

实用型磁流变体材料研究*

刘奇^{1,2},唐龙^{1,2},张平^{1,2}

(1.重庆仪表材料研究所,重庆 400700;2.国家仪表功能材料工程技术研究中心,重庆 400700)

摘要: 研究了基液和添加剂对磁流变体的温度稳定性、润滑减磨性及磁流变性能的影响规律。实验结果表明采用合理的基液和添加剂复合工艺制备的磁流变体材料,最低使用温度达-40℃,0.5T磁场下剪切应力值达56kPa,且具有良好的润滑性能和抗沉降团聚稳定性能。

关键词: 磁流变体;温度稳定性;润滑性;流变学

中图分类号: TF125.8 文献标识码:A

文章编号:1001-9731(2004)03-0291-02

1 引言

磁流变体材料(MRF)作为一种新型的可控流体材料,已越来越受到科技界的广泛关注,国内外对此作了大量研究,并取得了一定进展,但是,目前磁流变体材料面向工程化应用仍存在许多急需解决的问题,如磁流变体的流变机理、抗沉降稳定性、温度稳定性和润滑减磨性等问题。为了解决上述问题,我们开展了实用型磁流变体材料研制,尤其在改善磁流变体的温度稳定性,减少磁性粒子对壁面材料的磨损及磁性粒子之间的自磨损等方面作了系统研究,并取得了理想效果。本文在此作一简要介绍。

2 实验方法

以表面处理后的羰基铁粉、矿物油、减振器油、烷基胺类、硅类触变剂、钼类润滑剂和二甲苯等为原料,采用更换基液法,通过超声分散,真空干燥,机械高速分散等手段进行磁流变体材料的制备,其中铁粉为15%~35%(体积分数),矿物油或减振器油为60%~85%(体积分数),添加剂为1%~5%(体积分数)。

磁流变体零场粘度采用NDJ-1和其它RV粘度计测量,磁流变性能采用MRTS-01型平板式磁流变性能测试仪测量,润滑和极压性能采用“四球机法”测量,磁性能采用VSM型振动磁强计测量。

3 结果与讨论

3.1 温度稳定性

为了改善磁流变体的温度稳定性,提高磁流变体材料在不同气候条件下的适应性,我们分别对不同载液和添加剂的磁流变体粘温特性进行了研究,结果如图1所示。其中5[#]为减振器油I加硅类触变剂和胺类添加剂样品,7[#]为矿物油加硅类触变剂和钼类润滑剂样品,8[#]为矿物油加硅类触变剂样品。结果表明,5[#]样品在-40℃时粘度为2725mPa·s,随温度升高粘度降低,但在80℃时粘度稍有增大,这可能是由于在测试过程中样

品受到污染所致,7[#]、8[#]样品在-20℃以上具有良好的粘温特性,但在-40℃时粘度增大极为明显。磁流变体的粘温特性主要决定于载液的粘温特性、倾点及其化学稳定性等,加入适当的添加剂,如抗冻剂等可改善载液理化性能,有利于拓宽磁流变体的使用温度范围^[1]。

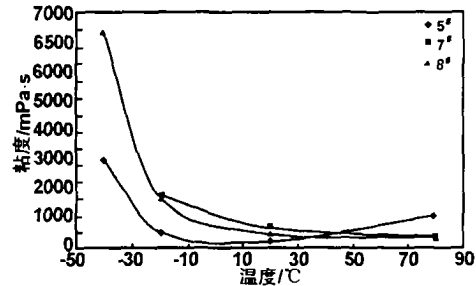


图1 磁流变体的粘温曲线

Fig 1 η_0-T curves for MRF

3.2 润滑性能

影响磁流变体润滑性能的因素有:载液种类,悬浮相种类及其表面结构、用量,添加剂及润滑剂的种类及用量等,本实验所研制的磁流变体润滑性能测试结果如表1所示。

表1 磁流变体润滑性能

Table 1 Lubricating property of MRF

编号	1	2	3	4
基液	减振油I	减振油II	减振油I	减振油II
添加剂	硅触变剂	硅触变剂	硅触变剂	硅触变剂
磨斑直径(mm)	2.97	2.47	1.03	2.43
极压性能(N)	<196.0	<196.0	<196.0	<196.0
编号	5	6	7	8
基液	减振油I	减振油II	矿物油	矿物油
添加剂	硅触变剂	硅触变剂	硅触变剂	硅触变剂
磨斑直径(mm)	2.79	1.33	0.75	2.75
极压性能(N)	<196.0	<196.0	<196.0	<196.0

注:其中减振油I为韩国生产,减振油II为日本生产。

实验结果表明,对相同基液磁流变体而言,钼类润滑剂的加入能明显改善磁流变体的润滑性能,其主要原因可能是润滑剂均匀分散于磁性粒子之间,使原来粒子与粒子之间的硬-硬接触变成了硬-软-硬接触的结果,如3[#]、4[#]、7[#]样品,钼类润滑剂在金属底材上的附着和润滑是一种包含物理和化学作用的复杂过程,在多数情况下,摩擦化学起着主导作用。烷基胺类添加剂也可大大改善以减振器油II为基液的磁流变体的润滑性能,其磨斑直径比没加胺类添加剂时降低约46%。载液对磁流变体润

* 基金项目:国家自然科学基金资助项目(50135030)

收稿日期:2003-07-28 通讯作者:刘奇

作者简介:刘奇(1973-),男,湖南武冈人,工程师,主要从事磁流变体及其它功能材料研究。

滑性能的影响主要决定于碳链的长短和侧基种类,对直链油类而言,一般碳链的增长有利于润滑性能的改善,如表中1[#]、2[#]、8[#]样品,其中2[#]样品磨斑直径最小,润滑性能最好。磁性粒子的粒径及表面结构对磁流变体的润滑性能也有很大影响,资料表明光滑球状粒子比无规则形状粒子的耐磨性能要好^[2]。

3.3 磁流变性能

影响磁流变体流变性能的因素很多,本文对添加剂的影响进行了研究(剪切速率为100/s),结果如表2所示,样品典型的 τ - B 曲线如图2和图3所示。

表2 磁流变体流变性能(0.5T磁场)

Table 2 Rheological behaviour at 0.5T magnet field of MRF

编 号	1	2	3	4
剪切力(kPa)	51.0	39.0	40.0	36.8
编 号	5	6	7	8
剪切力(kPa)	50.0	54.3	56.4	52.8

注:表中各样品配制方法与表1样品相同。

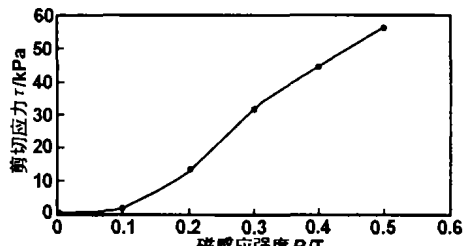


图2 7[#]样品 τ - B 曲线

Fig 2 τ - B curve for 7[#] MRF

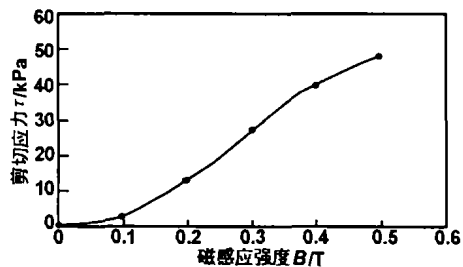


图3 8[#]样品 τ - B 曲线

Fig 3 τ - B curve for 8[#] MRF

结果表明,添加剂的加入在对零场粘度影响不大的情况下,铝类润滑剂的加入较明显降低磁流变体在磁场下的剪切应力(τ)值,如1[#]、3[#]和2[#]、4[#]样品对比,其主要原因可能是润滑剂

改善了粒子表面的润滑性能,降低了粒子间的内摩擦力,从而使 τ 值在测试过程中力的传输损失所致。对矿物油载液的磁流变体,当添加剂的加入导致磁流变体零场粘度大幅增加时,此时 η_0 的增加对 τ 值的影响大于润滑作用对 τ 值的影响,因而会出现 τ 值增大现象^[1],如7[#]、8[#]样品。另外,2[#]、6[#]样品对比结果显示,烷基胺类添加剂可改善以减振器油II为基液的磁流变体材料的流变性能,其 τ 值增长约39%。

3.4 磁化特性

研制的典型磁流变体样品的磁化特性曲线如图4,其中:

$$B = \mu_0 H + J, J = \mu_0 M$$

J 为内禀磁感应强度, M 为磁化强度, μ_0 为真空磁导率($4\pi \times 10^{-7}$ H/m)。从图4中 J - H 曲线可见,当 H 约240 kA/m时,磁化性能已趋于饱和,其内禀磁感应强度约0.52T,由于悬浮相的饱和磁化强度 M_s 约为2.0T,因此磁流变体的磁化特性符合 $M = M_s \varphi$,其中 φ 为悬浮相体积分数,约0.26。

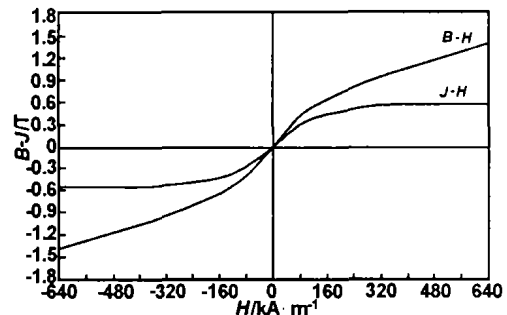


图4 磁流变体磁化特性曲线

Fig 4 Magnetic property curves of MRF

4 结 论

- (1) 基液是影响磁流变体温度稳定性的主要原因之一,本实验研制的磁流变体材料最低使用温度可达 -40°C ;
- (2) 铝类润滑剂可明显改善磁流变体的润滑性能;
- (3) 铝类润滑剂与触变剂复合使用制备的磁流变体具有良好的流变性能,本实验研制的磁流变体在0.5T磁场下力值达56kPa且未见饱和,具有理想的磁化特性。

参考文献:

- [1] 张平,刘奇,黄元龙.[J]. 化学物理学报, 2001, 14(5): 523.
- [2] Kintz K Andrew. [P]. United States Patent: 6395193, 2002.

Study on practical magnetorheological fluid

LIU Qi^{1,2}, TANG Long^{1,2}, ZHANG Ping^{1,2}

(1. Chongqing Instruments Materials Research Institute, Chongqing 400700, China;

2. National Instrument Functional Materials Engineering Technology Research Center, Chongqing 400700, China)

Abstract: The temperature stability, lubricating property and rheological behaviour of magnetorheological fluid have been studied. It shows that magnetorheological fluid with proper carrier fluid and composite additive owns ideal comprehensive property. It may be used in -40°C , and with good lubricating property, anti-sedimentation and aggregation stability. Shear stresses (τ) at 0.5T magnet field was about 56kPa.

Key words: magnetorheological fluid; temperature stability; lubrication; rheology