

Natália Tomašovičová

# Infračervená spektroskopia – účinný nástroj pre charakterizáciu magnetických kvapalín

Magnetické kvapaliny sú suspenzie zvyčajne pozostávajúce z nanočastíc oxidov železa rozptýlených v kvapalnom nosiči. V posledných rokoch nastal výrazný pokrok v rozvoji technológií v oblasti prípravy magnetických nanočastíc, mikrosfér, či nanosfér, čo viedlo k rozvoju technológií v oblasti prípravy nových druhov magnetických kvapalín, nazývaných tiež fero kvapaliny. Technológie spojené s využitím týchto komplexných systémov našli uplatnenie v mnohých odvetviach. Aby sa zabránilo agregácii magnetických nanočastíc, sú tieto obalené vhodným surfaktantom podľa typu kvapalného nosiča. Príprava magnetickkej kvapaliny s požadovanými vlastnosťami si vyžaduje kontrolu procesu syntézy. Infračervená spektroskopia je metóda, ktorá umožňuje kontrolovať tento proces od kvality vstupných materiálov až po výsledok.

**Kľúčové slová:** príspevok; magnetické kvapaliny; infračervená spektroskopia

Magnetic fluids mainly consist of nano sized iron oxide particles that are dispersed in carrier liquid. In recent years, substantial progress has been made in developing technologies in the field of magnetic nanoparticles, microspheres, nanospheres what allowed to develop new kind of magnetic fluids also called ferrofluids. Techniques based on using of these magnetizable complex systems have found application in numerous fields. Generally, the magnetic particles are coated with different surfactants to prevent their aggregation. To prepare magnetic fluid with desirable parameters it is important to control the process of preparation. The infrared spectroscopy is method that allows to check starting materials and follow reactions while work is in progress.

## **(Infrared spectroscopy - an effective tool for the characterization of magnetic fluids)**

**Keywords:** magnetic fluids; infrared spectroscopy

### **I. ÚVOD**

Súčasný rozvoj štúdia systémov obsahujúcich magnetické nanočastice súvisí s rozširujúcimi sa možnosťami ich využitia v rôznych oblastiach techniky, biotechnológie a medicíny. Za takéto systémy sú považované systémy obsahujúce magnetické častice s rozmermi 4 až 15 nm, a to magnetické kvapaliny a kompozitné systémy zložené z kvapalného nosiča, magnetických častíc daných rozmerov a surfaktantu, ktorý zabezpečuje koloidnú stabilitu a zabraňuje vzniku agregátov. Magnetické kvapaliny vznikli ako kompromisné riešenie neúspešného hľadania prírodného kvapalného magnetu. Fyzikálne a chemické vlastnosti magnetických kvapalín závisia od rozmerovej distribúcie magnetických častíc, kvapalného nosiča a surfaktantu [1]. Na získanie informácií o rozmeroch nanočastíc sa využívajú metódy ako je transmisná elektrónová mikroskopia, atómová silová mikroskopia, dynamicky rozptyl svetla a ďalšie. Avšak na overenie úspešného obalenia nanočastíc kvality výsledného produktu je vhodná infračervená (IČ) spektroskopia. Táto metóda umožňuje overiť kvalitu východzieho materiálu a následne kontrolu produktu v procese prípravy ako aj výsledného produktu a zabezpečiť tak vhodné podmienky syntézy, ktoré môžu byť príbežne modifikované čo umožní efektívnosť pre realizáciu syntéz a experimentov.

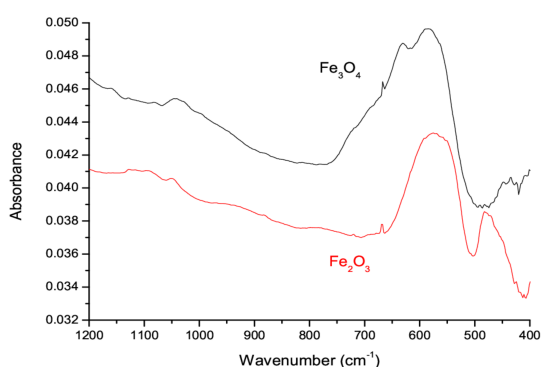
### **II. METÓDA**

Infračervená spektroskopia patrí do skupiny nedeštruktívnych analytických metód, kedy nedochádza k poškodeniu skúmanej látky. Využíva sa pri analýze makroskopických vzoriek. Jej podstatou je interakcia molekúl, ktoré tvoria makroskopickú vzorku s

infračerveným žiarením. Získané hodnoty vibračných energií súvisia s pevnosťou chemických väzieb a tiež s molekulovou geometriou a hmotnosťami jadier a teda s molekulovou štruktúrou. Tieto skutočnosti predurčujú infračervenú spektroskopiu ako vynikajúcu experimentálnu techniku, ktorá zohráva dôležitú úlohu pri štúdiu a výskume molekulovej dynamiky, chemických vlastností molekúl, vplyvu prostredia na študované molekuly a v mnohých ďalších oblastiach. Podstatou infračervenej spektroskopie je interakcia infračerveného žiarenia so študovanou látkou. Táto analytická technika je určená predovšetkým na identifikáciu a štruktúrnu charakterizáciu organických zlúčenín ako aj na stanovenie anorganických látok. V oblasti tuhých látok sa využíva na štúdium energetickej medzery, na určenie elektrónových a vibračných vlastností plazmónov, medzipásových prechodov, absorpcii voľných nosičov, čo dáva informácie o elektrónovej pásovej štruktúre materiálov, mriežkových vibrácií, elektron-fonónových interakcií, čo dáva informácie o podstate študovanej látky. Každý vibračný pohyb molekuly sa prejavuje pri istej frekvencii elektromagnetického žiarenia. Samotné infračervené spektrum predstavuje závislosť energie infračerveného žiarenia vyjadreného vlnovým číslom verzus percento žiarenia pohlteneho študovanou látkou. Vo svojich detailoch je charakteristické pro jednotlivé látky natoľko, že prakticky neexistujú dve zlúčeniny, ktoré by mali úplne zhodne IČ-spektrum. Ďalšou výhodou je, že IČ spektra sú namerané pomerne rýchlo bez ohľadu na to, či sa jedná o tuhú látku, kvapalinu alebo plyn v širokom teplotnom intervale. Súčasný moderné spektrometre umožňujú merania na veľmi malom množstve študovanej látky. Žiadna iná metóda neumožňuje študovať a identifikovať materiál pri takomto množstve variácii fyzikálnych podmienok.

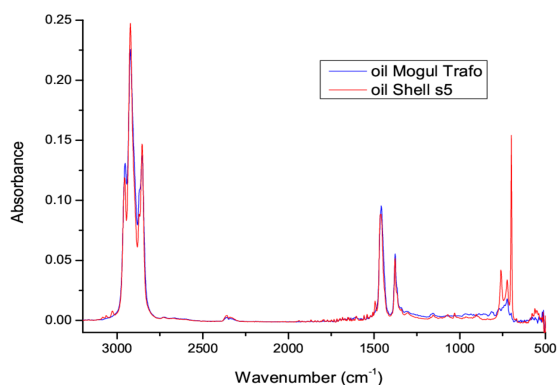
### III. MATERIÁL A VÝSLEDKY

V posledných rokoch sú intenzívne študované magnetické kvapaliny na báze transformátorových olejov. Ako bol ukázaný napríklad v práci M. Hussain a kol. [2] prídanie magnetických nanočastíc vedie k zlepšeniu fyzikálnych vlastností transformátorových olejov a k predĺženiu ich životnosti. Pri príprave takýchto magnetických kvapalín je dôležité overiť si kvalitu a zloženie vstupných materiálov, proces prípravy a kvalitu výsledného produktu. Pomocou infračervenej spektroskopie vieme veľmi rýchlo skontrolovať výsledok syntézy. Na obrázku 1 sú zobrazené spektra dvoch typov magnetických nanočastíc. Vďaka tomu, že sa spektra rôznych typov oxidov železa líšia, vieme rýchlo a jednoducho identifikovať pripravené magnetické nanočastice.



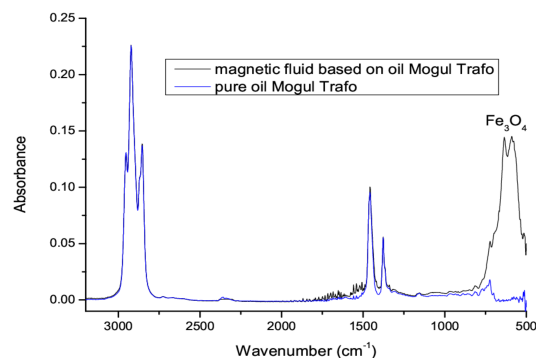
Obr. 1 Infračervené spektra dvoch typov oxidov železa.

Pri príprave magnetických kvapalín je dôležité tiež overiť aký typ oleja vstupuje do procesu prípravy, keďže od toho závisí postup pri príprave. Na obrázku 2 sú zobrazené spektra dvoch typov oleja pripravených rôznymi procesmi. Olej Mogul Trafo bol získaný z ropy a olej Shell s5 bol získaný zo skvapalneného plynu. Všetky namerané absorpčné piky odpovedajú rôznym typom C-H väzieb. Z nameraných spektier vidieť, že niektoré typy C-H väzieb sa pre tieto dva typy olejov líšia. Pre olej Mogul Trafo je pozorovaný len pík pri 723 cm<sup>-1</sup>, kým v prípade oleja Shell s5 sú pozorované aj ďalšie dva piky a to pri 758 a 698 cm<sup>-1</sup>, čo znamená, že tieto oleje majú čiastočne iné zloženie.



Obr. 2 Infračervené spektra transformátorových olejov Mogul Trafo a Shell s5.

Na obrázku 3 sú infračervené spektra čistého minerálneho oleja a oleja s magnetickými nanočasticami. V prípade magnetickej kvapaliny vidieť prítomnosť pikov pri 636 a 590 cm<sup>-1</sup>, ktoré odpovedajú magnetitu. Z nameraných spektier vidieť, že je možné overiť aj vo finálnej magnetickej kvapaline, či nedošlo k zmene ich štruktúry v procese prípravy magnetickej kvapaliny v dôsledku nežiaducich oxidačných zmien.



Obr. 3 Infračervené spektra čistého oleja Mogul Trafo a oleja Mogul Trafo dopovaného magnetitovými nanočasticami.

### ZÁVER

Na uvedených príkladoch sme ukázali užitočnosť infračervenej spektroskopie pri kontrole kvality vstupných materiálov, syntézy v procese prípravy ako aj výsledného produktu, čo umožňuje zabezpečiť efektívnosť pre realizáciu syntéz a experimentov. Táto metodika umožňuje nielen overenie kvality vstupných materiálov ale často je dôležité overiť aký typ materiálu vstupuje do syntézy, resp. identifikovať danú látku.

### POĎAKOVANIE

Tento výskum bol financovaný Slovenskou agentúrou pre výskum a vývoj č. APVV-22-0115.

### LITERATÚRA

- [1] C. Scherer, and A. M. Figueiredo Neto, "Ferrofluids: Properties and Applications," Brazilian Journal of Physics, vol. 35, pp. 718-727, September 2005.
- [2] M. Hussain, F. A. Mir, and M. A. Ansari, "Nanofluid transformer oil for cooling and insulating applications: A brief review," Applied Surface Science Advances, vol. 8, No. 100223, 2022

### ADRESA AUTORA

Natália Tomašovičová, Ústav experimentálnej fyziky Slovenskej akadémie vied, Watsonová 47, 040 01 Košice, Slovenská Republika, nhudak@saske.sk