

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

تالیفات و روایات

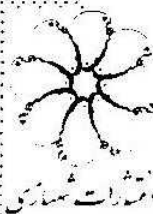
گردآورندگان:

جواد شهبازی گرمی

(مدرس دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی)

میترا محمودی

(کارشناس مکانیک)





سرشناسه	شهبازی گرمی، جواد، ۱۳۶۴ -
عنوان و نام پدیدآور	نانو سیالات و روانکارها/ گردآورندگان جواد شهبازی گرمی، میترا محمودی.
مشخصات نشر	تهران: انتشارات شهبازی، ۱۳۹۵.
مشخصات ظاهری	۲۸۰ ص: مصور، جدول، نمودار.
شابک	978-600-8155-13-3: ۲۴۰۰۰۰ ریال
وضعیت فهرست نویسی	فیبا:
موضوع	نانوذرات Nanoparticles:
موضوع	نانوسیالات Nanofluids:
موضوع	روغن و روغن کاری Lubrication and lubricants:
شناسه افزوده	محمودی، میترا، ۱۳۶۷ -
رده بندی کنگره	۱۳۸۶ ش ۹/ ۱۳ TA۴۱۸
رده بندی دیویی	۶۲۰/۵
شماره کتابشناسی ملی	۴۷۵

عنوان.....	نانو سیالات و روانکارها
مؤلفین.....	جواد شهبازی گرمی - میترا محمودی
ناشر.....	انتشارات شهبازی
مدیر مسئول انتشارات.....	جواد شهبازی گرمی
ناظر فنی.....	سید حمید سجادی
حروفچینی و صفحه آرایی.....	قاسمی (رها)
طراحی جلد.....	مجتبی فرهادی
چاپ و صحافی.....	چاپ گنجینه نگار
نوبت چاپ.....	اول ۱۳۹۵
شمارگان.....	۵۰۰ جلد
قیمت.....	۲۴۰۰۰۰ ریال
شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۸۱۵۵-۱۳-۳	ISBN: 978-600-8155-13-3

تلفن: ۴۴۱۳۸۶۴۴ همراه: ۱۲۱۸۳۴۱۴۴
ایمیل: ShahbaziPub@gmail.com وب سایت: WWW.ShahbaziPub.ir

نماینده فروشی تهران: پخش علوم پویا، میدان انقلاب، خیابان اردیبهشت (منبری جاوید)،

نیش کوچه نوروز، پلاک ۵۱، واحد ۱، تلفن: ۶۶۴۱۹۵۶۷-۶۶۹۶۰۷۷۳ تلفکس: ۶۶۹۶۰۷۷۲

توجه: کلیه حقوق مادی و معنوی چاپ و نشر، طرح روی جلد و عنوان کتاب با توجه به قانون حمایت حقوق مؤلفان، مصنفان و هنرمندان، مصوب سال ۱۳۴۸ برای انتشارات شهبازی محفوظ است. هرگونه استفاده بدون مجوز کتبی از ناشر تخلف بوده و بر اساس بند (۵) ماده ۲۳ قانون قابل پیگیری در محاکم قضایی می باشد.

اصطکاک در سامانه‌های مکانیکی مختلف عامل اصلی اتلاف انرژی است. نیروهای اصطکاک مکانیکی در موتور شامل تنش‌های هیدرودینامیکی در لایه روغن و تماس فلز با فلز می‌باشند. اصطکاک مکانیکی، شامل اصطکاک موجود در اجزای متحرک داخلی از قبیل میل‌لنگ، سبمه، حلقه‌ها و دریچه‌ها می‌باشد. بهبود خواص روانکاری، عامل بسیار مهمی برای صرفه جویی در انرژی کلی داده شده به یک سامانه مکانیکی است. روانکاری یکی از راه‌های موثر در کاهش اصطکاک و کاهش گرمای اضافی تولید شده در یک سامانه مکانیکی می‌باشد. روانکار پایه با ایجاد یک لایه روغن بر روی سطوح اصطکاکی، آن‌ها را از یکدیگر جدا می‌کند و گرمای اضافی و ذرات سایشی ایجاد شده را برطرف می‌نماید. اخیراً، تحقیقات بسیاری بر روی روش‌های مختلف به منظور بهبود خواص روانکاری روغن پایه گسترش یافته است. استفاده از مواد افزودنی مختلف با خواص منحصر به فرد برای تقویت خواص فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی روانکارهای پایه، یکی از این راه‌ها می‌باشد. در واقع خواص روانکارها با اضافه کردن افزودنی‌های شیمیایی مخصوص به روغن به تغییر می‌کند. برای مثال پایداری روغن موتور در برابر اکسایش با افزودن مواد ضد اکسایش مانند $ZDDP$ (Zinc dialkyl dithiophosphate) بهبود می‌یابد. همچنین فسفرها و سولفورها به عنوان مواد بهبود دهنده فشار لایه‌ای و خواص ضد سایشی در روغن‌های چرخ‌دنده استفاده می‌شوند. اخیراً نانوذرات به دلیل اندازه شکل و دیگر خواص منحصر به فردشان به عنوان نوع جدیدی از افزودنی‌ها پدیدار گشته‌اند. نانوروانکار نوعی روانکار مهندسی ساخته شده از نانوذرات، پراکنده کننده‌ها و روانکار پایه‌اند که خواص انتقال حرارت و خواص انتقال (نانوروانکارها) مختلف به دلیل بهبود خواص سطحی و قابلیت انتقال حرارت، افزایش بازده موتور و کاهش هزینه تعمیرات بسیار جذاب و مورد توجه‌اند. پژوهشگران زیادی گزارش کرده‌اند که نانوروانکارها در کاهش اصطکاک و سایش و نیز افزایش قابلیت انتقال حرارت موثرند. آن‌ها انواع مختلفی از نانوذرات ساخته شده از مواد پلیمری، فلزی، آلی و غیر آلی را برای ساخت نانوروانکارها استفاده کرده‌اند. برای نمونه وو^۱ و همکاران، خواص روانکاری دو نوع روغن شامل روغن موتور

1. Zinc dialkyl dithiophosphate

2. Wu

API-SF و روغن پایه حاوی نانوذرات TiO_2 ، CuO و نانوالماس را بررسی کردند. آزمایش‌های اصطکاک و سایش به کمک دستگاه آزمون لغزشی رفت و برگشتی انجام گرفت و نتایج نشان داد که نانوذرات افزوده شده به روغن‌ها تأثیر بسزایی در کاهش اصطکاک و سایش داشتند، به گونه‌ای که ضریب اصطکاک در روغن‌های API-SF و روغن پایه حاوی نانوذرات CuO به ترتیب ۱۸/۴٪ و ۵/۸٪ کاهش یافت. علاوه بر این عمق شکاف‌های سایشی به ترتیب ۱۶/۷ و ۷۸/۸ درصد در مقایسه با روغن فاقد نانوذرات CuO کاهش یافت. در آزمایش‌های لوب و همکاران، خواص روانکاری نانوذرات فولرن (C_{60}) افزوده شده به روغن معدنی به عنوان تابعی از غلظت حجمی نانوذرات بررسی شد. آزمایش‌ها با یک دستگاه آزمون دیسک روی دیسک^۱ تحت بارهای عمودی مختلف و غلظت‌های حجمی مختلف نانوذرات فولرن انجام گرفت. در این مطالعه خواص روانکاری از طریق اندازه‌گیری دمای سطح اصطکاک و ضریب اصطکاک ارزیابی شدند. نتایج بدست آمده نشان داد که نانو روغن‌ها با غلظت حجمی بزرگتر نانوذرات، ضریب اصطکاک کوچکتر و سایش کمتری را در دیسک ثابت نتیجه می‌دهد، که این نشانه بهبود خواص روانکاری روغن معدنی بر اثر افزودن نانوذرات است. علاوه بر این کوو^۲ و همکاران، رفتارهای روانکاری نانوذرات فولرن افزوده شده به روغن معدنی را بررسی کردند. خواص فشار نهایی و ضد سایشی آن‌ها با استفاده از آزمون چهار-ساچمه^۳ و نیز دستگاه آزمون دیسک روی دیسک تحت بارهای عمودی مختلف ارزیابی شد. نتایج آن‌ها بیانگر بهبود خواص روانکاری نانو روغن‌ها نسبت به روغن‌های فاقد این ذرات بود.

اخیراً نانوسیال‌ها به دلیل گزارش‌های متعدد درباره افزایش خواص حرارتی به شدت مورد توجه قرار گرفته‌اند. مطالعات اخیر آشکار می‌کند که برخی از ساختارهای کربنی، مانند لوله‌های کربنی، لوله‌های کربنی تک جداره (SWCNTs)، نانولوله‌های کربنی چند جداره (MWCNTs)، نانوالماس و گرافن بر روی خواص حرارتی نانوسیالات انجام گرفته است. همچنین نانوذرات با ساختار کروی دارای عملکرد ضد سایشی بهتری نسبت به نانوساختارهای لوله‌ای و صفحه‌ای می‌باشند.

استفاده از نانوذرات به عنوان روانکارها ایده جدیدی می‌باشد. جایگزین کردن مولکول‌های طبیعی با

1. Lee

2. Disk-on-disk tester

3. Ku

4. Four-ball test

ذرات ریز مواد جامد آسان نبوده و اخیراً به عنوان یک امر امکان‌پذیر شناخته شده است. در این خصوص دو دلیل مهم وجود دارد: اولاً تولید نانو ذرات راحت نبوده و دوم اینکه محلول‌های کلونیدی اساساً ناپایدار هستند. با این حال، بر مشکلات غلبه شده است و تشریح انواع زیادی از نانو روانکارها در کتاب‌ها و مقالات قابل دسترس است. مزیت اصلی در استفاده از نانو روانکارها این است که آن‌ها تقریباً به شدت به دما حساس بوده و واکنش‌های آن‌ها در مقایسه با مواد افزودنی سنتی محدود است. در ابتدا مقدمه‌ای از مفهوم نانو تکنولوژی و موارد کاربرد آن در علوم و همچنین انواع مواد بدست آمده توسط این تکنولوژی ارائه خواهد شد و سپس به طور جزئی و مفصل به بحث اصلی یعنی نانو روانکار خواهیم پرداخت.

در فصل دوم این کتاب اصول اساسی روانکاری کلونیدی توصیف شده است و درباره پایداری سیستم‌های میسلی و سول‌ها (معلول) شید حاوی ذرات بسیار ریز جامد درون سیال پیوسته-Sol بحث شده است.

فصل سوم به نانو ذرات ساخته شده از در کالک‌رینیدای (تکیات حاوی دو کالکوزن متفاوت) فلزی اختصاص داده شده است. روانکارهای جامد از این نوع به مدت طولانی در حال استفاده بوده‌اند، البته نه به شکل چنین ذراتی با اندازه کوچک. ساختارهای شبه ذرات بسیار جذاب بوده و هم اکنون در موارد کاربردی زیادی استفاده می‌شوند. تولید چنین موادی فقط به صورت خلاصه توضیح داده شده است. درحالیکه با استفاده از ابزار پیشرفته تحلیلی مکانیزم عملکرد آن‌ها با صورت جزئی تری بحث شده است و موارد دیگری از جمله نانوسیم‌ها نیز بررسی شده‌اند.

در فصل چهارم نانولوله‌های کربن و آنیون‌های کربنی به عنوان افزودنی‌های پتانسیل خواص ضد خوردگی و همچنین کاهنده اصطکاک ارزیابی شده‌اند. مشابه فصل سوم، ابزارهای تحلیلی شامل آنالیز سطحی برای شناختن مکانیزم عملکرد نانولوله‌ها و آنیون‌های کربنی به عنوان روانکارها بسیار

مفید توصیف می‌شوند. به طور قابل توجهی، شکل‌دهی اکسید آهن روان کننده با عملکرد سطحی این مواد افزودنی در ارتباط است.

فصل پنجم بر روی سیستم‌های میسل‌ی تمرکز می‌کند. در این فصل طبیعت این ذرات توصیف شده و در مورد مکانیزم پیچیده‌ای که علت بازدهی بالای آن‌هاست بحث شده است.

فصل ششم به نانو روانکارهای فلزی اختصاص یافته است. تفکر و ایده استفاده از فلزات (به خصوص فلزات با درجه ذوب پایین) بحث جدیدی نیست. اگرچه، ساخت ذرات با بزرگی اندازه ۱۰ نانومتری به دلیل کارد اثرات خوردگی کاملاً قابل توجه می‌باشد.

این تحقیق شامل مباحث زیادی در فصل هفتم درباره نانو روانکارهای جامد پایه بوزونی می‌باشد که برای موارد مختلف در بریک‌برد هستند. در آینده، سیستم‌های سطحی نیازمند عملکرد در شرایط سخت و دقیق می‌باشد که انتظار می‌رود اسید بوزیک و دیگر روانکارهای جامد به دلیل ارائه خواص منحصر به فرد هر روز محبوب‌تر شوند.

در کتاب پیش‌رو به شکل مفصلی درباره انواع نانو روانکارها، مواد تشکیل دهنده آن‌ها، خواص بهبود یافته و جزئیات مولکولی و اتمی که باعث دستیابی به این خواص می‌گردد بحث خواهیم کرد.

شهبازی کریم-محمودی

پاییز ۱۳۹۵

فهرست

۱۳	فصل اول آشنایی با فناوری نانو
۱۳	۱-۱ تاریخچه نانو تکنولوژی
۱۴	۲-۱ فناوری نانو
۱۶	۱-۲ اهمیت بعد نانو
۱۶	۳-۱ کاربرد فناوری نانو در ساخت مواد
۱۷	۴-۱ کامپوزیتها
۱۸	۴-۱ دستاوردهای نانوتکنولوژی
۲۲	۵-۱ فناوری نانو عامل پیرفت عدم هماهنگی
۲۳	۱-۵-۱ مواد پیشرفته و کاربردهای در صنایع نظامی
۲۴	۲-۵-۱ نانوپودرها و نانوذرات
۲۵	۳-۵-۱ پوششهای نانو ساختار
۲۷	۴-۵-۱ مواد نانو برای موتورهای هوایی
۲۸	۶-۱ کاربرد فناوری نانو در صنایع هوایی
۲۹	۱-۶-۱ بدنه هواپیما
۳۰	۲-۶-۱ موتورها
۳۰	۳-۶-۱ سنسورها
۳۱	۴-۶-۱ ارتباط دهندهها
۳۱	۵-۶-۱ قطعات گردنده
۳۲	۶-۶-۱ سازه
۳۲	۷-۶-۱ سیستمهای الکترونیک و الکترومکانیک

- ۳۳ ۸-۶-۱ نانو حسگرهای مولکولی
- ۳۴ ۹-۶-۱ نانویوششها و کاربرد آنها در صنایع نظامی و غیر نظامی
- ۳۸ ۷-۱ نانوذرات
- ۳۹ ۱-۷-۱ روشهای تولید نانوذرات
- ۴۳ ۲-۷-۱ تعیین مشخصات نانوذرات
- ۴۳ ۳-۱ خطرات نانوذرات
- ۴۴ ۷-۱ خواص ذرات نانومتری
- ۴۵ ۸-۱ مولکولهای سیال (فولرها)
- ۴۶ ۹-۱ نانولوله های کربنی
- ۴۷ ۱-۹-۱ تاریخچه نانولوله های کربنی
- ۴۸ ۱۰-۱ نانو سیال
- ۵۱ فصل دوم روانکاری کلونیدی
- ۵۱ ۱-۲ اصول کلی
- ۵۲ ۲-۲ پایداری کلونیدهای پراکنده در روغن پایه
- ۵۸ ۳-۲ روانکاری با سیستمهای مایلی
- ۶۱ ۴-۲ روانکاری با نانوذرات فلزی
- ۶۲ ۵-۲ کلونیدهای جاسازی شده در پوشش
- ۷۱ فصل سوم نانو ذرات ساخته شده از دی کالکونیدهای فلزی
- ۷۱ ۱-۳ خواص سطحی $2H - MoS_2$
- ۷۶ ۲-۳ نانوذرات شبه فولرن $IF - MoS_2$ و $IF - WS_2$
- ۸۷ ۳-۳ مواد افزودنی $IF - MoS_2$ و $IF - WS_2$ در روانکاری مرزی
- ۹۰ ۱-۳-۳ $IF - MoS_2$

۹۴	IF-WS2 ۲-۳-۳
۱۰۷	۳-۳-۳ سایر فولرنها
۱۱۰	۴-۳ نانولوله های $NT - MoS_2$ و $NT - WS_2$ به عنوان مواد افزودنی روانکار
۱۱۴	۵-۳ روانکاری توسط مخلوطی از فولرن ها
۱۱۶	۶-۳ نتیجه گیری
۱۱۹	فصل چهارم نانوروانکارها با پایه کربن
۱۲۰	۱-۴ رانندگی کربنی و خصوصیات آن
۱۳۷	۲-۴ خواص سطح بیومای ریشی مختلف
۱۵۳	۳-۴ مکانیزم روانکاری بیومای کربنی
۱۵۸	۴-۴ توصیف خصوصیات و نانولوله ها
۱۶۲	۵-۴ خواص ضدسایش و کاهش اصطکاک نانولوله های مختلف
۱۶۲	۱-۵-۴ نانولوله های تک جداره (SWNTs)
۱۶۶	۲-۵-۴ نقش کاتالیزور
۱۷۰	۳-۵-۴ نانولوله های دوجداره (DWNTs)
۱۷۱	۴-۵-۴ نانولوله های چندجداره (MWNTs)
۱۷۵	۶-۴ مکانیزم عملکرد نانولوله ها
۱۸۱	۷-۴ نتیجه گیری
۱۸۳	فصل پنجم دیدگاه میسل های معکوس و نانو ذرات کپسولی
۱۸۳	۱-۵ معرفی
۱۸۶	۲-۵ بررسی ساختارهای استوئیکومتری و افزودنیهای صابونی
۱۸۶	۱-۲-۵ میسلهای آلی دینامیک
۱۸۸	۲-۲-۵ میسلهای صابونی دینامیک

- ۳-۲-۵ نانوذرات کپسولی یا "میسل های معکوس" ۱۹۰
- ۳-۵ رفتار میسلها در سطح مشترک جامد- سیال ۱۹۳
- ۴-۵ خواص سطحی سیستمهای کلونیدی ۱۹۸
- ۴-۵-۱ خواص کاهنده اصطکاک مربوط به ساختار میسلها ۱۹۹
- ۴-۵-۲ مکانیزمهای عملکرد ضدسایش سیستمهای کلونیدی ۲۰۱
- ۴-۵-۳ ماهیت و ساختار فیلمهای ضد سایش بدست آمده با استرونتیم و ترکیبات کلسیم ۲۰۵
- ۴-۵-۴ عملکرد ضدسایش و اصطکاک مربوط به رفتار سطحی افزودنیهای کلونیدی ۲۰۸
- ۵-۵ نتیجه گیری ۲۱۰
- فصل ششم نانوروانکارها ۲۱۱
- ۱-۶ معرفی ۲۱۱
- ۲-۶ نانوروانکارهای ساخته شده از نانوذره فلزات سکه ۲۱۳
- ۲-۶-۱ نانوذرات با ترکیب آلی پوشش سطح شده شده با مس به عنوان افزودنی روغنها ۲۱۴
- ۲-۶-۲ نانوذرات مس غیر فعال شده توسط فیلم کربن به عنوان افزودنیهای روغن ۲۱۷
- ۳-۶ نانوروانکارهای ساخته شده از نانوذره فلزات با دمای ذوب پایین ۲۱۹
- ۳-۶-۱ نانوروانکارهای ساخته شده از ایندیم، قلع، و بیسموت ساخته شده به روش پراکندگی مستقیم در محلول ۲۲۰
- ۳-۶-۲ نانوروانکارهای سرب و بیسموت تولید شده با روش پراکندگی در حلال به کمک سورفکتانت ۲۲۴
- ۴-۶ نانوروانکارهای ساخته شده از نانوذره آلیاژهای فلزات با دمای ذوب پایین ۲۲۹
- ۴-۶-۱ نانوذرات $Pb-Bi$ و $Bi-In$ ، $In-Sn$ تهیه شده به روش پراکندگی مستقیم در محلول ۲۲۹
- ۴-۶-۲ نانوذرات آلیاژی $Sn-Cd$ و $Sn-Bi$ تهیه شده به روش پراکندگی اولتراسونیک در محلول ۲۳۳
- ۵-۶ مکانیزم نانوذرات فلزی مورد استفاده به عنوان مواد افزودنی درون روغنها ۲۳۶

۶-۶ چشم انداز	۲۴۱
فصل هفتم نانوروانکارها و افزودنی های روانکار پایه بوزونی	۲۴۵
۱-۷ معرفی	۲۴۳
۱-۱-۷ بررسی مکانیزمهای روانکاری ذرات روانکار جامد	۲۴۴
۲-۱-۷ پیشرفتهای اخیر در روانکاری با مواد جامد	۲۴۷
۲-۷ بررسی بوزون و ترکیبات خودروانکار آن	۲۴۸
۲-۷-۱. بوزون ۶ وجهی	۲۴۹
۲-۷-۲. اسید بوریک	۲۵۰
۳-۷ روانکاری با نانوذرات اسید بوریک کلونیدی و دیگر ترکیبات بوزون	۲۵۷
۳-۷-۱ آماده سازی رومنها استفاده از نانوپودرهای اسید بوریک	۲۵۸
۳-۷-۲ عملکرد روانکاری رومنها و تلفات حاوی نانوذرات اسید بوریک	۲۵۹
۴-۷ مکانیزم روانکاری کلونیدهای نانو اسید بوریک رومنها	۲۶۲
۵-۷ خلاصه	۲۶۵
مراجع	۲۶۷