دانشگاه ارومیه

دانشکده فنی و مهندسی

گروه مهندسی مکانیک

پایان‌نامه کارشناسی ارشد تبدیل انرژی

بررسی عددی جریان سیال ویسکوالاستیک در یاتاقان های ژورنال

مهدی نصرتی

استاد راهنما

پروفسور ایرج میرزایی

دکتر محمود نوروزی

شهریور ۱۳۹۳

کلیه حقوق این اثر متعلق به دانشگاه ارومیه است.

دانشگاه ارومیه

دانشکده فنی و مهندسی

تعهد نامه پژوهشی

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان‌نامه های تحصیلی دانشجویان دانشگاه ارومیه مبین بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشجو می‌باشد که با استفاده از اعتبارات دانشگاه انجام می‌شود، برای آگاهی دانشجو و رعایت حقوق دانشگاه، دانش آموختگان گرامی نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

۱. قبل از چاپ پایان نامه خود، مراتب را بطور کتبی به مدیریت تحصیلات تکمیلی دانشگاه اطلاع و کسب اجازه نمایند.

۲. در انتشار نتایج پایان‌نامه در قالب مقاله، همایش، اختراع، اکتشاف و سایر موارد ذکر نام دانشگاه ارومیه الزامی است.

۳. انتشار نتایج پایان نامه باید با اطلاع و کسب اجازه از استاد راهنما صورت گیرد.

اینجانب **مهدی نصرتی** دانشجوی گرایش **تبدیل انرژی** مقطع **کارشناسی ارشد** تعهدات فوق و ضمانت اجرایی آنرا قبول کرده و به آن ملتزم می‌شوم.

تاریخ و امضا دانشجو

تقدیم به

پدر و مادر عزیزم

آن مهربان فرشتگانی که لحظات ناب بودن، لذت و غرور دانستن، جسارت خواستن، عظمت رسیدن و تمام تجربه های یکتا و زیبای زندگی ام، مدیون حضور سبز آنهاست

و تقدیم به

همسر عزیزم

که بر برگ برگ این تحقیق، خاطره ای از قصه های تلاش و صبر زیبای او نقش بسته است

و تقدیم به تمام عزیزانی که به بهای زحماتشان آموختم آئین تلاش را

سپاسگزاری

شکر و سپاس یکتای بی همتایی را که آثار قدرت او بر چهره روز روشن، تابان است و انوار حکمت او در دل شب تار، درفشان. آفریدگاری که خویشتن را به ما شناساند و درهای علم را بر ما گشود و عمری و فرصتی عطا فرمود تا بدان، بنده ضعیف خویش را در طریق علم و معرفت بیازماید.

در ابتدا صمیمانه ترین تقدیرها تقدیم به **خانواده عزیز و مهربانم** که همواره حامی و مشوقم بوده اند و پیمودن روزهای سخت و آسان زندگی ام بدون دعای خیر، و برکت وجودشان غیر ممکن بود.

در غایت فروتنی و اخلاص مراتب قدردانی و سپاسگزاری خویش را بر تمامی فرزانگان و ادیبان نثار کرده و بر خود واجب می دانم از اساتید گرانقدر و فرهیخته جناب آقای **پروفسور ایرج میرزایی** و جناب آقای **دکتر محمود نوروزی** که راهنمایی های خردمندانه شان در تمامی مراحل کار، راهگشا و چراغ راهم بود تقدیر و تشکر نمایم.

از اساتید گرامی جناب آقای **دکتر عباسعلی زاده** و جناب آقای **دکتر خلیل آریا** که با داوری خود به شایستگی در جهت اعتلای این پایان نامه کوشیدند سپاسگزارم.

چکیده

مطالعه و بررسی جریان سیال بین دو استوانه غیر هم مرکز چرخان، مشابه جریان روغن در یاتاقانهای ژورنال از اهمیت ویژه ای برخوردار است. امروزه صنعت درجهتی سوق پیدا نموده که دستگاه هایی با ابعاد کوچکتر، سرعت بالاتر و با راندمان کارکرد بالا طراحی گردند. دراین راستا طراحی یاتاقانهای ژورنال در ساختمان داخلی دستگاهای مکانیکی از اهمیت بسزایی برخوردار می باشد. شناسایی رفتار هیدرودینامیکی یاتاقانهای ژورنال یکی از ملزومات طراحی بهینه این نوع دستگاههاست .در بسیاری از موارد در سیستم روانکاری از روغنهای سنگین بعنوان سیال روانساز استفاده می شود که از خود رفتار ویسکوالاستیک نشان می دهند. همچنین با ورود مواد جدید از جمله نانو روغن ها، نانوگریس ها و سیالات هوشمند به این حوزه که غالبا رفتار ویسکوالاستیک دارند. بررسی وآنالیز یاتاقان های ژونال با روانکار ویسکو الاستیک از اهمیت زیاد برخوردار است.

علی‌رغم تحقیقات گسترده آزمایشگاهی و عددی، تاکنون هیچ تحقیقی برای مدل سازی جریان سیال ویسکوالاستیک با معادله غیرخطی متشکله گزیکس در یاتاقان های ژورنال انجام نشده است. در این پایان نامه با استفاده از روش حجم محدود، جریان سیال گزیکس در یاتاقان های ژورنال شبیه سازی شده است. معادله متشکل گزیکس قادر به ارائه رفتار پاور- لو برای ویسکوزیته و ثابت های اختلاف تنش‌های نرمال می باشد. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که در سیال گزیکس با افزایش زمان رهایی از تنش و نیز با افزایش ضریب پویایی محلول، ظرفیت تحمل بار یاتاقان کاهش می‌یابد. همچنین نتایج حاصل از این تحقیق نشان می دهد که پارامتر خروج از مرکزی یاتاقان، تاثیر بسزایی در ظرفیت بار یاتاقان دارد.

واژه‌های کلیدی: سیال ویسکوالاستیک، یاتاقان های ژورنال، عدد تیلور، جریان های ثانویه، ناپایداری، نرم افزار اوپن فوم

فهرست مطالب

چکیده I
فهرست مطالب II
فهرست جدول‌ها IV
فهرست شکل‌ها V
فصل ۱ ..... ۱
۱-۱ . مقدمه ۲
فصل ۲ ..... ۴
۲-۱ . مطالعات گذشته ۷
۲-۲ . جریان داخلی بین استوانه های چرخان ۷
۲-۳ . روانکاری فیلم سیال ۸
۲-۴ . یاتاقان ژورنال ۱۰
۲-۴-۱. روانکارهای پایه روغن ۱۱
۲-۴-۲ . افزودنی ها ۱۲
۲-۴-۳ . مطالعات آزمایشگاهی ۱۲
۲-۴-۴ . مشخصه های رولوژی روانکار ۱۳
۲-۴-۵ . مطالعات عددی ۱۳
۲-۵ . ضرورت انجام این تحقیق ۱۵
فصل ۳ ..... ۱۷
۳-۱ . مدل ریاضی ۱۸
۳-۲ - معادلات حاکم ۱۸
۳-۳ معادله متشکله ۲۰
۳-۳-۱ معادله متشکل سیال نیوتنی ۲۰
۳-۳-۲ معادله متشکل سیالات نیوتنی تعمیم یافته ۲۱
۳-۳-۳ معادله متشکله سیالات ویکسوالاستیک ۲۲
۳-۴ الگوی جریان دراستوانه های چرخان ۲۴
۳-۴-۱ استوانه های هم مرکز ۲۵
۳-۴-۲ استوانه های غیر هم مرکز ۲۶
۳-۵ روش های تحلیل برای یاتاقان های ژورنال ۲۷
فصل ۴ ..... ۲۸

۴-۱ . روش حل عددی ۲۹
۴-۱-۱ . معرفی نرم افزار منبع باز OpenFOAM ۲۹
۴-۱-۲ . گسسته سازی معادلات و الگوریتم حل ۳۱
۴-۱-۳ . شبکه محاسباتی و شرایط مرزی ۳۳
4-1-4 . شرط مرزی دیواره ها ۳۵
۴-۱-۵ . روش حل در نرم افزار OpenFOAM ۳۶
۴-۱-۶ . پیش پردازش ۳۶
۴-۱-۷ . پردازش ۳۷
۴-۱-۸ . پس پردازش ۳۷
۴-۱-۹ . ساختار نمونه مطالعاتی در این پژوهش ۳۷
۴-۱-۱۰ . کد حلگر استفاده شده در این پژوهش ۴۳
۴-۲ . حل تحلیلی روانکار در یاتاقان ژونال ۴۵
فصل۵ ..... ۴۹
۵-۱ . حل عدد ۵۰
۵-۲ . روند حل ۵۰
۵-۲-۱ . مشخصات محدوده محاسباتی ۵۰
۵-۳ - اعتبار سنجی حل ۵۲
۵-۴ - نتایج حل عددی ۵۵
۵-۴-۱ . مطالعه جریان ۵۵
۵-۴-۲ . ظرفیت بار یاتاقان ژورنال ۶۵
۵-۴-۳ . کانتور های حل عددی ۶۶
۵-۴-۴ . خطوط جریان ۷۰
فصل۶ ..... ۷۲
۶-۱ . نتیجه گیری ۷۳
پیوست A ۷۵
مراجع ۸۱

فهرست جدول‌ها

جدول (۲-۱) : خلاصه ای از مطالعات عددی گذشته در استوانه های غیر هم مرکز چرخان..... ۱۴
جدول (۵-۱) : خواص سیال نیوتنی برای چک کردن استقلال از شبکه..... ۵۰
جدول (۵-۲) : خواص سیال اولدروید –بی برای اعتبار سازی حل[۴۳]..... ۵۳
جدول (۵-۳) : خواص سیال ویسکو الاستیک گزیکس..... ۵۵
جدول (۵-۴) :مقادیر نیرو های یاتاقان ژونال با سیال گزیکس در خارج از مرکز های مختلف و زمان های رهایی متفاوت..... ۶۶

فهرست شکل‌ها

شکل (۲-۱) : نمایی از سطوح همدیس (یاتاقان ژورنال) [۱۶]..... ۱۰
شکل (۲-۲) : نمایی از سطوح ناهمدیس (یاتاقان غلتشی) [۱۶]..... ۱۰
شکل (۳-۱) : نمایی شماتیک از هندسه استوانه های غیر هم مرکز چرخان..... ۱۸
شکل (۳-۲) : نمونه هایی از الگو های گردابه های تیلور[۳۷]..... ۲۶
شکل (۴-۱) : نمایی از محدوده محاسباتی در نظر گرفته شده..... ۳۳
شکل (۴-۲) : مراحل اصلی انجام شبیه سازی عددی در OpenFOAM..... ۳۶
شکل (۴-۳) : نمودار درختی نمونه مطالعاتی نرم افرار OpenFOAM..... ۳۸
شکل (۴-۴) : توزیع فشار برای حل سامرفیلد [۱۶]..... ۴۸
شکل (۵-۱) : نمایش استقلال حل از شبکه..... ۵۱
شکل (۵-۲): نمونه ای از تعداد تقسیمات دامنه محاسباتی..... ۵۲
شکل (۵-۳) : مقایسه تغییرات فشار بروی استوانه داخلی در تحقیق حاضر و حل گلوین لو..... ۵۳
شکل (۵-۴)(: مقایسه تغییرات τxy بروی استوانه داخلی در تحقیق حاضر و حل گلوین لو..... ۵۴
شکل (۵-۵) : مقایسه تغییرات $N1$ بروی استوانه داخلی در تحقیق حاضر و حل گوین لیو..... ۵۴
شکل (۵-۶) : تغییرات فشار برای خروج از مرکز های مختلف در $\lambda = 0.012$ و $\alpha = 0.1$..... ۵۶
شکل (۵-۷) : تغییرات τxy برای خروج از مرکز های مختلف در $\lambda = 0.012$ و $\alpha = 0.1$..... ۵۷
شکل (۵-۸) : تغییرات $N1$ برای خروج از مرکز های مختلف در $\lambda = 0.012$ و $\alpha = 0.1$..... ۵۷
شکل (۵-۹) : تغییرات فشار برای خروج از مرکز های مختلف در $\lambda = 1.2$ و $\alpha = 0.1$..... ۵۸
شکل (۵-۱۰) : تغییرات τxy برای خروج از مرکز های مختلف در $\lambda = 1.2$ و $\alpha = 0.1$..... ۵۸
شکل (۵-۱۱) : تغییرات $N1$ برای خروج از مرکز های مختلف در $\lambda = 1.2$ و $\alpha = 0.1$..... ۵۹
شکل (۵-۱۲) : تغییرات فشار برای زمان های رهایی مختلف در $\varepsilon = 0.7$ و $\alpha = 0.01$..... ۶۰
شکل (۵-۱۳) : تغییرات τxy برای زمان های رهایی مختلف در $\varepsilon = 0.7$ و $\alpha = 0.01$..... ۶۰
شکل (۵-۱۴) : تغییرات $N1$ برای زمان های رهایی مختلف در $\varepsilon = 0.7$ و $\alpha = 0.01$..... ۶۱
شکل (۵-۱۵) : تغییرات فشار برای زمان های رهایی مختلف در $\varepsilon = 0.9$ و $\alpha = 0.01$..... ۶۱
شکل (۵-۱۶) : تغییرات τxy برای زمان های رهایی مختلف در $\varepsilon = 0.9$ و $\alpha = 0.01$..... ۶۲
شکل (۵-۱۷) : تغییرات $N1$ برای زمان های رهایی مختلف در $\varepsilon = 0.9$ و $\alpha = 0.1$..... ۶۲
شکل (۵-۱۸) : تغییرات فشار برای ضرایب پویای محلول مختلف در $\lambda = 0.0012$ و$\varepsilon = 0.5$ ۶۳
شکل (۵-۱۹) : تغییرات τxy برای ضرایب پویایی محلول مختلف در ر $\lambda = 0.0012$ و$\varepsilon = 0.9$ ۶۴
شکل (۵-۲۰) : تغییرات $N1$ برای ضرایب پویایی محلول مختلف در ر $\lambda = 0.0012$ و$\varepsilon = 0.5$ ۶۴
شکل (۵-۲۱) : تغیرات ظرفیت بار یاتاقان با خروج از مرکزی در زمان های رهایی مختلف..... ۶۵
شکل (۵-۲۲) : کانتور تغییرات نسبت فشار به چگالی در $\varepsilon = 0.5$، $\alpha = 0.1$ و $\lambda = 0.012$..... ۶۶
شکل (۵-۲۳) : کانتور تغییرات نسبت فشار به چگالی در $\varepsilon = 0.5$، $\alpha = 0.1$ و $\lambda = 0.012$..... ۶۷
شکل (۵-۲۴) : کانتور تغییرات سرعت در $\varepsilon = 0.5$، $\alpha = 0.1$ و $\lambda = 0.012$..... ۶۷
شکل (۵-۲۵) : کانتور تغییرات سرعت در $\varepsilon = 0.9$، $\alpha = 0.1$ و $\lambda = 0.012$..... ۶۸
شکل (۵-۲۶) : کانتور تغییرات تنش در $\varepsilon = 0.5$، $\alpha = 0.1$ و $\lambda = 0.012$..... ۶۸

شکل (۵-۲۷) : کانتور تغییرات تنش در $\varepsilon = 0.9$، $\alpha = 0.1$ و $\lambda = 0.012$ ۶۹
شکل (۵-۲۸) : کانتور تغییرات اختلاف تنش های نرمال اول در $\varepsilon = 0.5$، $\alpha = 0.1$ و $\lambda = 0.012$ ۶۹
شکل (۵-۲۹) : کانتور تغییرات اختلاف تنش های نرمال اول در $\varepsilon = 0.9$، $\alpha = 0.1$ و $\lambda = 0.012$ ۷۰
شکل (۵-۳۰) : خطوط جریان در یاتاقان ژورنال با شکاف همگرا متوسط ۷۱
شکل (۵-۳۱) : خطوط جریان در یاتاقان ژورنال با شکاف همگرا باریک ۷۱

فصل۱

مقدمه

۱-۱. مقدمه

از اوایل قرن بیستم تا کنون دانش مکانیک سیالات غیر نیوتنی، موضوع بسیاری از تحقیقات تئوری و آزمایشگاهی بوده است. در این میان بررسی سیالات ویسکوالاستیک به علت پیچیدگی معادلات حاکم و کاربرد وسیع آن در صنایع پزشکی، نظامی و غذایی از اهمیت ویژه ای برخوردار است.

سیالات ویسکوالاستیک، موادی هستند که بطور توأمان خواص ویسکوز و الاستیک را دارا می باشند. از آنجا که در سیالات تنش تابعی از نرخ برش و در جامدات تابعی از خود برش است، لذا این مواد دارای خواص همزمان جامد و سیال هستند. یکی از مهمترین تفاوتهای سیالات ویسکوالاستیک با سایر سیالات، وجود اختلاف تنشهای نرمال اول و دوم در این مواد است. همچنین این مواد دارای یک حافظه جهت دار از تغییر شکلهای خود بوده و از حالت قبلی خود آگاه هستند [۱].

با پیشرفت علم پلیمر و ایجاد مواد و افزودنی‌های پلیمری و همچنین ورود علم نانو به دنیای مهندسی مکانیک مشخص شد که افزودن مقداری از این افزودنی‌ها به سیال نیوتنی باعث بهبود خواص این سیال در شرایط عملیاتی می شود. اما در عین حال خواص این مواد با مدل سیّال نیوتنی قابل بیان نبود. در نتیجه علم جدیدی به نام علم رئولوژی مواد که در آن به بررسی رفتار رئولوژی سیالات می پردازد معرفی شد. علم رئولوژی توانست معالات حاکم بر انحراف رفتار سیال از سیال نیوتنی را تشریح کند.

معادلات ارائه شده توسط رئولوژی به دو دسته معادلات خطی و معادلات غیر خطی تقسیم می شود. معادلات خطی برای توصیف جریان‌هایی با تغییر شکل کوچک از جمله جریان‌های خزشی مناسب می باشند. همچنین معادلات غیر خطی به توصیف تغییر شکل های بزرگ در مواد می پردازد و از آنجا که جریان سیالات از نوع تغییر شکل‌های بزرگ است، استفاده از معادلات غیر خطی توصیه

می گردد. اما با غیر خطی شدن معادلات تقریبا حل تحلیلی آنها غیر ممکن می شود؛ لذا برای حل این معادلات باید از روش های عددی استفاده کرد.

از آنجایی که برای بهبود روانکاری در یاتاقان های ژورنال در شرایط عملیاتی مختلف، مواد افزودنی پلیمری به روانکار اضافه می شود، روانکار از خود رفتار ویسکو الاستیک نشان می دهد. با توجه به اینکه روانکار در یاتاقان های ژورنال دچار تغییر شکل های بزرگ می شود، بنابراین معادلات غیر خطی سیالات ویسکوالاستیک بر روانکار حاکم می باشد. لذا هدف از این پژوهش بررسی عددی جریان سیالات ویسکوالاستیک بین استوانه های چرخان غیر هم مرکز می باشد.

فصل ۲

مروری بر مطالعات انجام شده

علم مهندسی مکانیک از دیرباز مورد توجه دانشمندان و متفکران بوده است. شاید بتوان فعالیت های آغازین بشر نظیر ساخت قایق، آسیاب های آبی، آسیاب های بادی و حفر قنات را مقدمه ای بر مهندسی مکانیک سیالات دانست. ارشمیدس را می توان به موجب قانون معروف شناوری اجسام نخستین دانشمند کلاسیک در زمینه مهندسی مکانیک دانست. از آن زمان تا اوایل قرن هفدهم میلادی پیشرفت دانش مهندسی مکانیک سیالات به کندی صورت گرفت [۲]. با تولد نیوتن در قرن هفدهم، این قرن را می توان سر آغازی بر مکانیک سیالات دانست. در این قرن نیوتن با توجه به قوانین مکانیک و حساب دیفرانیسل، مدلی برای سیالات ارائه داد که می توان با این مدل سینتیک سیالات را مورد بررسی قرارد داد، سیالاتی که از این قانون تبعیت می کنند به سیالات نیوتنی معروف شدند. سیال نیوتنی سیالی است که در آن تنش برشی بدون رفتار تسلیم گونه فقط تابعی خطی از نرخ برش است. با توجه به این مدل، نسبت تنش برشی به نرخ برش را ویسکوزیته سیالات نیوتنی می نامند. در اواخر قرن نوزدهم از یک طرف تئوری اویلر در هیدرودینامیک مطرح شد و سعی برآن داشت که روابط جریان برای یک سیال غیر ویسکوز را ارائه دهد که روابط بدست آمده از این تئوری در تعارض آشکار با برخی از مشاهدات تجربی بود. در اوایل قرن بیستم، پرانتل نشان داد که چگونه می-توان تئوری سیالات ویسکوز را با تئوری اویلر پیوند داد و در سال ۱۹۰۴ نظریه لایه مرزی خود را ارائه داد. طبق نظریه لایه مرزی پرانتل، در جریان اطراف یک جسم، اثر ویسکوزیته و اصطکاک سیال در یک لایه بسیار نازک قابل ملاحظه است که این لایه بسیار نازک در نزدیکی جسم ایجاد می شود و در ناحیه دور از جسم می توان از اصطکاک سیال و اثر ویسکوز آن صرف نظر کرد. این تئوری با توجه به همخوانی مناسبی که با مشاهدات تجربی و آزمایشگاهی داشت یکی از شاخه های مهم در دانش مکانیک سیالات شناخته می شود [۳].

با رشد صنایع مختلف از جمله صنایع غذایی و پتروشیمی دانشمندان با سیالاتی مواجه شدند که رفتار رئولوژی آن با استفاده از مدل ارائه شده توسط نیوتن قابل توصیف نبود. بطور کلی می توان انحراف رفتار این سیالات از سیال نیوتنی رابه سه دسته تقسیم کرد:

وجود تنش تسلیم در ماده

وابستگی ویسکوزیته به زمان و نرخ برش

وجود خاصیت الاستیک در سیال

با مطالعات انجام شده دانشمندان دریافتند که مدل نیوتنی برای گازها و مایعات دارای وزن مولکولی کمتر از ۱۰۰۰ با دقت بسیار بالا قابل بکارگیری است. اما این مدل برای سیالاتی که دارای مولکول‌های درشت هستند چندان دقیق نیست و گاهاً رفتار متضاد با رفتار نیوتنی از خود نشان می-دهند [۴].

در جنگ جهانی دوم، برای اصلاح سلاح شعله افکن از مواد ویسکوالاستیک استفاده شد. سلاح شعله افکن به منظور پرتاب مایعات آتش‌زا به سمت هدف مورد استفاده قرار می گیرد. مشکلی که در این سلاح وجود داشت واگرایی جت مواد آتش‌زا در فاصله ی نزدیک بود که منجر به عدم استفاده موثر از این سلاح می شد. دانشمندان با اضافه کردن مواد پلیمری، مایع آتش‌زایی تولید کردند که تا فاصله مناسبی جت آن همگرا باقی می ماند. در همین جنگ، مهندسان آلمانی به یکی از مهمترین دست آوردهای کاربردی در انتقال بنزین دست یافتند. آنها با اضافه کردن مواد صابونی و پلیمری به بنزین، توانستند افت فشار انتقال بنزین را تا ۹۰٪ کاهش دهند! بعد ها اثبات شد که با اضافه کردن مواد پلیمری به سیالات نیوتنی، می‌توان محلول های ویسکوالاستیک تولید کرد که نیروی پسای جریان مغشوش را به شدت کاهش می‌دهد [۲]. در سال‌های اخیر با اضافه کردن ژلنت های ویژه به سوخت موشک‌ها، توانسته‌اند باعث ایجاد تنش تسلیم در سوخت موشک شوند که این ویژگی باعث

می شود اثر تلاطم سوخت موشک در هنگام پرتاب از بین رود [۵]. خواص ویژه این سیالات باعث شد تا محققین از آنها در زمینه های مختلف استفاده کنند

با گذشت زمان و تولید مواد پلیمری متنوع، دانش رئولوژی در جنبه های مختلفی از قبیل صنایع غذایی، پتروشیمی، تولید لاستیک، رنگ، انواع پوشش، صنایع بهداشتی و مواد روانکار ... گسترش یافته است. همچنین در سال های اخیر با توجه به تولید نانو سیالات و سیالات هوشمند، تحلیل و بررسی سیالات ویسکو الاستیک از اهمیت ویژه ای برخوردار شده است.

در این فصل ابتدا به معرفی روانکاری و یاتاقان های ژونال می پردازیم و سپس تاریخچه ای از کار های گذشته در زمینه استفاده از سیالات غیرنیوتنی بویژه ویسکوالاستیک به عنوان روانکار در این یاتاقان ها پرداخته می شود.

۲-۱. مطالعات گذشته

در این بخش مروری بر مطالعات گذشته در خصوص جریان سیالات ویسکو الاستیک در استوانه های غیر هم مرکز چرخان ارائه می شود. بدین ترتیب ضمن بیان تاریخچه تحقیقات پیشین می توان میزان اهمیت تحقیق در این زمینه و نیز زمینه های فراروی پژوهشگران برای ادامه این تحقیقات پی برد. همچنین با مقایسه نتایج حاصل از این مطالعات با تحقیق حاضر، جنبه های نوآوری و ضرورت تحقیق حاضر آشکارتر می شود.

در ادامه این فصل، تحقیق حاضر معرفی شده و مشخصات کلی، اهداف، کاربرد ها و موارد نوآوری آن مورد بحث قرار می گیرد. در پایان مرور اجمالی بر ساختار کلی تحقیق حاضر صورت می گیرد.

۲-۲. جریان داخلی بین استوانه های چرخان

در سال ۱۹۲۳ تیلور، پایداری جریان سیال ویسکوز را در استوانه های چرخان هم مرکز بصورت تئوری و آزمایشگاهی مورد مطالعه قرار داد [۶]. تیلور همچنین توزیع سرعت و دما [۷]، و اصطکاک سیال[۸] در استوانه های هم مرکز برای سیال نیوتنی را بررسی کرد.

یانگ ال و همکاران، حل ساده ای از جریان سیال پاور- لو در استوانه های غیر هم مرکز ارائه دادند [۹]. شریف و همکاران بررسی عددی سیال یلد –پاور- لو در استوانه های هم مرکز و غیر هم مرکز چرخان را با استفاده از الگوریتم حجم محدود انجام دادند [۱۰]. همچنین اسکودایر و همکاران، جریان بین استوانه های غیر هم مرکز برای سیال پاور- لو و کراس بصورت عددی محاسبه کردند و با نتایج آزمایشگاهی مقایسه کردند [۱۱, ۱۲]. گرکو و همکاران با استفاده از روش استیم تیوپ جریان سیال UCM را در استوانه های چرخان غیر هم مرکز مورد بررسی قرار دادند[۱۳] و همچنین برد در [۱۴, ۱۵].

۲-۳. روانکاری فیلم سیال

جریان بین استوانه های غیر هم مرکز چرخان با کاربرد یاتاقان های ژورنال بطور گسترده توسط بسیاری از محققان مورد بررسی قرار گرفت.در سال ۱۹۶۶ در انگلستان، با انتشار گزارشی که به گزارش Jost معروف است، کلمه ترایبولوژی[1] ، به عنوان علم و دانش اثر متقابل سطوح در حال حرکت نسبت به هم تعریف شد. این گزارش حتی ادعا کرد که صنعت می تواند با بهسازی روانکاری، اصطکاک، سایش سطوح هزینه های مصرفی را به مقدار قابل توجهی کاهش دهد [۱۶].

روانکاری فیلم سیال زمانی اتفاق می افتد که سطوح مقابل هم در حال حرکت، توسط فیلم روان کننده کاملا از هم جدا شده باشند. در این حالت، فشاری که این سطوح به یکدیگر وارد می کنند توسط فیلم سیال روان کننده تحمل می شود و اصطکاک این سطوح همان اصطکاک ناشی از تنش برشی که عامل آن ویسکوزیته سیال است، می باشد. سطوح مقابل هم در روانکاری فیلم سیال به دو دسته تقسیم می شود که عبارتند از:

سطوح همدیس

سطوح غیر همدیس

[1] Tribology

سطوح همدیس سطوحی هستند که جفت شوندگی بالایی با یک دیگر داشته باشند به عبارت دیگر، بار، توسط سطح نسبتا بزرگی تحمل شود. سطوح غیر همدیس سطوحی هستند که سطح تحمل بار در آنها به اندازه سه برابر کمتر از سطوح همدیس است. بنابراین با توجه به اینکه سطح تحمل بار در یاتاقان های ژورنال برابر است با 2π ضرب در شعاع، ضرب در طول، و این سطح به مراتب بیشتر از سطح تماس در یاتاقان های غلتشی است؛ لذا سطوح یاتاقان‌های ژونال از نوع سطوح همدیس است. شکل و شکل به ترتیب سطوح همدیس و غیر همدیس را نشان می دهند.

درک روانکاری فیلم سیال، با آزمایشهای کلاسیک تاور[1] در سال ۱۸۸۵ شروع شد. تاور با اندازه گیری فشار در داخل روان کننده، وجود فیلم سیال را کشف کرد. پتروو[2] با انداز گیری اصطکاک به نتایج مشابه ای رسید. در سال ۱۸۸۶، رینولدز[3] با ترکیب معادله ناویر- استوکس با معادله پیوستگی، معادله دیفرانسیلی درجه دومی برای فشار در شکاف باریک و همگرا بین سطوح یاتاقان ژورنال را بدست آورد. چون این سطوح کاملا توسط یک فیلم سیال جدا شده اند، این فشار باعث می شود که بار بین این سطوح با اصطکاک بسیار کمی انتقال یابد. بنابراین در این حالت خواص سیال روانکار بویژه ویسکوزیته آن توسط محققین مورد بررسی قرار گرفته است [۱۶].

ارائه معادله رینولدز، شروع دانش روانکاری کلاسیک فیلم سیال شد. این معادله از معادلات ناویر استوکس بدست آمده است که در آنها اثر تنش برشی سیال با مدل سیال نیوتنی نیوتنی مدل شده است. در بسیاری از کاربرد های روانکارها در صنایع مختلف حالت هایی وجود دارد که تقریب مدل سیال نیوتنی نمی تواند نتایج مطلوبی ارئه دهد. آزمایشها نشان می دهد که با اضافه کردن مقدار کمی از پلیمر ها با زنجیره مولکولی بلند به سیالات نیوتنی، می توان روانکار بهتری بدست آورد.

[1] Tower
[2] Petrov
[3] Reynolds