

# 轻质磁性材料的制备及在磁流变液中的应用\*

吴\*\*，张秋禹，罗正平，谢钢，张军平  
(西北工业大学化学工程系,西安 710072)

**摘要:** 研究了使用化学镀的方法在轻质载体上包覆具有磁性的镍、钴等物质。该材料具有密度低的优点(有效密度为  $23 \text{ g/cm}^3$ )。对比于几种羰基镍粉制备的磁流变液的沉降稳定性,使用该轻质磁性材料制备的磁流变液不用加防沉剂,其稳定性类似于加入较多防沉剂的羰基镍粉磁流变液。其在磁场下表现粘度比零磁场下的粘度有几十倍的变化。因此,使用该轻质磁性材料有望解决磁流变液普遍存在的沉降问题,得到综合性能良好的产品。

**关键词:** 磁流变液;轻质磁性材料;沉降稳定性

中图分类号:TF125.8 文献标识码:A

## 1 引言

磁流变液(Magnetorheological fluids 即 MRF)是新兴的智能材料之一,它是一种细小的磁性颗粒分散在载液中形成稳定的悬浮液体。其流变特性可随外加磁场变化而变化。当磁流变液受到磁场作用时,其表现粘度增加,表现出类似固体的性质,流动性消失。一旦去掉磁场,流体的表现粘度又回到原来状态,响应时间只有几毫秒,这种特殊的性质使它在减震器、刹车装置、固定支架、航空航天材料等方面展现了广阔的应用前景。曾有人预言,在汽车工业上,21世纪将是磁流变液的世纪。因此,磁流变液的研究越来越受到人们的重视。

在磁流变液的制备中使用最多的固相颗粒是铁、钴、镍等尺寸为微米级的多畴软磁材料。为了加强磁性颗粒和载液的结合,改善磁流变液的团聚稳定性和沉降稳定性,研究者们做了许多工作。如加入表面活性剂<sup>[1]</sup>、防沉剂、触变剂<sup>[2]</sup>等或用有机聚合物包覆磁性颗粒<sup>[3]</sup>、使用复合颗粒<sup>[4]</sup>等等,取得了许多进展。但由于这些磁性材料的密度较高( $7 \sim 8 \text{ g/cm}^3$ ),而一般载液(如矿物油、硅油等)密度较低( $0.7 \sim 0.95 \text{ g/cm}^3$ )。由于密度差所引起的磁流变液的磁性颗粒的沉降,仍然是困扰磁流变液应用的一个棘手问题。不解决好这个问题,磁流变液材料的推广应用就不能成为现实。制备综合性能均令人满意的磁流变液成为现在研究的热点。

本实验从减小固相颗粒的密度角度出发,制备了一种轻质磁性材料,将之用于磁流变液中,可较好解决因重力问题而引起的沉降。

## 2 实验部分

### 2.1 轻质磁性材料的制备

在尺寸为微米级轻质非金属球形载体上用化学镀的方法得到的外包覆镍、钴的颗粒。化

\* 国家航天基金资助项目。

\*\* 通讯联系人,成都飞机工业集团公司;Email:wumin919@263.net

收稿日期:2001-08-14;修回日期:2001-08-25。

学镀镍、钴的工艺流程为:前处理→胶体钯活化→清洗→解胶→化学镀镍或化学镀钴<sup>[5]</sup>。轻质载体的总包覆率可到70%~80%。SEM照片表明,大部份得到的球形颗粒包覆层致密,颗粒分散较好,见图1、图2。通过控制反应时间和浴液配比可控制包覆层的厚度和磁性的强弱。用比重瓶法<sup>[6]</sup>测得的该材料的有效密度为 $2 \sim 3 \text{ g/cm}^3$ 。

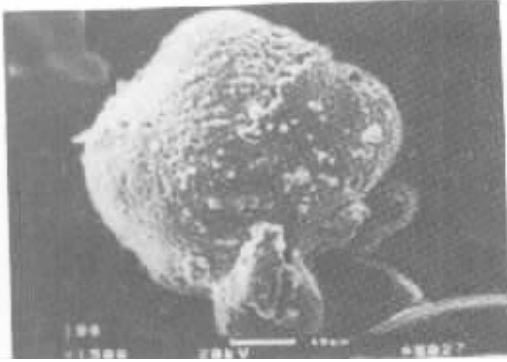


图1 单个包覆球

Fig.1 A coated sphere

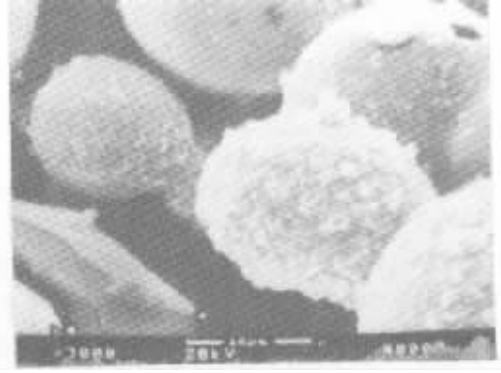


图2 多个分散的包覆球

Fig.2 Some dispersed coated spheres

## 2.2 磁流变液的制备

分别将制备的粉体和传统的 $3 \mu\text{m}$ 左右羰基镍粉用不同工艺分散于 $50 \text{ mm}^2/\text{s}$ 的硅油中。在量筒中用自然沉降法比较它们的沉降情况。

## 2.3 磁流变液性能测试

在改装的NDJ-79型旋转粘度计上比较几种磁流变液在外磁场下的粘度变化。外磁场由永磁体提供。

# 3 结果与讨论

## 3.1 沉降稳定性的比较

几种样品的编号及使用的工艺如表1。将配置的样品放入量筒中比较它们的沉降情况。记录不同时间下沉降磁粉体积 $b$ 和上层硅油体积 $a$ 和 $b$ 的总体积 $a+b$ 的比值 $b/a+k$ (图3)。

表1 几种样品的编号及使用的工艺

Table 1 The composition of samples

Sample	Formulation
Sample 1	Carbonyl nickel powders (30%, 28%) is mixed with silicone oil and oleic acid (4%)
Sample 2	Carbonyl nickel powders (30%, 28%) is coated by oleic acid (4%), then mixed with silicone oil
Sample 3	Fundamental formulation is similar to sample 2, but anti-sediment agent (0.76%) is additional added
Sample 4	Fundamental formulation is similar to sample 2, but anti-sediment agent (1.4%) is additional added
Sample 5	Light magnetic powder is coated by oleic acid (4%), then mixed with silicone oil

通过1号和2号样的比较分析可知,用传统羰基镍粉制备的磁流变液,用表面活性剂,如阴离子表面活性剂油酸来处理,会改善磁性颗粒和载液的结合情况,但效果不明显,MRF 0.5 h即沉降。从3号和4号样可看出,加入防沉剂后沉降情况得到改善。但防沉剂量加多后会增加MRF的初始粘度。而用自制轻质磁粉配置的磁流变液,只加入了表面活性剂,没加防沉剂,

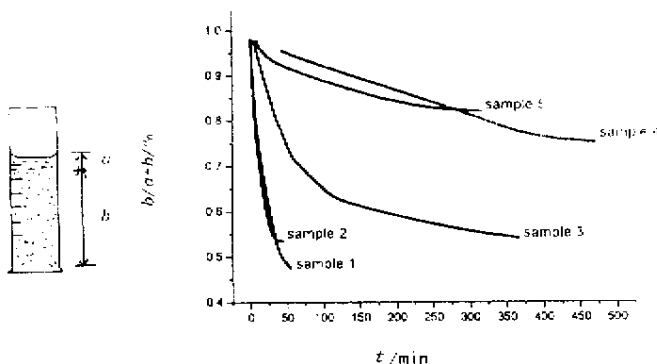


图3 沉降曲线图

Fig.3 Sedimental curve for MR fluids

沉降曲线类似于加入多量防沉剂的羧基镍粉磁流变液。比较4号和5号样可看出,曲线初始阶段5号曲线下落较快。这可能是在重力作用下,固相颗粒的沉降速度为<sup>[7]</sup>:

$$V = 2a^2(\rho - \rho_0)g/9\eta$$

其中,  $a$  为颗粒直径;  $\rho$  为颗粒密度;  $\rho_0$  为载液密度;  $\eta$  为载液粘度;  $g$  为重力加速度。由于自制的轻质磁粉直径范围较宽,从  $10 \mu\text{m}$  到几十微米,而  $V$  和  $a^2$  成正比,沉降初期直径的作用影响大,故大颗粒沉降较快。随时间延长,由于颗粒密度与载液相近,沉降逐渐减缓。由此可见,如果控制好轻质磁球的粒径,其稳定性还会有明显改进。

另外,用轻质磁球制备的磁流变液的另一个突出优点是它的初始粘度小,沉降颗粒的密度小,分层后的液体稍微晃动就可重新混匀。这是磁流变液能推广应用所希望的。

### 3.2 悬浮体粘度变化的比较

比较了几种样品在无磁场情况下的初始粘度和在磁场下的表观粘度,分别作图如图4和图5。从图中的比较可知,使用  $50 \text{ mm}^2/\text{s}$  的硅油配置的磁流变液,加入防沉剂后初始粘度随防沉剂的含量增加而增加,其流动性减弱。而使用轻质磁粉的磁流变液,其初始粘度较低。使用羧基镍粉的磁流变液在外加磁场下表观粘度有成百倍的增加。而加入防沉剂的变液表观粘

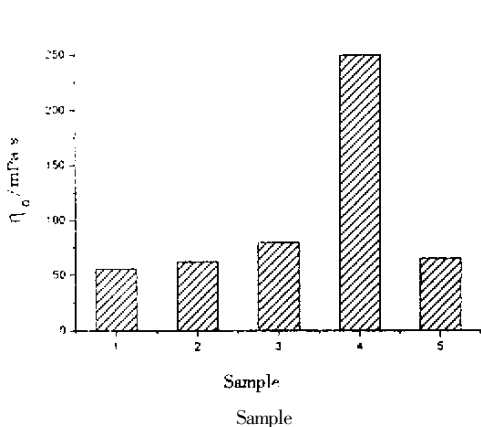


图4 初始粘度比较图

Fig.4 Initial viscosity comparison for various MR fluids

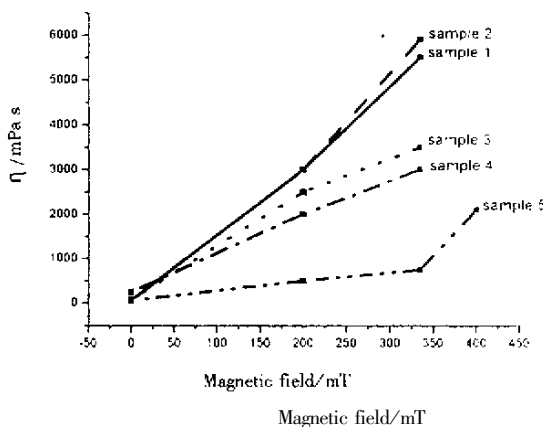


图5 表观粘度随磁场强度的变化

Fig.5 Variation of apparent viscosity with applied magnetic field

度稍有下降,可能是磁性颗粒的含量稍有降低的缘故。另外用轻质磁粉配的磁流变液其表观粘度在相同磁场情况下不如羰基镍粉的磁流变液高。这可能是因为轻质磁粉是在轻质非金属载体上用化学镀的方法包覆上一层磁性材料,由于包覆层较薄且化学镀工艺引入磷元素,降低了包覆层的磁性,故导致粘度变化较弱。但这种磁流变液随磁场的进一步加强,其表观粘度增加明显。说明用这种轻质磁性材料制备稳定性好且有较强磁响应性的磁流变液是可行的。

## 4 结 论

通过一些初步实验可发现使用化学镀的方法得到的轻质磁性材料,具有密度轻的优点。将之用于磁流变液中,可明显改善磁流变液的沉降。另外在外加磁场下其粘度有较大幅度的改变,但没有用纯磁粉制备的磁流变液的粘度变化大。如果我们能通过改变工艺等手段来提高轻质磁性材料的磁响应性,那么利用该种密度轻、磁响应性好的磁性材料就能得到综合性能良好的、有应用价值的磁流变液。

## 参 考 文 献

- [1] Hulin(胡林), Zhangyuanying(张元应), *et al.*. *Journal of Guizhou University (Natural Science)* (贵州大学学报(自然科学版)), 1999, **16**: 270
- [2] David Carlson J, Mark R Jolly. *Mechatronics*, 2000, **10**: 555
- [3] Weiss, Keith D. *Carlson*, U. S. Patent. 5578238
- [4] Bednarek S. *Journal of Magnetic Materials*, 1998, **183**: 195
- [5] Liurenzhi(刘仁志). *Nonmetal Electroplating (非金属电镀)*, Northeastern Technique Institute Press(东北工学院出版社), 1989
- [6] The National Standard of the People's Republic of China(中华人民共和国国家标准), GB 5161-85 Metallic Powders - Determination of Effective Density(金属粉末 - 有效密度的测定), Nation Standard Bureau(国家标准局), 1985 - 05 - 08
- [7] Osama Ashour, Dawn Kinder, *et al.*. *SPIE*, 1997, **3040**: 174

# The Preparation of Light Magnetic Materials and its Application on Magnetorheological Fluids \*

Wu min \*\*, Zhang Qiuyu, Luo Zhengpin, Xie Gang, Zhang Junpin  
(Department of Chemical Engineering, Northwestern Polytechnical University, Xian 710072)

**Abstract** It is reported that preparation of magnetic material(nickel and cobalt) on the surface of light material. The density of the new material is low(Effective density of it is  $23 \text{ g/cm}^3$ ). The sedimental stability of the new magnetorheological fluid made by light magnetic material is similar to that of the MR fluid made by carbonyl nickel powders containing lots of anti-sedimental agent. The apparent viscosity of new MR fluids under magnetic field is dozens of times as high as the initial viscosity. Therefore the problem of settling of solid particles under gravity can be effectively prevented by manufacturing magnetorheological fluids using the new material.

**Key words** Magnetorheological fluids, Light magnetic material, Sedimental stability

\* Project supported by the National Aerospace Foundation of China.

\*\* To whom correspondence should be addressed, Email: wumin919@263.net