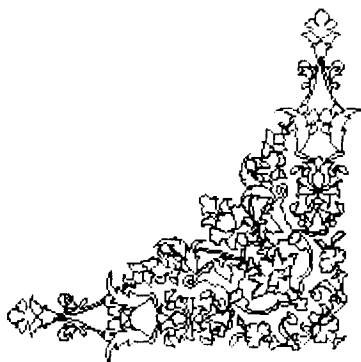
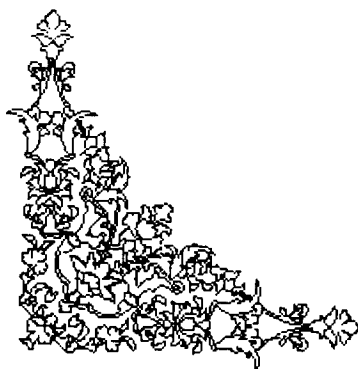
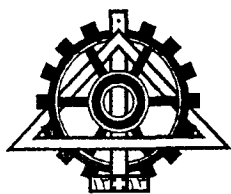


بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ





دانشگاه تهران
دانشکده فنی - گروه مهندسی مکانیک

تأثیر خواص الاستیک سیال غیر نیوتنی بر مشخصات
لایه مرزی

۱۳۸۱ / ۷ / ۱۰

توسط:

مهدی شریفی

استاد راهنما:

دکتر کیوان صادقی

استاد مشاور:

دکتر مهرداد رئیسی

۳۲۲۵۲

تابستان ۱۳۸۱

مرکز اطلاعات و آرکایو علمی
توسعه و مدیریت

بناام خدا

((تأثیر خواص الاستیک سیال غیر نیوتنی بر مشخصات لایه مرزی))

توسط :


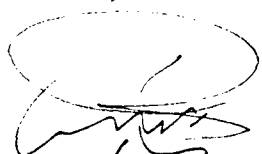

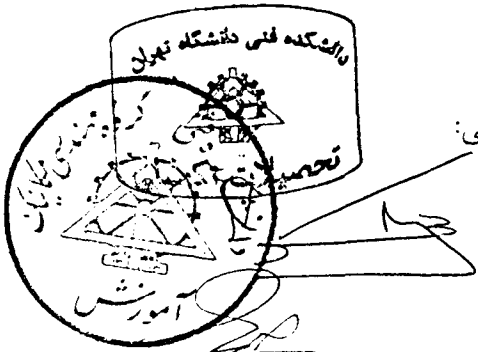
مهدی شریفی

پایان نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی مکانیک تبدیل

انرژی

از این پایان نامه در تاریخ ۱۳۸۱/۴/۲۵ در مقابل هیئت داوران دفاع به عمل آمد و مورد تصویب قرار گرفت.

سرپرست کمیته تحصیلات تکمیلی:
مدیر گروه مکانیک:
استاد راهنما: دکتر حمزه حسینی
استاد مشاور: دکتر مهرداد رجبی
استاد ممتحن: دکتر فرزاد کوروس



تقدیم به

پدر و مادر بزرگوارم

و
تقدیم به

خواهران و برادران گرامیم

” تاثیر خواص الاستیک سیال غیر نیوتنی بر مشخصات لایه مرزی ”

نام و نام خانوادگی: مهدی شریفی

شماره دانشجویی: ۸۱۰۶۷۸۰۲۵

رشته تحصیلی و گرایش: مهندسی مکانیک- تبدیل انرژی

گروه: مهندسی مکانیک

مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد

تاریخ دفاع: ۱۳۸۱/۴/۲۵

استاد راهنما: دکتر کیوان صادقی

چکیده پایان نامه کارشناسی ارشد:



هدف از انجام این پایان نامه بررسی تاثیر خواص الاستیک سیال غیر نیوتنی بر روی مشخصات لایه مرزی و نحوه انتقال حرارت می باشد.

در این تحقیق تاثیر خواص الاستیک سیال ویسکوالاستیک مرتبه دوم در جریان در نقطه سکون، جریان بر روی صفحه ساکن و عملیات روکش دهی آزاد مورد بررسی قرار گرفت.

در نتیجه، برای اولین بار امکان تحلیل جریان و انتقال حرارت در نقطه سکون برای اعداد دبیورای بزرگ میسر شد. برای اولین بار تحلیل جریان بر روی صفحه ساکن برای اعداد دبیورای بزرگتر از ۰/۲ انجام شد و پدیده Overshooting که در تنها نقطه سکون گزارش شده بود، مشاهده شد.

در تحلیل عملیات روکش دهی نیز برای نخستین بار تحلیل جریان در دبیورای بزرگتر از ۰/۲ انجام شد، همچنین فرضیه *Middleman* و *Spiers* در مورد کاهش ضخامت لایه مرزی با افزایش الاستیسیته سیال تایید شد. در تمام موارد ذکر شده، تاثیر خواص الاستیک سیال بر روی مشخصات جریان، نظیر ضریب اصطکاک، ضخامت لایه مرزی توزیع عدد ناسلت برای اعداد دبیورایی بزرگتر از تمام مقالات منتشر شده در این موضوع بدست آمد و در نهایت برای نخستین بار تحلیل عددی لایه مرزی سیال ماکسول بر روی صفحه متحرک انجام شد و نحوه تاثیر الاستیسیته این سیال بر روی مشخصات انتقال حرارت و لایه مرزی بررسی شد.

اینک که به لطف یزدان پاک این تحقیق به پایان رسید، بر خود لازم
می‌دانم که صمیمانه از راهنمایان و کمکهای استاد ارجمند جناب
آقای دکتر صادقی که در تمام مراحل با دانش بالای خویش
راهگشای انجام این پروژه بودند، تشکر و سپاسگزاری نمایم.
همچنین از اساتید محترم، آقای دکتر رئیسی که امر مشاوره و آقای
دکتر کوثری که امر داوری این پایان نامه را بر عهده داشتند و نیز
پروفسور Hassanien به خاطر در اختیار قرار دادن نتایج کامل
تحقیق خود به منظور مقایسه و راهنمایان ایشان نهایت تشکر را
دارم.

در نهایت از دوستان عزیز، مهندس جعفر قربانی، مهندس مهرداد
رجبی، مهندس سهراب زنده بودی، مهندس جواد ارگیان، مهندس
مسعود مهدوی هزاوه، و مهندس غلامرضا قزل عاشقی که همواره از
لطفشان برخوردار بوده‌ام، صمیمانه سپاسگزارم.

فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
	فصل اول - مقدمه
۱	۱-۱) سیالات غیر نیوتنی
۱	۱-۲) سیالات غیر نیوتنی مستقل از زمان
۲	۱-۲-۱) سیالات دارای تنش تسلیم
۳	۱-۲-۲) سیالات فاقد تنش تسلیم
۵	۱-۳) سیالات غیر نیوتنی تابع زمان
۶	۱-۴) سیالات ویسکوالاستیک
۷	۱-۴-۱) سیالات مرتبه‌ای (Ordered fluid)
۱۰	۱-۴-۲) سیال ماکسول (Maxwell)

فصل دوم - بررسی لایه مرزی سیال مرتبه دوم در نقطه سکون با استفاده از مشتق Harnoy

۱۳	۲-۱) مقدمه
	۲-۲) بدست آوردن معادله ممنتم حاکم بر جریان سیال مرتبه دوم با استفاده از مشتق زمانی Upper convected time derivative
۱۴	۲-۳) بررسی حلهای ارائه شده برای معادله والترز
۱۹	۲-۴) معادله جریان سیال ویسکوالاستیک مرتبه دوم در نقطه سکون با استفاده از تعریف مشتق Harnoy
۲۳	۲-۵) حل عددی معادله نقطه سکون بدست آمده با مشتق هارنوی
۲۵	۲-۶) بررسی نتایج بدست آمده
۳۰	۲-۶-۱) تاثیر عدد دبورا بر پروفیل سرعت در لایه مرزی
۳۰	۲-۶-۲) تاثیر عدد دبورا بر ضریب اصطکاک
۳۲	

فصل سوم - تحلیل انتقال حرارت و لایه مرزی جریان سیال مرتبه دوم بالای صفحه ساکن

۳۴	۳-۱) مقدمه
۳۵	۳-۱-۱) تحلیل انجام شده در این پژوهش
۳۷	۳-۲) معادلات اساسی حاکم بر جریان سیال مرتبه دوم

- ۲۸ (۳-۳) بدست آوردن معادله مومنتوم و انرژی حاکم بر جریان سیال روی صفحه تخت
- ۴۳ (۳-۴) حل عددی معادله مومنتوم و انرژی
- ۴۷ (۳-۵) بررسی نتایج بدست آمده
- ۴۷ (۳-۵-۱) بررسی تاثیر الاستیسیته بر توزیع سرعت در لایه مرزی
- ۴۸ (۳-۵-۲) تاثیر عدد دبورا بر توزیع ضریب اصطکاک پوسته‌ای
- ۴۹ (۳-۵-۳) بررسی تاثیر عدد دبورا بر مشخصات لایه مرزی حرارتی

فصل چهارم - تحلیل انتقال حرارت و لایه مرزی در فرایند روکش دهی از نوع آزاد

- ۵۲ (۴-۱) مقدمه
- ۵۵ (۴-۲) معادلات اساسی حاکم بر جریان بالای یک صفحه متحرک
- ۵۷ (۴-۳) حل عددی معادلات ممنتوم و انرژی
- ۵۹ (۴-۴) بررسی نتایج بدست آمده
- (۴-۴-۱) بررسی تاثیر الاستیسیته بر توزیع سرعت در لایه مرزی سیال دفرایه روکش دهی
- ۵۹ (۴-۴-۲) بررسی اثر الاستیسیته بر ضخامت لایه مرزی
- ۶۰ (۴-۴-۳) تاثیر الاستیسیته سیال بر ضریب اصطکاک پوسته‌ای
- ۶۲ (۴-۴-۴) بررسی تاثیر عدد الاستیک k بر انتقال حرارت

فصل پنجم - بررسی انتقال حرارت و لایه مرزی بر روی صفحه متحرک در سیال ماکسول ساکن

- ۶۷ (۵-۱) مقدمه
- ۶۸ (۵-۲) معادلات اساسی حاکم بر سیال ماکسول
- ۷۱ (۵-۳) معادلات ممنتوم و انرژی برای صفحه متحرک در سیال ساکن ماکسول
- ۷۳ (۵-۴) حل عددی معادلات مومنتوم و انرژی برای سیال ماکسول
- ۷۶ (۵-۵) بررسی نتایج بدست آمده
- ۷۶ (۵-۵-۱) بررسی تاثیر الاستیسیته بر توزیع سرعت در لایه مرزی
- ۷۷ (۵-۵-۲) تاثیر عدد دبورا بر ضخامت لایه مرزی سیال ماکسول
- ۷۸ (۵-۵-۳) تاثیر الاستیسیته سیال ماکسول بر ضریب اصطکاک پوسته‌ای

۷۹ ۴-۵-۵) بررسی تاثیر عدد الاستیک k بر لایه مرزی حرارتی

فصل ششم- بحث و بررسی نتایج

۸۱ (۶-۱) مقدمه

۸۱ (۶-۲) بحث و بررسی نتایج حاصله از بررسی لایه مرزی سیال مرتبه دوم در نقطه

۸۱ سکون با استفاده از مشتق Harnoy

۸۲ (۶-۳) بحث و بررسی نتایج بدست آمده از تحلیل انتقال حرارت و لایه مرزی جریان

۸۲ سیال مرتبه دوم بالای صفحه ساکن

۸۳ (۶-۴) بحث و بررسی نتایج بدست آمده از انتقال حرارت و لایه مرزی در فرایند

۸۳ روکش دهی از نوع آزاد

۸۴ (۶-۵) بررسی انتقال حرارت و لایه مرزی بر روی صفحه متحرک در سیال ماکسول

۸۴ ساکن

۸۴ (۶-۶) پیشنهادات

۸۵ مراجع و منابع

صفحه	شکل
<u>فصل اول</u>	
۲	شکل (۱-۱) منحنی جریان برای سیالات نیوتنی مستقل از زمان
۵	شکل (۱-۲) منحنی جریان برای سیالات تیکسوتروپیک
۶	شکل (۱-۳) منحنی جریان برای سیالات رئوپکتیک
<u>فصل دوم</u>	
۱۶	شکل (۲-۱) توزیع سرعت سیال ویسکوالاستیک در نزدیکی نقطه سکون
۳۱	شکل (۲-۲): توزیع سرعت بدست آمده از حل معادله والترز توسط آریل
۳۱	شکل (۲-۳): توزیع سرعت بدست آمده از حل معادله هارنوی در این تحقیق
۳۲	شکل (۲-۴) توزیع $\frac{u}{U}$ بر حسب عدد دبورا در نقطه سکون
۳۲	شکل (۲-۵) مقایسه توزیع ضریب اصطکاک بدست آمده توسط آریل و تحقیق حاضر
۳۳	شکل (۲-۶) توزیع ضریب اصطکاک بر حسب k
<u>فصل سوم</u>	
۳۹	شکل (۳-۱) جریان آزاد سیال مرتبه دوم بر روی صفحه تخت دما ثابت
۴۸	شکل (۳-۲) توزیع پروفیل سرعت در لایه مرزی جریان بالای صفحه ساکن و تغییرات آن با عدد دبورا
۴۸	شکل (۳-۳) توزیع ضریب اصطکاک با عدد دبورا در جریان بالای صفحه تخت
۵۰	شکل (۳-۴) توزیع دما بر حسب η برای اعداد مختلف دبورا در جریان بالای صفحه ساکن
۵۰	شکل (۳-۵) توزیع ضخامت لایه مرزی حرارتی بر حسب k در جریان بالای صفحه ساکن
۵۱	شکل (۳-۶) توزیع عدد ناسلت بر حسب k در جریان بالای صفحه ساکن

فصل چهارم

- شکل (۴-۱) صفحه متحرک در سیال ساکن از نوع مرتبه دوم ۵۵
- شکل (۴-۲) توزیع سرعت u در لایه مرزی بر روی صفحه متحرک در سیال مرتبه دوم ساکن ۵۹
- شکل (۴-۳) توزیع سرعت v در لایه مرزی بر روی صفحه متحرک در سیال مرتبه دوم ساکن ۶۰
- شکل (۴-۴) تغییرات ضخامت لایه مرزی با عدد دבורا ۶۱
- شکل (۴-۵) تغییرات ضریب اصطکاک با عدد دבורا در فرایند روکش دهی ۶۲
- شکل (۴-۶) مقایسه پروفیل سرعت حاصله از نتایج Hassanien و این تحقیق در $k=0.1$ ۶۳
- شکل (۴-۷) توزیع دما بر حسب η برای اعداد مختلف دבורا در فرایند روکش دهی ۶۴
- شکل (۴-۸) توزیع ضخامت لایه مرزی حرارتی بر حسب k ۶۵
- شکل (۴-۹) توزیع ناسلت بر حسب عدد دבורا ۶۶

فصل پنجم

- شکل (۵-۱) صفحه متحرک در سیال ساکن ماکسول ۷۱
- شکل (۵-۲) توزیع سرعت u در لایه مرزی برای صفحه متحرک در سیال ماکسول ساکن ۷۶
- شکل (۵-۳) توزیع سرعت v در لایه مرزی برای صفحه متحرک در سیال ماکسول ساکن ۷۷
- شکل (۵-۴) توزیع ضخامت لایه مرزی با عدد دבורا ۷۸
- شکل (۵-۵) تغییرات ضریب اصطکاک با عدد دבורا برای صفحه متحرک در سیال ماکسول ۷۸
- شکل (۵-۶) توزیع دما بر حسب η برای اعداد مختلف دבורا در سیال ماکسول ۷۹
- شکل (۵-۷) توزیع ضخامت لایه مرزی حرارتی بر حسب k در سیال ماکسول ۷۹
- شکل (۵-۸) توزیع ناسلت در سیال ماکسول بر حسب عدد دבורا k ۸۰

فصل اول

مقدمه

۱-۱) سیالات غیر نیوتنی:

در این قسمت به طور خلاصه به معرفی سیالات غیر نیوتنی و مدل‌های ارائه شده توسط محققین (که در این تحقیق از آنها استفاده شده است) پرداخته می‌شود. امولوسیونها، سوسپانسیونها، محلولهای پلیمری، رنگها، داروها و انواع چسبها از جمله سیالات غیر نیوتنی هستند. در اینگونه سیالات ویسکوزیته ثابت نیست و با شدت برش تغییر می‌کند.

$$\eta = \eta(\dot{\gamma}) \quad (1-1)$$

پیچیدگی ساختمان این مواد باعث می‌شود که همراه شدت برش، ساختمان ماده نیز تغییر یابد و در نتیجه ویسکوزیته ثابت نماند. تمام سیالاتی که منحنی جریان آنها خطی نیست و یا خطی است ولی دارای یک تنش اولیه است، جزء سیالات غیر نیوتنی محسوب می‌شوند. این مواد در سه دسته تقسیم بندی می‌شوند [۱]:

- ۱- سیالات مستقل از زمان که در آنها شدت برش در یک نقطه فقط تابع تنش برشی در همان لحظه و نقطه می‌باشد.
- ۲- سیالات تابع زمان که در آنها شدت برش تابع مقدار برش و مدت اعمال برش می‌باشد.
- ۳- سیالات ویسکوالاستیک که در آنها بعد از قطع تنش یک بازگشت الاستیک جزئی مشاهده می‌شود. این مواد هم خواص سیالات یعنی ویسکوز بودن و هم خواص جامدات یعنی الاستیسیته بودن را دارند.

۱-۲) سیالات غیر نیوتنی مستقل از زمان

این مواد به سیالات نیوتنی تعمیم یافته نیز معروف هستند. در این مواد ویسکوزیته تنها تابعی از شدت برش است و خود به دو گروه تقسیم می‌شوند: یکی مواد دارای تنش تسلیم و دیگری مواد فاقد تنش تسلیم.

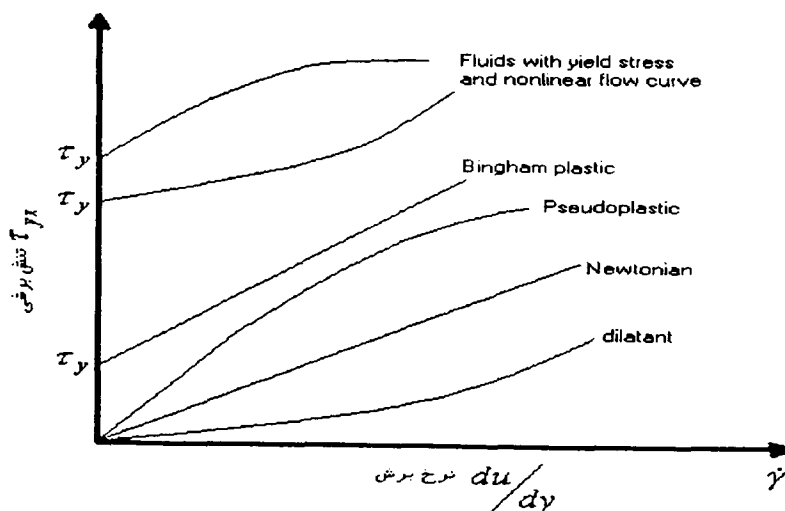
۱-۲-۱) سیالات دارای تنش تسلیم

این مواد تا تنشهای کوچکتر از تنش تسلیم حرکت نمی‌کنند، اما در مقادیر بالاتر، بطور مداوم همانند یک سیال تغییر شکل می‌دهند. علت این رفتار ساختار سه بعدی ماده است. این ساختمان تا تنش اعمالی کمتر از تنش تسلیم مانع حرکت ماده می‌شود ولی پس از آن این ساختار در هم ریخته و به سیال اجازه حرکت برشی می‌دهد. پس از اینکه تنش از تنش تسلیم کمتر شود این ساختمان مجدداً بازسازی شده و مانع حرکت می‌شود. اگر منحنی جریان این سیالات خطی باشد، سیال از نوع پلاستیک بینگهام (Bingham Plastic) است و رابطه حاکم بر آن بصورت زیر است:

$$\tau - \tau_y = \eta_p \dot{\gamma}; \quad \tau > \tau_y \quad (1-2)$$

$$\dot{\gamma} = 0; \quad \tau < \tau_y \quad (1-3)$$

در این رابطه η_p ویسکوزیته پلاستیک است و τ_y تنش تسلیم است. بیشتر مطالعات انجام شده بر روی سیالات دارای تنش تسلیم، با این مدل انجام شده‌است. رفتار غیر خطی برخی از سیالات با منحنیهای شکل (۱-۱) مدل می‌شود. نمونه‌هایی از سیالات دارای تنش تسلیم عبارتند از: گل حفاری چاه نفت، سیمان، گریسها، خمیر دندان، بتن تازه و خمیر کاغذ



شکل (۱-۱) منحنی جریان برای سیالات نیوتنی مستقل از زمان

۲-۲-۱ سیالات فاقد تنش تسلیم

این سیالات به دو دسته تقسیم می‌شوند:

۱- سیالات شبه پلاستیک (Pseudoplastics)

بخش عمده‌ای از مواد غیر نیوتنی به این گروه تعلق دارند. منحنی جریان این سیالات در شکل (۱-۱) ترسیم شده است. منحنی در شدتهای برش خیلی زیاد و خیلی کم، خطی است. شیب قسمت خطی منحنی در شدتهای برش بالا، ویسکوزیته در برش بی نهایت μ_{∞} و شیب قسمت خطی در نزدیکی مبدا ویسکوزیته در شدت برش صفر μ_0 نامیده می‌شود. Ostwald و Waele پر استفاده ترین مدل را برای این سیالات ارائه دادند. این مدل همان مدل معروف Power Law است [۱]:

$$\tau = k|\dot{\gamma}|^{n-1}\dot{\gamma}, \quad n < 1 \quad (1-4)$$

$$\eta = \frac{\tau}{\dot{\gamma}} = k|\dot{\gamma}|^{n-1}, \quad (1-5)$$

k ضریب ثبات سیال (Consistency index) است، هر چه k بزرگتر باشد سیال ویسکوزتر است. هر چقدر ضریب n از یک کوچکتر باشد، سیال پدیده‌های غیر نیوتنی بیشتری را نمایش می‌دهد. بخاطر اینکه در این سیالات $n < 1$ است. با افزایش نرخ برش، ویسکوزیته، کاهش می‌یابد. بدین خاطر این سیالات به سیالات Shear Thinning معروف هستند. محلولهای غلیظ پلیمری، محلول لاستیکها، سلولز، برخی مرکبهای چاپ و رنگها از جمله این مواد بشمار می‌روند.

۲-سیالات دایلاتانت (Dilatant)

رابطه حاکم بر این سیالات همان روابط (۱-۴) و (۱-۵) می‌باشد، با این تفاوت که n در اینجا بزرگتر از یک است و بنابراین، بر خلاف سیالات شبه پلاستیک، ویسکوزیته ظاهری با افزایش شدت برش، زیاد می‌شود. بدین خاطر این سیالات، Shear Thinning نیز نامیده می‌شوند. این مواد کمتر از مواد شبه پلاستیک مرسوم هستند، سوسپانسیونهای آبی دی اکسید تیتانیوم، سیلیکات پتاسیم، صمغ و نشاسته نمونه‌هایی از این نوع مواد می‌باشند.