

شماره: CC-254

گواهینامه

پژوهشگران گرامی

جناب آقای مجتبی ماموریان

جناب آقای هادی معروف

جناب آقای سروش رشیدی

جناب آقای سعید نیکدلان

جناب آقای مظاهر امانی

ضمن تقدیر و تشکر از مشارکت ارزشمند شما در نخستین کنفرانس ملی علوم مهندسی، توسعه ملی و تجاری سازی که با هدف نشر و گسترش دانش در عرصه های مختلف علوم در تاریخ ۲۴ مردادماه ۱۳۹۲ ترتیب یافته بود، بدینوسیله به اطلاع می رساند که مقاله ارزشمند شما با عنوان:
« بررسی و مطالعه خواص سیال هوشمند الکترومگنوراید (EMR) شامل نانوذرات Cu-Pc-Fe3O4 »
در این کنفرانس به صورت ارائه سخنرانی مورد پذیرش قرار گرفته است. امید است همواره پرچمدار علمی و پژوهشی ایران عزیز در عرصه های ملی و بین المللی باشید.

دبیر علمی، کنفرانس
مهندس سید مهدی حسینی

کنفرانس ملی تجاری سازی،
توسعه ملی و علوم مهندسی
۲۴ مرداد ۱۳۹۲

بررسی و مطالعه خواص سیال هوشمند الکترومگنوراید (EMR) شامل نانو ذرات

CuPc-Fe₃O₄

مجتبی ماموریان^۱، هادی معروف^۲، سروش رشیدی^۳، سعید نیکدلان^۴، مظاهر امانی^۵

^۱استادیار گروه مکانیک، دانشگاه فردوسی مشهد؛

^۲دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک گرایش تبدیل انرژی، فردوسی مشهد، hadi.marooof@gmail.com

^۳دانشجوی کارشناسی مهندسی مکانیک، فردوسی مشهد،

^۵دانشجوی کارشناسی، دانشگاه خيام مشهد،

چکیده

در این مقاله به بررسی سیال EMR^۱ حاوی نانو ذرات اصلی CuPc^۲-Fe₃O₄، خواص سیال و میزان اثر پذیری میدان های الکتریکی و مغناطیسی بر این سیال هوشمند در مقایسه با سیالات هوشمند MR^۴ و ER^۵ پرداخته شده است. نتایج حاصله بیانگر این مطلب است که با افزایش میدان الکتریکی، میدان مغناطیسی و اندازه نانو ذرات به کار رفته در سیال، تنش برشی در جریان EMR افزایش می یابد. نکته قابل ذکر این است که این تنش برشی رابطه مستقیمی با نرخ برشی دارد. وقتی میدان الکتریکی و مغناطیسی به طور همزمان بکار گرفته شوند تاثیر تجمعی نیرو^۶ بر سیال EMR که دارای پایداری طولانی مدت می باشد، اعمال خواهد شد.

واژه های کلیدی

نانو ذرات CuPc-Fe₃O₄، سیال هوشمند EMR، تاثیر تجمعی نیرو

^۱ Electromagnetorheological

^۲ Cooper phthalocyanine

^۳ Magnetite

^۴ Magneto-rheological

^۵ Electro-rheological

^۶ Synergistic effect

سیالات هوشمند MR در واقع ترکیبی از روغن مصنوعی، آب یا گلیکول با مقداری ذرات بسیار ریز آهن در حدود $1000 \mu\text{m}$ تا $3 \mu\text{m}$ می باشند. سیالات هوشمند MR نسبت به میدان مغناطیسی واکنش نشان داده و تغییرات چشمگیری در رفتارشان مشاهده می گردد. این سیالات می توانند در زمانی که تحت تاثیر میدان مغناطیسی قرار می گیرند بصورت برگشت پذیری فوراً از حالت مایعی جاری به نیمه جامدی با استحکام و مقاومت قابل کنترل تغییر حالت دهند به نحوی که این ریز آهن ها تحت تاثیر میدان مغناطیسی بصورت زنجیره ای به هم متصل می شوند و در نتیجه در یک راستا قرار گرفته که باعث ایجاد دیوارهای سخت و در نهایت افزایش ویسکوسیته سیال می گردند. در صورتیکه در غیاب میدان مغناطیسی این سیالات بصورت قابل انتظار رفتاری نزدیک به سیالات نیوتنی از خود نشان می دهند [۱ و ۲].

سیالات ER از دسته مواد هوشمند می باشند که ویسکوزیته، تنش تسلیم، مدول برشی و برخی دیگر از خواص آنها با اعمال میدان الکتریکی (در مقیاس چند کیلوولت در هر میلی متر) در مدت زمان بسیار کوتاهی قابل تغییر می باشد [۳]. سیالات EMR را می توان به نحوی ترکیب این دو نوع سیال دانست که در قالب ترکیب مواد غیر آلی در ابعاد نانو و ترکیبات مواد آلی تولید می شوند. این ترکیب فواید هر دو ماده آلی و غیر آلی را دارا می باشد و می تواند برای رفع نیازهای بخصوصی به کار گرفته شود. برای مثال می توان از CuPc به عنوان ذرات معلق در سیال هوشمند ER و از Fe_3O_4 نیز در ساخت نانو سیال هوشمند MR استفاده نمود. بنابراین ترکیب نانو ذرات $\text{CuPc-Fe}_3\text{O}_4$ گزینه بسیار مناسبی برای استفاده در سیال هوشمند EMR می باشد، زیرا وقتی میدان الکتریکی برقرار باشد خواص سیال ER، و هنگامی که میدان مغناطیسی بر سیال غالب باشد خواص سیال MR را دارا می باشد. حال اگر هر دو نوع میدان برقرار باشند خواص هر دو سیال را خواهد داشت.

تهیه مواد سیال هوشمند EMR

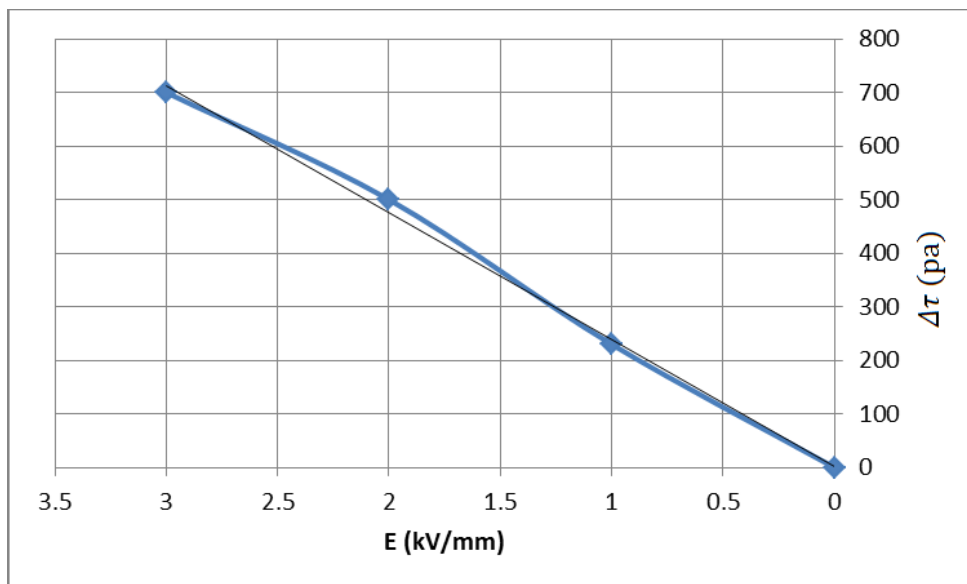
نانو ذرات سیال هوشمند از CuPc تصفیه شده [۴] همراه با Fe_3O_4 پس از سنتز تهیه می گردد [۵]. سیال هوشمند از ترکیب نانو ذرات $\text{CuPc-Fe}_3\text{O}_4$ با روش های ذکر شده در این دو مرجع با ابعاد $0.3 \mu\text{m}$ و روغن پارافین کلرینه^۷ شده با ظرفیت کلر ۵۲ درصد (۲۴ ساعت قبل از استفاده در دمای 70°C خشک شده) تهیه شده است. میدان های الکتریکی و مغناطیسی نیز با یک مولد

مشخص به این سیال اعمال می گردد. برای تعیین پارامتر پایداری این نانو سیال در هر زمان میزان ذرات همگن در روغن پایه اندازه گیری شده است.

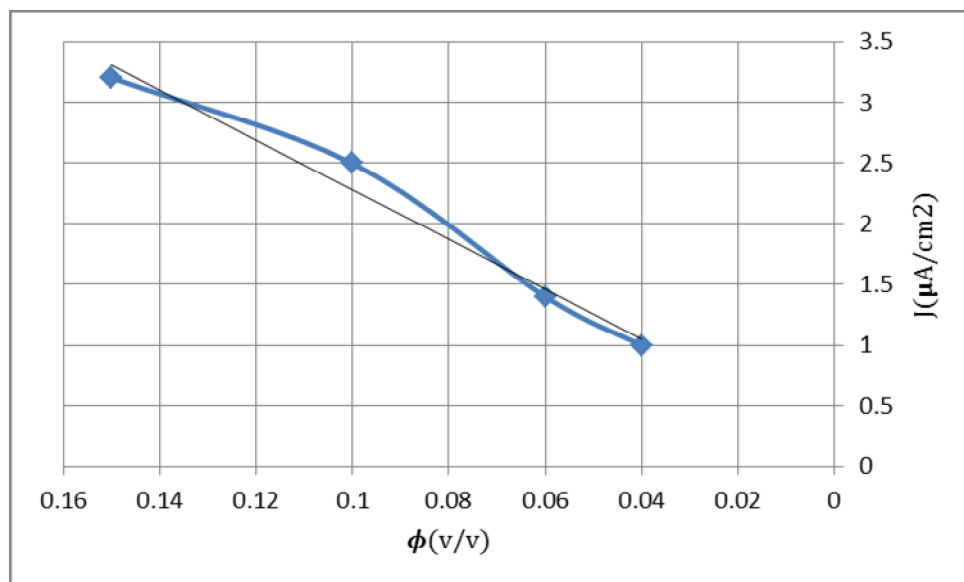
نتایج

اگر نانو ذرات Fe_3O_4 در یک روغن نارسانا منتشر شود هیچگاه امکان انجام فعالیتی در قالب سیال ER در آن سیال به وجود نمی آید زیرا پس از اعمال یک میدان مغناطیسی خارجی، این ذرات بسیار به سختی قطبی می شوند. با این وجود، سیال EMR که از ترکیب نانو ذرات $CuPc-Fe_3O_4$ در روغن پارافین کلرینه شده که یک سیال نارسانا محسوب می گردد خصوصیات ER را دارد. از نمودار آورده شده در شکل (۱) مشخص می گردد که تنش برشی در ناحیه القای میدان با میزان میدان الکتریکی رابطه مستقیم خطی دارد. بنا به خاصیت سیالات هوشمند، به علت اعمال این میدان، نانو ذرات در درون سیال EMR ساختاری رشته ای دارند و عمدتاً تاثیر ER این سیال توسط قدرت زنجیره های ذرات که با واکنش بین ذرات کنترل می شود، تعیین می گردد. زمانی که نانو ذرات در حالت دو قطبی خود قرار دارند نیروی واکنش بین ذرات "F"، با میدان الکتریکی القا شده "E"، و همچنین تنش برشی $\Delta\tau$ یک نسبت خطی خواهد داشت [۸-۶].

نمودار آورده شده در شکل (۲) نیز ارتباط بین جریان تراوشی J^A و خوردگی حجمی ϕ^9 را نشان می دهد. براساس این نمودار تعیین می گردد که نرخ برشی γ ، میدان الکتریکی E و جریان تراوشی سیال EMR با افزایش ϕ افزایش می یابد. دلیل این امر این است که با افزایش چگالی ذرات، زنجیره های ذرات که دو الکتروود را به هم متصل می کنند بیشتر شده و این امر سبب افزایش J در سیال می گردد [۶ و ۸ و ۹].



شکل ۱. رابطه بین $\Delta\tau$ و E برای نانو سیال EMR شامل CuPc-Fe₃O₄ در $\phi = 0/1$ و $\gamma = 258$ ۱/s



شکل ۲. رابطه بین J و ϕ برای نانو سیال EMR شامل CuPc-Fe₃O₄ در $\gamma = 345$ ۱/s و $E = 1$ kV/mm

در شکل (۳) رابطه بین تنش برشی میدان القایی و میدان مغناطیسی برقرار شده "H" را نشان می دهد و حاکی از آن است که با افزایش میدان مغناطیسی، تنش برشی نیز افزایش می یابد. که این امر خاصیت MR سیال هوشمند را نشان می دهد. علت این مسئله این است که ذرات CuPc-Fe₃O₄ به علت دو قطبی بودن با افزایش میدان مغناطیسی محکم تر همدیگر را جذب می کنند و در نتیجه تنش برشی را افزایش می دهند.

رابطه مستقیم بین تنش برشی سیال هوشمند EMR و نرخ برشی در شکل (۴) آورده شده است. این ارتباط را نیز می توان در رابطه بینگهام^{۱۰} مشاهده کرد.

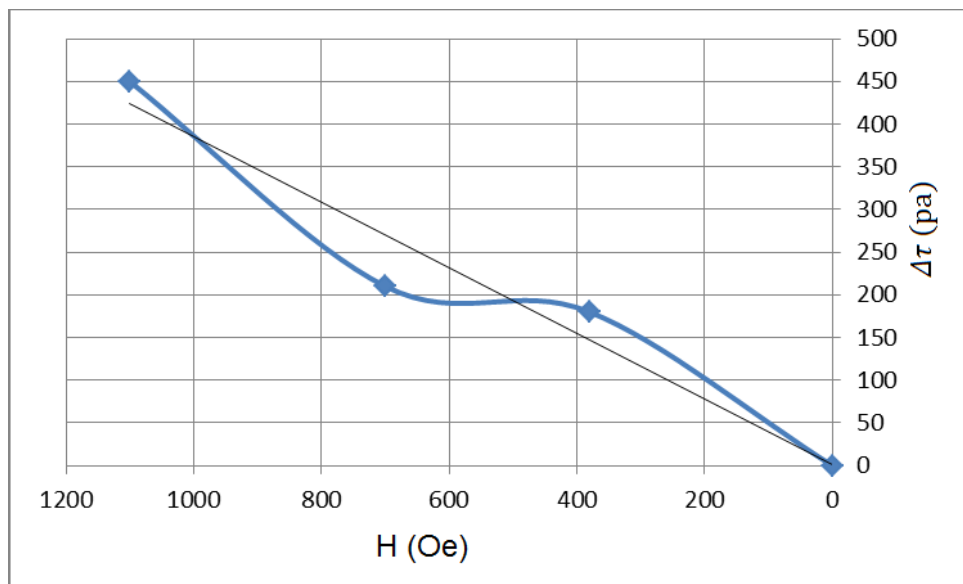
$$\Delta\tau = \Delta\tau_{yH} + \eta_H \gamma \quad (۱)$$

که در آن τ_0 و τ به ترتیب تنش برشی بدون میدان مغناطیسی و با میدان مغناطیسی می باشد.

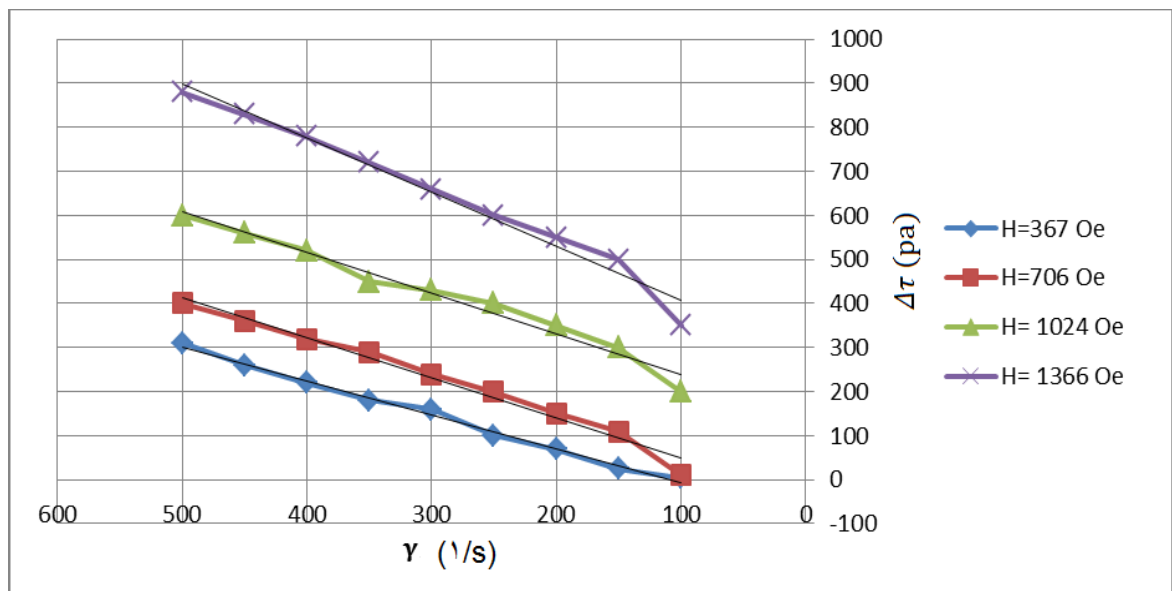
همچنین $\Delta\tau_{yH} = \tau_{yH} - \tau_0$ که در آن τ_{yH} تنش برشی در میدان مغناطیسی H می باشد. η_H نیز ویسکوسیته سیال هوشمند EMR در میدان مغناطیسی مشخص می باشد. در اینجا η_H با شیب خطوط راست در نمودار آورده در شکل (۴) متناظر بوده و با افزایش میزان H افزایش می یابد. همانطور که در جدول (۱) آورده شده است جریان EMR دارای فعالیت MR نسبتاً قوی می باشد [۱۰-۱۲].

جدول ۱. رابطه بین η_H برای نانو سیال EMR شامل CuPc-Fe3O4 در $\phi = 0/1$ در میدان های مغناطیسی مختلف

H/Oe	۳۶۷	۷۰۶	۱۰۲۴	۱۳۶۶
η_H (pa.s)	۰/۳۵	۰/۴۶	۰/۶۰	۰/۷۳

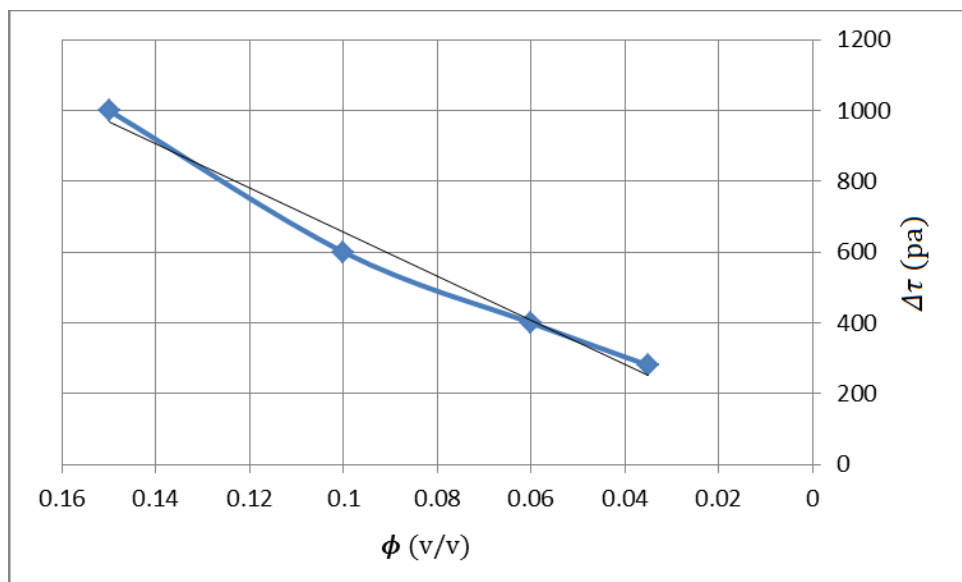


شکل ۳. رابطه بین $\Delta\tau$ و H برای نانو سیال EMR شامل CuPc-Fe3O4 در $\phi = 0/1$ و $\gamma = 345$ ۱/s



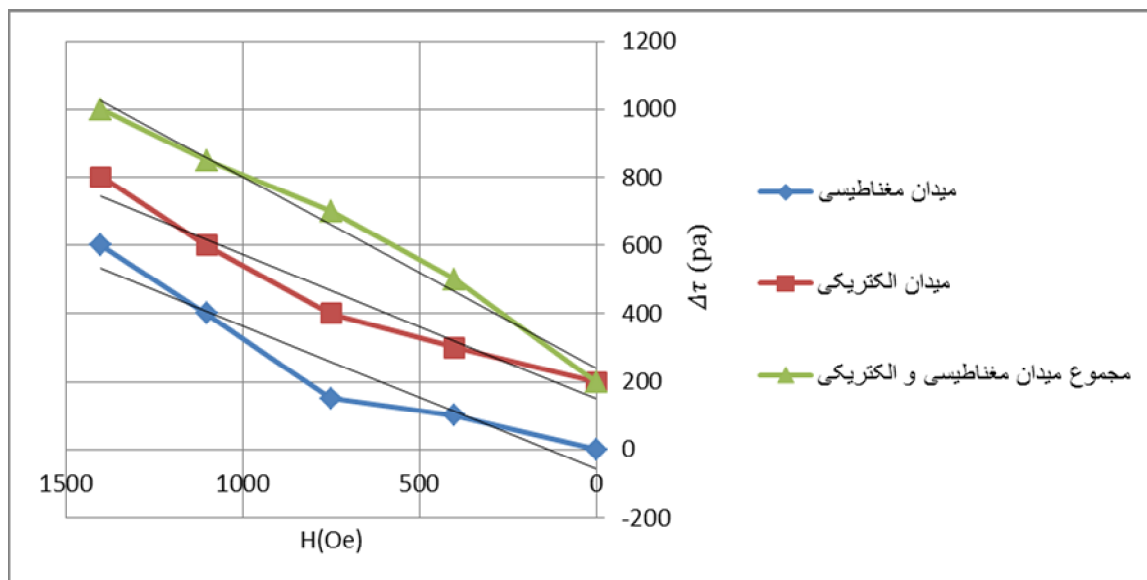
شکل ۴. رابطه بین $\Delta\tau$ و γ برای نانو سیال EMR شامل CuPc-Fe₃O₄ در $\phi = 0/1$

شکل (۵) رابطه بین $\Delta\tau$ و ϕ در سیال هوشمند EMR را نشان می دهد. از این نمودار معین می گردد که در H و γ ثابت $\Delta\tau$ با افزایش ϕ افزایش می یابد. علت این موضوع این است که با افزایش چگالی نانو ذرات تعداد زنجیره ها افزایش می یابد و این امر موجب می گردد تا تنش برشی نیز افزایش یابد.



شکل ۵. رابطه بین $\Delta\tau$ و ϕ برای نانو سیال EMR شامل CuPc-Fe₃O₄ در $H = 1366$ Oe و $\gamma = 258$ 1/s

از شکل های (۱) و (۳) مشخص می گردد که $\Delta\tau$ سیال EMR با اعمال میدان های الکتریکی و مغناطیسی افزایش می یابد. نمودار شکل (۶) نشان می دهد که $\Delta\tau$ سیال هوشمند وقتی میدان های الکتریکی و مغناطیسی به طور همزمان اعمال گردند از $\Delta\tau$ وقتی هر کدام از میدان ها به تنهایی برقرار باشند، مقدار بیشتری بوده و به عبارت دیگر سیال EMR دارای تاثیر تجمعی نیرو می باشد [۸].



شکل ۶. رابطه بین $\Delta\tau$ و H برای نانو سیال EMR شامل CuPc-Fe₃O₄ در $\phi = 0/1$ Oe و $\gamma = 258$ ۱/s و $E = kV/mm$

جدول (۲) نشان می دهد که نانو سیال هوشمند EMR دارای سطح پایداری بسیار بالایی می باشد. که علت این امر را می توان در پایین بودن چگالی CuPc-Fe₃O₄ و سازگاری بسیار خوب CuPc بر روی نانو ذرات Fe₃O₄ دانست. سیال مورد نظر در این مقاله در دمای اتاق به مدت شش ماه بدون تغییر در میزان همگن بودن نانو ذرات باقی می ماند [۴ و ۷ و ۱۱].

جدول ۲. تاثیر زمان بر چگالی ذرات در نانو سیال EMR شامل CuPc-Fe₃O₄ با ابعاد $0/3 \mu m$

مدت زمان (روز)	CuPc (gr/cm ³)	مدت زمان (روز)	Fe ₃ O ₄ (gr/cm ³)
لحظه ساخت	۱/۳۳	لحظه ساخت	۱/۷۲
۳	۱/۳۳	۱	۱/۳۵
۶	۱/۳۲	۲	۱/۲۴
۱۲	۱/۳۲	۳	۱/۲۰

نتیجه گیری

الف: $\Delta\tau$ سیال هوشمند EMR حاوی CuPc-Fe₃O₄ با افزایش میدان الکتریکی، مغناطیسی و خوردگی حجمی نانو ذرات افزایش می یابد.

ب: $\Delta\tau$ با γ رابطه خطی دارد و بنا بر رابطه بینگهام وقتی میدان الکتریکی و مغناطیسی در یک زمان برقرار شدند، جریان EMR تاثیر تجمعی نیرو خواهد داشت.

ج: این نوع از سیالات هوشمند EMR دارای پایداری نسبتا بالایی می باشند.

تشکر و قدردانی

در انتها لازم است تا از جناب آقای خیامی تکنسین کارگاه اتومکانیک گروه مهندسی مکانیک دانشگاه فردوسی مشهد که ما را در تدوین این مقاله بسیار یاری نمودند، کمال تشکر به عمل آید.

مراجع

- [1]. R. Barroso Luciana, Member ASCE, Sephen Hunt, J. Geoffrey Chase, "Application of Magneto-Rheological Dampers for Multi-Level Seismic Hazard Mitigation of Hystretic Structures," 15th ASCE Engineering Mechanics Conference, Columbia University, New York, NY, (2002).
- [2]. J.S. Dyke, B. F. Spencer Jr., P. Quast and M. K Sain, "The Role of Control- Structure Interaction in Protective System Design", Journal of Engineering Mechanics, ASCE, Vol. 121 (2), (1995).
- [3]. <http://www.cee.uiuc.edu/sstl> (2005).
- [4]. B.F. Spencer Jr., J. Suhardjo, and M.K. Sain, "Frequency Domain Optimal Control Strategies for a Seismic Protection." Journal of Engineering Mechanics, ASCE, Vol. 120, pp. 132– 158 (1994).
- [5]. S.J. Dyke, "Seismic Protection of a Benchmark Building Using Magnetorheological Dampers," Proceedings of the 2nd World Conference on Structural Control, Kyoto, JAPAN (1998).

- [6]. Rey N M, Tillman G, Miller R M, Wynosky T, Larkin M J, Flamm J D and Bangert L S 2001 Shape memory alloy actuation for a variable area fan nozzle Proc. SPIE Smart Structures and Materials: Industrial and Commercial Applications of Smart Structures Technologies (Newport Beach, CA) vol 4332 (Bellingham,WA: SPIE Optical Engineering Press)
- [7]. S. Bechtel, G. Washington, F. Ahmadkhanlou, and Y. Wang, "Microstructural Analysis and Control of Magnetorheological Fluid," in ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition, Anaheim, CA, 2004.
- [8]. V. A. Neelakantan, G. N. Washington, and R. Wolfe, "Force Feedback System using Magneto Rheological Fluids for Telerobotic Surgery," in SPIE Int. Conference on Smart Structures and Materials: Industrial and Commercial Applications of Smart Materials, San Diego, CA, 2002.
- [9]. F. Ahmadkhanlou, G. N. Washington, Y. Wang, and S. E. Bechtel, "The Development of Variably Compliant Haptic Systems using Magnetorheological Fluids " in 12th SPIE International Symposium, San Diego, CA, 2005.
- [10]. Kormann C, Laun HM, Richter HJ (1996) MR fluids with nano-sized magnetic particles. In: Proceedings of the 5th international conference on electro-rheological fluids, magneto-rheological fluids and associated technology.
- [11]. Odenbach S (2003) Ferrofluids-Magnetically controlled fluids. Colloids Surf A Physicochem and Eng Asp 217:171–
- [12]. Lopez MT, Kuzhir P, Lacis S, Bossis G et al (2006) Magnetorheology for suspensions of solid particles dispersed in ferrofluids. J Phys: Condens Matter 18:S2803–S2813

This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.