

Ferrofluidy

D. Bendová, M. J. Duda*

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, Břehová 7, 115 19 Praha 1

*dudamar1@jfifi.cvut.cz

Abstrakt

V příspěvku jsme představili magnetické kapaliny, tzv. ferrofluidy, vysvětlili jsme si jejich základní vlastnosti a principy fungování, a nakonec jsme si ho vyrobili z běžně dostupných domácích věcí.

1 Úvod

Ferrofluid je zkrácenina z anglických slov Ferromagnetic a fluid. Jak název napovídá, je to magnetická kapalina skládající se z malých částic v měřítku nanometrů, která má ferromagnetické vlastnosti (při rozumných teplotách, poslouchají Curieův zákon). Tyto částice jsou rovnoměrně rozptýlené v nosné kapalině (obvykle organické rozpouštědlo nebo voda) a každá z těchto částic je „obalena“ surfaktantem, který zabraňuje shlukování částic.

Tvar povrchu této kapaliny je závislý na intenzitě magnetického pole a tento jev se nazývá nestabilita normálového pole. Vrchy a údolí, která vznikají, jsou vysvětlitelné tím, že toto prostorové uspořádání minimalizuje celkovou energii systému.

2 Využití

Užívá se k těsnění, například v harddiscích. Hřídel je obklopena magnety a ferrofluid v té malé mezeře mezi magnety a hřídelí drží a brání nečistotám dostat se dovnitř a zadřít to.

Za působení magnetického pole vytvoří ferrofluid malou velmi špičatou jehlu, ve které se při dosažení kritické tenkosti začnou emitovat ionty. Toho je používáno v malých satelitech jako CubeSat (miniaturní satelity, jejichž rozměry v přepravním stavu by neměli překračovat rozměry 113x100x100 mm a hmotnost převyšovat 1,33 kg.)

V medicíně dokáží ferrofluidy udržet léky na místě, kde je potřeba, aby působily, mnohem déle a tedy se jich může používat menší množství s menšími vedlejšími činky.

Jako chladiivo se normálně používají ve výkonných reproduktorech, protože podle Curieova zákona, čím teplejší ferrofluid, tím méně magnetický. V reproduktorech je kolem magnetu u centrální cívky, kde se část u cívky ohřívá, stává se méně magnetickou a oddaluje se a studenější část kapaliny z vnějšku je přitahována blíže k jádru. Takhle se vytvoří proud odvádějící teplo

dostatečně efektivní a stabilní. Protože ferrofluidy obsahují oleje, používají se jako mazivo na místech, kde se normální kapalina neudrží, například ložiska různých hřídelí.

3 Výroba

Způsobů jak si podomácku vyrobit ferrofluid je hned několik. Jako zdroj ferromagnetických nanočástic lze použít například toner či tonerový prášek. Nanočástice lze také získat ze starých kazetových pásek či syntézou amoniaku s železitými a železnatými chloridy (vzniknou nanočástice magnetitu). Při prvním zmíněném postupu smícháme toner s rostlinným olejem, který obsahuje jak nosnou kapalinu, tak surfaktant (kyselina olejová). Vzniklou kapalinu je však vhodné několikrát filtrovat, aby se odstranily větší částice. Pokud vyrábíme ferrofluid syntézou chloridu železitého a železnatého s amoniakem, musíme vzniklé nanočástice pomocí magnetu oddělit od vzniklého chloridu amonného, očistíme destilovanou vodou, čímž odstraníme přebytečné ionty a zvýšíme pH částic. Posléze přidáme nosnou kapalinu (rostlinný olej, petrolej) a surfaktant (kyselina olejová, octová, lecitin hydroxid tetramethylamonný či jiné syntetické tenzidy). Je nutné dbát na správný poměr nanočástic - 5%, nosné kapaliny - 85% a surfaktantu – 10%, aby nám výsledná kapalina vytvořila očekávané vrcholky.

Průmyslově se ferrofluid vyrábí například vylučováním magnetických nanočástic z roztoků železitých solí, elektrolýzou či dlouhodobým drcením (až 1000 hodin) ferromagnetických částic v detergovaném roztoku a jejich následnou filtrací, čištěním a ředěním. Předním výrobcem magnetických kapalin je společnost Ferrotec.

4 Vlastnosti

Nejdříve tedy, co to vlastně je? Jedná se o koloidní kapalinu, což znamená, že obsahuje částice ne až tak malé, aby se do kapaliny vmísily na úrovni chemických interakcí, ale dost malé na to, aby se v kapalině mohly rovnoměrně rozptylovat brownovým pohybem. Velké částice by se neudržely v kapalině a při zmagnetizování by se z ní „vytrhly“ a vytvořily magnetický prach. K zabránění tomuto jevu slouží právě surfaktanty. Jedná se o povrchově aktivní látky, mají polární hlavičku (stálý a nenulový dipólový moment, elektrický náboj je v nich rozložen nesymetricky) a nepolární ocásek, které se navážou na magnetické částice a zabrání jejich shluknutí. Magnetická síla mezi jednotlivými částicemi je totiž velmi malá a tak k zabránění vytvoření velkých shluků stačí Van der Waalsovy síly (elektrostatická odpuzivá síla) surfaktantů.

A jak je to tedy s tím tvarem? V tomto „zvlněném stavu“ je magnetické pole koncentrováno ve vrcholcích, (a protože kapalina je snadněji magnetizovatelná než vzduch), snižuje to magnetickou energii. Na povrch kapaliny zároveň působí povrchové napětí a gravitace. Přesunutí kapaliny z údolí do vrcholků spotřebuje energii, stejně tak zvětšení povrchu kapaliny, ale magnetická energie se přitom sníží. Proto toto zvlnění nastává pouze při větších intenzitách magnetického pole, kdy snížení magnetické energie přesunem vyrovná nárůst energie způsobený gravitací a povrchovým napětím. A čím je magnetické pole silnější, tím jsou vrcholky vyšší a špičatější.

5 Poděkování

Poděkovat bychom chtěli všem lidem, kteří nám poskytli studijní materiál. Jsou zmíněni v referencích. Dále panu ing. Vojtěchu Svobodovi, CSc. za poskytnutí možnosti vyzkoušet si prezentovat před lidmi, vzdělat se v tom, co nás zajímá a ještě za to dostat kreditové ohodnocení. A v neposlední řadě bychom chtěli poděkovat Bohu za dílo, které tak krásně stvořil a mi ho můžeme objevovat a prozkoumávat.

Reference

[1] kol. autorů, *Ferrofluid*, <http://en.wikipedia.org/wiki/Ferrofluid>

[2] D. Hart, *How to make Magnetic Fluid (ferro fluid)*,
<http://www.youtube.com/watch?v=vsQh1AT6qUE>

[3] D. Rutter, *Rare earth magnets for fun and profit*, <http://www.dansdata.com/magnets.htm>

[4] kol. autorů, *Ferrofluid Fun*, <http://www.physicscentral.com/explore/action/ferrofluids.cfm>