

[补充信息]

纳米 SiO₂/黄原胶复合触变剂对磁流变液性能的影响

张寒松¹, 胡志德^{1,✉}, 晏华¹, 薛明¹, 贾艺凡²

1 中国人民解放军陆军勤务学院, 重庆 401311;

2 中国人民解放军军事科学院国防工程研究院, 北京 100036

[Supplementary Information]

The Influences on Performances of Magnetorheological Fluid by Nano-sized SiO₂/Xanthan Gum Compound Thixotropic Agent

ZHANG Hansong¹, HU Zhide^{1,✉}, YAN Hua¹, XUE Ming¹, JIA Yifan²

1 Army Logistics University of PLA, Chongqing, 401311;

2 Defense Engineering Institute in Academy of Military Sciences PLA China, Beijing 100036

改性触变颗粒的制备

原料: 纳米气相 SiO₂ 颗粒: 平均粒径为 50 nm, 比表面积 260 m²/g, 密度 2.6 g/cm³, 上海阿拉丁生化科技股份有限公司; 黄原胶: USP 级, 分子量约为 100 000, 密度 1.57 g/cm³, 上海阿拉丁生化科技股份有限公司; 丙酮、乙醇: 分析纯, 川东化工(重庆)集团有限公司。

改性颗粒的制备: 用丙酮清洗 SiO₂ 颗粒, 除去表面杂质, 真空干燥后待用。去离子水加热至 60 °C, 慢速搅拌, 缓慢加入黄原胶直至完全溶解, 随后加入洗净的 SiO₂ 颗粒, 继续搅拌 60 min 并缓慢加入少量乙醇。随后将混合液离心, 取沉淀物用丙酮清洗, 除去多余黄原胶, 真空干燥后即得改性纳米触变颗粒。本文选用 SiO₂ 颗粒和黄原胶质量比为 10:1。

磁流变液的制备

原料: 羰基铁粉, 中值粒径 7 μm, 密度约为 7.9 g/cm³, 铁元素含量高于 97.5%, 未进行表面处理, 德国 BASF 公司。基础油: 硅油, 40 °C 下的运动粘度为 350 cSt, 密度 0.96 g/cm³, 河北中蓝科技有限公司。

磁流变液的制备: 量取 40 mL 硅油加入烧杯, 称取 79 g 羰基铁粉与基础油混合, 加入 0.5 g 触变剂, 使用超声波细胞破碎仪进行超声分散。为进行对比分析, 本文制备了不含触变剂、含纳米 SiO₂ 颗粒以及含改性触变剂颗粒的三种磁流变液样品, 分别命名为 A、B、C 样品, 各样品组分含量如表 S1 所示, 羰基铁粉体积分数为 20%, 触变剂掺量为 10 g/L。

表 S1 磁流变液样品组成

Table S1 The composition of MRF samples

Sample	Carbonyl iron/vol%	Silica oil/vol%	Thixotropic agent
A	20	80	None
B	20	80	Pure SiO ₂
C	20	80	Modified SiO ₂

性能表征

本文使用扫描电子显微镜(SEM, HITACHI S-3700N) 观察有机层在颗粒表面的包覆微观形貌。采用衰减全反射傅里叶红外光谱仪(FT-IR, Nicolet6700)分析复合触变剂颗粒的化学成分, 反射晶体为 ZnSe, 扫描 16 次, 分辨率 2 cm^{-1} 。

流变学测试: 使用 Anton Paar 公司的 Physica MCR 302 模块化智能型高级流变仪对磁流变液进行流变学测试。测试采用 PP20/TI 平行板夹具, 转子直径为 20 mm, 测量间隙为 0.3 mm, 使用控温罩将实验温度控制为 $25.0\text{ }^{\circ}\text{C}$, 并在控温罩内产生均匀磁场。磁流变液的流变性能测试采用稳态剪切模式进行, 黏弹性测试用动态剪切模式进行。

采用自然沉降法观察磁流变液的悬浮稳定性能。