相互作用所致。高粘度样品的沉降稳定性好于低粘度样品, 上述规律基本符合 Stokes 沉降公式的规定。

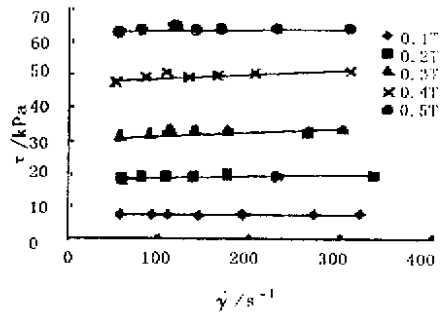


图 2 美国 MRF-132LD 磁流变曲线

Fig.2 $\tau\dot{\gamma}$ curve with different B for MRF-132LIX (USA)

2001年10月

CHINESE JOURNAL OF CHEMICAL PHYSICS

Oct. 2001

目前用来改善磁流变体沉降及团聚稳定性的主要方法为添加界面活性剂使悬浮相在介质中有良好的分散性(两亲性处理),添加固态胶体稳定剂形成空间网状触变结构,该结构不明显增加体系粘度和影响磁场下固相成链;采用不同粒度和形状及磁性能的固态颗粒在介质中构成“毛刷”结构,采用高分子接枝或无机物包覆悬浮相颗粒,从而减缓沉降速度,克服团聚和板结,提高使用稳定性。另外,减小悬浮相粒子剩磁或矫顽力被认为是提高磁流变体沉降及团聚稳定性的有效途径^[2]。在评价沉降稳定性的方法上国外已采用在离心机构的沉降系统中对不同层面流体的磁导率随时间变化关系的测量来实现^[3]。

3.4 二次悬浮性和振动阻尼性

该性能用以评价已产生一定沉降的磁流变体在确定磁场下,悬浮相颗粒重新起浮的速度和程度情况,对工程应用有很大意义,虽然悬浮相与介质密度相差悬殊使沉降难以克服,若沉降的磁性粒子能在磁场下快速悬浮恢复原有的均匀分散体系,仍不会影响使用^[4,5]。所研制的不同样品该项性能在数秒到数分钟范围变化,其主要影响因素是悬浮相在介质中的分散情况以及由此带来的粘度变化情况,团聚较严重及粘度较高的样品即使在较大的激励磁场下,起浮速度仍十分缓慢或难以起浮。将研制的典型磁流变体样品用于重庆大学汽车智能减振器的示功试验,试验结果与国外磁流变体减振器的阻尼效果相当。

致谢:本研究由重庆市科委资助,磁流变性能测试由重庆大学工程力学系常建同志完成,减振器设计及示功试验由重庆大学光机系廖昌荣同志完成,在此一并表示感谢。

参 考 文 献

- [1] Zhang Ping (张平), Wang Dongya (王东亚), Huang Yuanlong (黄元龙). *Materials Review* (材料导报), 2000, **14**(4): 57
- [2] Phulé P P, et al. . *J. Mater. Res.* , 1999, **14** : 3037
- [3] Gorodkin S R, Kordonski W L, et al. . *Rev. Sci. Instrum.* , 2000, **71** : 2476
- [4] Phulé P P, Ginder J M. *J. Modern. Phys.* , 1999, **13** : 2019
- [5] Jolly M R, Bender J W. *Carlson. SPIE. J. D* , 1998 : 3327

Synthesis and Properties of Magnetorheological Fluids

Zhang Ping* , Liu Qi , Wang Dongya , Huang Yuanlong

(Chongqing Instrument Materials Research Institute , Chongqing 400700)

Abstract A relatively stable and redispersible MR fluids based on meso-scale ferromagnetic carbonyl iron (CI) powder, silicone oil or hydrocarbon oil and suitable additives by rational process is described. The MR fluid exhibited shear stresses of 75 kPa ($B = 0.6$ T), off state viscosity of 0.41.5 Pa s, and ideal damping property.

Key words Magnetorheology, Smart material, Damp, Dispersion

* To whom correspondence should be addressed, Email: liuqi@163.net