





دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده : مهندسی مکانیک

گروه : تبدیل انرژی

مطالعه عددی جهت کنترل ناپایداری انگشتی لزج در

سیالات غیرنیوتنی

دانشجو : محمد رضا شوقی

استاد راهنما : دکتر محمود نوروزی

پایان نامه ارشد جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

بهمن ۱۳۹۲

دانشگاه صنعتی شاهرود



دانشگاه صنعتی شاهرود
مدیریت تحصیلات تکمیلی
فرم شماره (۶)

باسمه تعالی

شماره:
تاریخ:
ویرایش:

فرم صورت جلسه دفاع از پایان نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) نتیجه ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد خاتم / آقای محمدرضا شوقی رشته مهندسی مکانیک گرایش تبدیل انرژی تحت عنوان مطالعه عددی جهت کنترل ناپایداری انگشتی لژج در سیالات غیرنیوتنی که در تاریخ ۹۲/۱۱/۲۸ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

قبول (با درجه: عالی - امتیاز: ۱۹) دفاع مجدد مردود

۱- عالی (۲۰ - ۱۹)

۲- بسیار خوب (۱۸ - ۱۸/۹۹)

۳- خوب (۱۶ - ۱۷/۹۹)

۴- قابل قبول (۱۴ - ۱۵/۹۹)

۵- نمره کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول

عضو هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱- استاد راهنما	محمود نوروزی	استادیار	
۲- اسناد مشاور			
۳- نماینده شورای تحصیلات تکمیلی	علی عباس نژاد	استادیار	
۴- استاد ممتحن	پوریا اکبرزاده	استادیار	
۵- استاد ممتحن	محسن نظری	استادیار	

امضاء

رئیس دانشکده: آقای دکتر محمد محسن شاه مردان

تقدیم به:

پدر بزرگوار و مادر مهربانم

تقدیر و تشکر

از خداوند متعال سپاسگزارم که توفیق کسب علم و دانش را به من عطا فرمود تا بتوانم این مرحله از علم آموزی را با موفقیت به پایان برسانم. از خانواده عزیزم به خاطر محبت‌های بی‌دریغ که نسبت به من داشته و دارند، کمال تشکر و سپاس را دارم. از استاد ارجمندم، جناب آقای دکتر محمود نوروزی به خاطر راهنمایی‌های ارزشمندشان در کلیه مراحل انجام پایان‌نامه تقدیر و تشکر می‌نمایم.

در انتها از تمامی اساتید محترم دانشکده مکانیک دانشگاه صنعتی شاهرود که توفیق شاگردیشان را داشتم، سپاس‌گزاری نموده و از خداوند منان آرزوی سلامت و توفیق روزافزون برایشان دارم.

محمد رضا شوقی

بهمن ۱۳۹۲

دانشجو تأیید می‌نماید که مطالب مندرج در این پایان نامه نتیجه تحقیقات خودش می‌باشد و در صورت استفاده از نتایج دیگران مرجع آن را ذکر نموده است.

کلیه حقوق مادی مترتب از نتایج مطالعات، آزمایشات و نوآوری ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد .

بهمن ۱۳۹۲

تعهد نامه

اینجانب محمد رضا شوقی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته تبدیل انرژی دانشکده مکانیک دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه مطالعه عددی جهت کنترل ناپایداری انگشتی لزج در سیالات غیرنیوتنی تحت راهنمایی دکتر محمود نوروزی متعهد می شوم .

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .

* متن این صفحه نیز باید در ابتدای نسخه های تکثیر شده پایان نامه وجود داشته باشد .

چکیده

ناپایداری انگشتی لزج یکی از انواع ناپایداری هاست که در سطح مشترک دو سیال که با یکدیگر اختلاف ویسکوزیته دارند، رخ می‌دهد. رشد و شکل‌گیری این انگشتی‌ها نقشی بسیار مهم در فرآیند جابجایی سیالات، به خصوص انتقال نفت از مخازن کشف شده دارد. عمده تحقیقات پیشین متوجه بررسی ناپایداری انگشتی میان دو سیال نیوتنی و یا ترکیبی از سیالات نیوتنی و غیرنیوتنی بوده است. هدف اصلی از پژوهش حاضر بررسی این ناپایداری در جریان‌هایی مخلوط شدنی از سیالات نیوتنی و غیرنیوتنی در محیط متخلخلی با خواص ناهمسانگرد و بررسی تاثیرات این ناهمسانگردی بر ناپایداری انگشتی لزج می‌باشد.

در این مطالعه، به منظور بررسی رفتار غیرنیوتنی سیال، از مدل کاریو-یاسودا که مطابقت خوبی با پلیمرهای بکار رفته در صنایع و علوم آزمایشگاهی دارد، استفاده می‌کنیم. در این مدل از دو پارامتر بی‌بعد D_e و n برای بیان رفتار رئولوژیکی سیال استفاده می‌شود. سه نوع جریان در این مطالعه مورد بررسی قرار می‌گیرند که ترکیبی از جریان سیالات نیوتنی و غیرنیوتنی می‌باشند. این جابجایی‌ها درون محیط متخلخلی با نفوذپذیری و پراکنندگی ناهمسانگرد مطالعه می‌شوند و تاثیرات این ناهمسانگردی بر پیدایش و رشد انگشتی‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرند. در بخش تحلیل پایداری خطی با استفاده از تقریب شبه خطی و روش شوتینگ، نرخ رشد اغتشاشات را در طول موج‌های مختلف بر حسب پارامترهای موجود در مسأله مانند نسبت ناهمسانگردی‌ها و پارامترهای موجود در مدل غیرنیوتنی بررسی می‌کنیم. در بخش شبیه‌سازی غیرخطی نیز با استفاده از روش پرقوت طیفی و بکارگیری تبدیل سریع هارتلی، این ناپایداری را در بازه‌های زمانی متفاوت شبیه‌سازی کرده و مکانیزم‌های مختلف رشد انگشتی‌ها را مورد بررسی قرار می‌دهیم. مطالعه‌ای نیز در زمینه منحنی‌های میانگین غلظت عرضی، طول اختلاط و بازده جاروبی که به فهم بیشتر این ناپایداری کمک می‌کنند، انجام شده است.

واژه‌های کلیدی: ناپایداری انگشتی لزج، غیرنیوتنی، کاریو-یاسودا، تحلیل پایداری خطی،

تبدیل هارتلی، مکانیزم‌های پیشرفت انگشتی

فهرست مطالب

۱- فصل اول..... ۱

۱-۱ مقدمه..... ۲

۲-۱ سلول هل - شاو..... ۷

۳-۱ مکانیزم ناپایداری انگشتی لزج..... ۹

۴-۱ تاریخچه..... ۱۰

۱-۴-۱ تحلیل پایداری خطی..... ۱۰

۲-۴-۱ شبیه سازی غیرخطی..... ۱۴

۳-۴-۱ مطالعات آزمایشگاهی..... ۱۹

۵-۱ معرفی مطالعه حاضر..... ۲۵

۶-۱ طرح کلی مطالعه..... ۲۷

۲- فصل دوم:..... ۲۹

۱-۲ مقدمه..... ۳۰

۲-۲ فرمول بندی مسأله..... ۳۰

۳-۲ سیالات نیوتنی..... ۳۴

۱-۳-۲ جابجایی سیال نیوتنی توسط سیال نیوتنی..... ۳۵

۲-۳-۲ شرایط مرزی و اولیه..... ۳۶

۳-۳-۲ بی بعد سازی..... ۳۷

۴-۳-۲ تبدیل معادلات به فرم تابع جریان - ورتیسیتی..... ۳۹

۴-۲ سیالات غیرنیوتنی	۴۱
۱-۴-۲ جابجایی سیال نیوتنی توسط سیال غیرنیوتنی	۴۴
۲-۴-۲ جابجایی سیال غیرنیوتنی توسط سیال نیوتنی	۴۶
۵-۲ جابجایی در محیط متخلخل با خواص ناهمسانگرد	۴۷
۱-۵-۲ جابجایی سیال نیوتنی توسط سیال نیوتنی	۵۲
۲-۵-۲ جابجایی سیالات غیرنیوتنی	۵۳
۶-۲ خلاصه معادلات	۵۴
۳- فصل سوم:	۵۷
۱-۳ مقدمه	۵۸
۲-۳ تحلیل پایداری خطی	۵۸
۳-۳ جابجایی نیوتنی	۶۰
۴-۳ جابجایی سیال نیوتنی توسط سیال غیرنیوتنی	۶۳
۵-۳ جابجایی سیال غیرنیوتنی توسط سیال نیوتنی	۶۳
۶-۳ جابجایی در محیط متخلخل با خواص ناهمسانگرد	۶۴
۷-۳ حل عددی معادلات	۶۶
۸-۳ نتایج	۶۷
۱-۸-۳ جابجایی سیالات نیوتنی	۶۸
۲-۸-۳ جابجایی سیال نیوتنی توسط سیال غیرنیوتنی	۷۰
۳-۸-۳ جابجایی سیال غیرنیوتنی توسط سیال نیوتنی	۷۲
۹-۳ جابجایی جریان سیالات در محیط متخلخل با خواص ناهمسانگرد	۷۴
۱۰-۳ خلاصه	۷۷
۴- فصل چهارم:	۷۹

۸۰	..... ۱-۴ مقدمه
۸۰	..... ۲-۴ آشنایی با روش طیفی
۸۲	..... ۱-۲-۴ مقایسه با روش المان محدود
۸۴	..... ۲-۲-۴ مقایسه با روش تفاضل محدود
۸۴	..... ۳-۴ روش حل عددی
۸۴	..... ۱-۳-۴ تبدیل هارتلی
۸۶	..... ۲-۳-۴ اصلاح شرایط مرزی و اولیه
۸۸	..... ۳-۳-۴ چگونگی مراحل شبیه‌سازی
۹۱	..... ۴-۴ شرایط همگرایی

۵- فصل پنجم:..... ۹۳

۹۴	..... ۱-۵ مقدمه
۹۵	..... ۲-۵ میانگین غلظت عرضی
۹۸	..... ۳-۵ طول اختلاط
۱۰۵	..... ۴-۵ کانتورهای غلظت
۱۰۵	..... ۱-۴-۵ جابجایی‌های سیالات نیوتنی
۱۱۱	..... ۲-۴-۵ جابجایی سیال نیوتنی توسط سیال غیرنیوتنی

..... ۳-۴-۵ جابجایی جریان سیالات نیوتنی و غیرنیوتنی در محیط متخلخلی با خواص

۱۱۳ ناهمسانگرد

۱۱۶ ۵-۵ بازده جاروبی
-----	------------------------

۶- فصل ششم:..... ۱۲۱

۱۲۲	..... ۱-۶ نتایج
۱۲۲	..... ۱-۱-۶ تحلیل پایداری خطی

۱۲۳ ۲-۱-۶ شبیه سازی غیرخطی

۱۲۴ ۲-۶ پیشنهادات

۱۱۹ مراجع

فهرست اشکال

- شکل ۱-۱: تصویر (الف) ناپایداری انگشتی لزج و تصویر (ب) ناپایداری رایلی-تیلور ۲
- شکل ۲-۱: ناپایداری انگشتی بوجود آمده در کروماتوگرافی ستونی ۴
- شکل ۳-۱: تصویری شماتیک از یک سلول Hele-Shaw ۸
- شکل ۴-۱: نتایج گزارش شده از شبیه‌سازی غیرخطی تن و هومسی با استفاده از روش طیفی ۱۶
- شکل ۵-۱: ناپایداری انگشتی با لگاریتم نسبت تحرک (الف)- مثبت و (ب)- منفی ۱۹
- شکل ۶-۱: الف- سیستم آزمایشگاهی بکار رفته توسط سقیر و همکاران [۴۶]. ب- فریم‌هایی از نتایج بدست آمده آن‌ها ۲۱
- شکل ۷-۱: یک نمونه از سیستم آزمایشگاهی بکار رفته در بررسی ناپایداری انگشتی [۵۴] ۲۴
- شکل ۱-۲: تصویری شماتیک از یک سلول هل-شاو ۳۲
- شکل ۲-۲: منحنی‌های تنش برشی در برابر نرخ برش برای سیالات غیرنیوتنی مستقل از زمان ۴۲
- شکل ۳-۲: نمودار تغییرات μ/μ_0 نسبت به $\lambda\gamma$ برای مدل باریک‌شونده کاریو- یاسودا ۴۴
- شکل ۱-۳: منحنی نرخ رشد بر حسب عدد موج برای جابجایی نیوتنی در زمان‌های مختلف و $R = 3$ ۶۷
- شکل ۲-۳: منحنی نرخ رشد بر حسب عدد موج برای جابجایی نیوتنی در زمان‌ها و نسبت تحرک‌های مختلف. دایره‌های توخالی نتایج بدست آمده از مطالعه حاضر و منحنی خط چین نتایج گزارش شده توسط تن و هومسی می‌باشد. ۶۹
- شکل ۳-۳: منحنی نرخ رشد بر حسب زمان برای سیال نیوتنی در $R = 3$ ۷۰
- شکل ۴-۳: منحنی نرخ رشد بر حسب عدد موج در جابجایی سیال نیوتنی توسط سیال غیرنیوتنی و $n = 0.5, R = 3$ ۷۱
- شکل ۵-۳: منحنی نرخ رشد بر حسب عدد موج در جابجایی سیال نیوتنی توسط سیال غیرنیوتنی و $De = 5, R = 2$ و $to = 5$ ۷۱

- شکل ۳-۶: منحنی نرخ رشد بر حسب عدد موج در جابجایی سیال غیرنیوتنی توسط سیال نیوتنی
 و $R = 2$ ، $n = 0.5$ و $to = 5$ ۷۲
- شکل ۳-۷: منحنی نرخ رشد بر حسب عدد موج در جابجایی سیال غیرنیوتنی توسط سیال نیوتنی
 و $R = 2$ ، $n = 0.5$ و $to = 5$ ۷۳
- شکل ۳-۸: منحنی نرخ رشد بر حسب عدد موج در جابجایی سیال نیوتنی توسط سیال غیرنیوتنی
 و $R = 2$ ، $De = 5$ و $to = 5$ ۷۴
- شکل ۳-۹: منحنی نرخ رشد در جابجایی سیالات نیوتنی، بر حسب عدد موج و نسبت
 نفوذپذیری‌های متفاوت αK ، $t0 = 0.2$ ۷۴
- شکل ۳-۱۰: منحنی نرخ رشد در جابجایی سیالات نیوتنی، بر حسب عدد موج و نسبت
 پراکندگی‌های متفاوت αD ، $t0 = 5$ ۷۵
- شکل ۳-۱۱: منحنی نرخ رشد در جابجایی سیالات نیوتنی، بر حسب عدد موج و زوایای نفوذپذیری
 متفاوت βK ، $t0 = 0.2$ ۷۶
- شکل ۳-۱۲: منحنی نرخ رشد در جابجایی سیالات نیوتنی، بر حسب عدد موج و زوایای
 پراکندگی‌های متفاوت βD ، $t0 = 5$ ۷۶
- شکل ۴-۱: تصویری شماتیک از سه راه‌حل موجود در روش المان محدود ۸۳
- شکل ۵-۱: منحنی میانگین غلظت عرضی در جابجایی نیوتنی و $Pe = 1000$ ، $A = 2$ ، $R = 3$ ۹۶
- شکل ۵-۲: منحنی میانگین غلظت عرضی در جابجایی سیال نیوتنی توسط سیال غیرنیوتنی $t =$
 450 (الف) نسبت به تغییرات عدد De ، $n = 0.5$. (ب) نسبت به تغییرات n ، $De = 0.6$ ۹۷
- شکل ۵-۳: منحنی میانگین غلظت عرضی در جابجایی نیوتنی و نسبت نفوذپذیری‌های متفاوت αK
 ، $t = 250$ ۹۸
- شکل ۵-۴: منحنی میانگین غلظت عرضی در جابجایی نیوتنی و نسبت پراکندگی‌های متفاوت αD
 ، $t = 450$ ۹۸
- شکل ۵-۵: منحنی طول اختلاط در جابجایی سیال نیوتنی توسط سیال غیرنیوتنی (الف) نسبت به
 تغییرات عدد De ، $n = 0.5$ (ب) نسبت به تغییرات n ، $De = 0.6$ ۱۰۱
- شکل ۵-۶: منحنی طول اختلاط در جابجایی سیالات نیوتنی و R های متفاوت ۱۰۲
- شکل ۵-۷: منحنی طول اختلاط در جابجایی نیوتنی و نسبت نفوذپذیری‌های متفاوت αK ۱۰۳

- شکل ۸-۵: منحنی طول اختلاط در جابجایی نیوتنی و نسبت پراکندگی‌های متفاوت αD ۱۰۳
- شکل ۹-۵: منحنی طول اختلاط در جابجایی نیوتنی و زاویه ناهمسانگردی‌های متفاوت برای تانسور نفوذپذیری αK ۱۰۴
- شکل ۱۰-۵: منحنی طول اختلاط در جابجایی نیوتنی و زاویه ناهمسانگردی‌های متفاوت برای تانسور پراکندگی αD ۱۰۴
- شکل ۱۱-۵: کانتورهای غلظت در جابجایی سیالات نیوتنی. (الف) $R = 1$ ، (ب) $R = 2$ ، (ج) $R = 3$ ۱۰۶
- شکل ۱۲-۵: کانتورهای غلظت در جابجایی سیالات نیوتنی. $R = 3$ ، $Pe = 1000$ ، $A = 1$ ۱۰۷
- شکل ۱۳-۵: کانتورهای غلظت در جابجایی سیالات نیوتنی $R = 3$ ، $Pe = 1200$ (الف) $A = 1$ ، (ب) $A = 2$ ۱۰۷
- شکل ۱۴-۵: کانتورهای غلظت در جابجایی سیالات نیوتنی $R = 3$ ، $Pe = 1000$ ، $A = 2$ ۱۰۸
- شکل ۱۵-۵: کانتورهای غلظت در جابجایی سیالات نیوتنی $R = 3$ ، $Pe = 1200$ ، $A = 1$ ۱۰۹
- شکل ۱۶-۵: کانتورهای غلظت در جابجایی سیالات نیوتنی $R = 3$ ، $Pe = 800$ ، $A = 2$ ۱۰۹
- شکل ۱۷-۵: کانتورهای غلظت در جابجایی سیالات نیوتنی $R = 3$ ، $Pe = 800$ ، $A = 2$ ۱۱۰
- شکل ۱۸-۵: کانتورهای غلظت در جابجایی سیال نیوتنی توسط سیال غیرنیوتنی $De = 0.4$ ۱۱۰
- شکل ۱۹-۵: کانتورهای غلظت در جابجایی سیال نیوتنی توسط سیال غیرنیوتنی $De = 0.6$ ۱۱۰
- شکل ۲۰-۵: کانتورهای غلظت در جابجایی سیال نیوتنی توسط سیال غیرنیوتنی $De = 0.8$ ۱۱۲
- شکل ۲۱-۵: کانتورهای غلظت در جابجایی سیالات نیوتنی و در محیط متخلخل ناهمسانگرد $\beta K = \pi/6$ ، $\alpha K = 1.2$ ۱۱۴
- شکل ۲۲-۵: کانتورهای غلظت در جابجایی سیالات نیوتنی و در محیط متخلخل ناهمسانگرد $\beta K = \pi/2$ ، $\alpha K = 1.2$ ۱۱۵
- شکل ۲۳-۵: کانتورهای غلظت در جابجایی سیالات نیوتنی و در محیط متخلخل ناهمسانگرد $\beta D = \pi/3$ ، $\alpha D = 3$ ۱۱۵

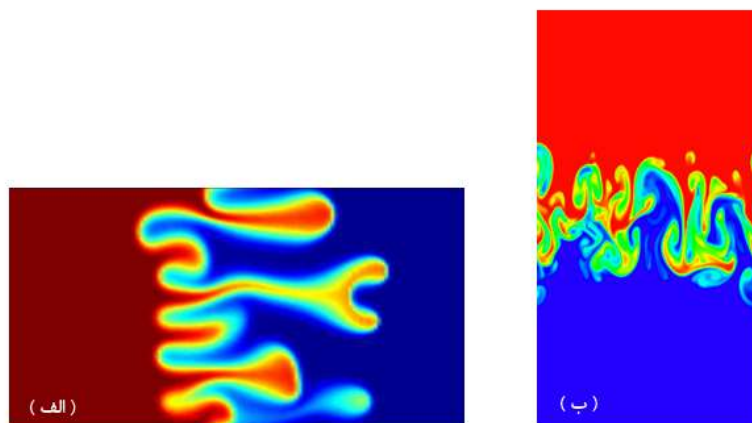
- شکل ۵-۲۴: کانتورهای غلظت در جابجایی سیال نیوتنی توسط سیال غیرنیوتنی و در محیط متخلخل ناهمسانگرد $n = 0.4$ ، $De = 0.7$ ، $\beta D = \pi/3$ ، $\alpha D = 3$ ۱۱۶
- شکل ۵-۲۵: بازده جاروبی بر حسب زمان و نسبت تحرک‌های متفاوت ۱۱۸
- شکل ۵-۲۶: بازده جاروبی در جابجایی سیال نیوتنی توسط سیال غیرنیوتنی (الف) نسبت به تغییرات عدد De ، $n = 0.5$ (ب) نسبت به تغییرات n ، $De = 0.6$ ۱۱۸
- شکل ۵-۲۷: بازده جاروبی در جابجایی سیال نیوتنی توسط سیال غیرنیوتنی بر حسب زمان و نسبت نفوذپذیری‌های متفاوت. $n = 0.4$ ، $De = 0.7$ ۱۱۹
- شکل ۵-۲۸: بازده جاروبی در جابجایی سیال غیرنیوتنی توسط سیال نیوتنی بر حسب زمان و نسبت پراگندگی‌های متفاوت. $n = 0.7$ ، $De = 0.4$ ۱۲۰

فصل اول:

مقدمه

۱-۱ مقدمه

ناپایداری انگشتی لزج^۱ یکی از شناخته شده‌ترین ناپایداری‌های هیدرودینامیکی در محیط متخلخل^۲ می‌باشد. این ناپایداری زمانی اتفاق می‌افتد که سیالی با ویسکوزیته کمتر، درون محیط متخلخلی که از سیالی با ویسکوزیته بیشتر اشباع شده است، تزریق شود. سطح مشترک بین دو سیال به علت اختلاف ویسکوزیته موجود ناپایدار شده و با گذشت زمان طرح‌هایی شبیه به انگشت در این سطح مشترک ایجاد می‌شوند. این ناپایداری هم در حالت مخلوط‌شدنی^۳ (در نظر نگرفتن نیروهای موئینگی) و هم غیر مخلوط‌شدنی^۴ اتفاق می‌افتد. ناپایداری دیگری شبیه به این ناپایداری بر اساس اختلاف چگالی اتفاق می‌افتد که به آن ناپایداری رایلی-تیلور^۵ گفته می‌شود. در این ناپایداری سیال با چگالی بیشتر به صورت عمودی، سیال با چگالی کمتر را جابجا می‌کند. در شکل ۱-۱ نمایی از این دو ناپایداری به نمایش درآمده‌اند.



شکل ۱-۱: تصویر (الف) ناپایداری انگشتی لزج و تصویر (ب) ناپایداری رایلی-تیلور

¹ Viscous fingering instability

² Porous media

³ Miscible

⁴ Immiscible

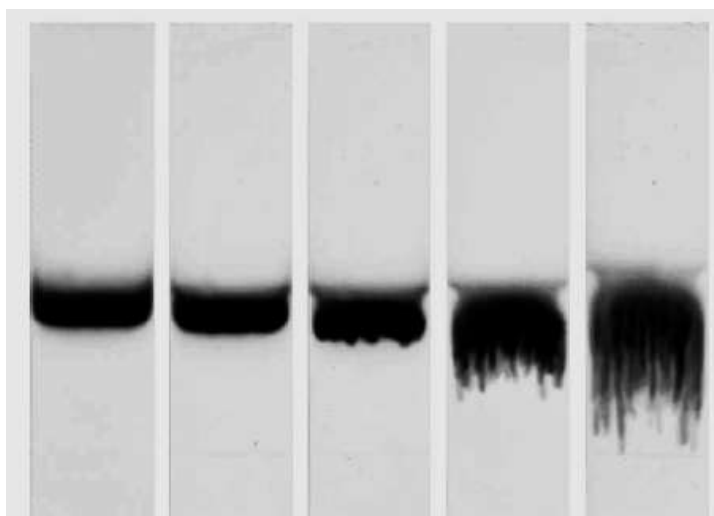
⁵ Rayleigh-Taylor instability

ناپایداری انگشتی لزج توجه بسیاری از محققین را بخصوص در بازیابی مخازن نفت جلب کرده است. در بازیابی مخازن هیدروکربونی، آب از حفره‌های عمیقی که در کنار مخزن اصلی حفر شده‌است به دورن آن پمپاژ می‌شود و نفت باقیمانده در مخازن را به خارج از آن هدایت می‌کند. در این فرایند آب که ویسکوزیته کمتری دارد، نفت با ویسکوزیته بیشتر را جابجا می‌کند که در نتیجه آن این ناپایداری در سطح مشترک دو سیال رخ می‌دهد. علاوه بر این کاربردهای سنتی، ناپایداری انگشتی لزج در بخش گسترده‌ای از صنایع امروزی‌تر نیز کاربرد گسترده‌ای دارد. در علوم مربوط به بررسی پراکندگی آلودگی‌های زیست محیطی ناشی از مواد هیدروکربونی در مخازن و یا حتی سفره‌های آب زیرزمینی از خواص این ناپایداری به طور گسترده‌ای استفاده می‌شود. همچنین در مطالعات مربوط به علوم آزمایشگاهی و شیمی در بررسی آزمایشات مربوط به لوله‌های کروماتوگرافی^۱، ناپایداری انگشتی لزج به طور ویژه مورد مطالعه قرار می‌گیرد. از ستون‌های کروماتوگرافی برای جداسازی اجزای شیمیایی یک محلول استفاده می‌شود. بدین صورت که با عبور محلول از درون لوله‌ای متخلخل، اجزا محلول بر اساس خواص جذب سطحی متفاوتی که دارند، سرعت‌های متفاوتی در مسیر خروج پیدا می‌کنند و بر همین اساس شناسایی می‌شوند. تصویری از این ناپایداری که در یک ستون کروماتوگرافی بوجود آمده در شکل ۱-۲ قابل مشاهده است. علاوه بر موارد ذکر شده این ناپایداری در پروژه‌های آب شناختی، مطالعه جریان آب‌های سطحی و زیرسطحی، فیلتراسیون و حتی امور پزشکی مورد توجه قرار می‌گیرد.

مطالعات مربوط به بررسی ناپایداری انگشتی لزج در جابجایی سیالات نیوتنی در محیط‌های متخلخل هم به صورت عددی و هم آزمایشگاهی به طور گسترده از دهه ۶۰ میلادی شروع شد. در

¹ Chromatography

این دهه برداشت اولیه^۱ از مخازن نفت کشف شده در ایالات متحده آمریکا رو به پایان بود و با شروع برداشت ثانویه^۲ از آن‌ها و بروز پدیده انگشتی در مراحل استخراج، بررسی این ناپایداری اهمیتی مضاعف پیدا کرد.



شکل ۱-۲: ناپایداری انگشتی بوجود آمده در کروماتوگرافی ستونی

در این دهه بررسی ناپایداری انگشتی تنها محدود به بررسی جریان سیالات نیوتنی می‌شد. پس از آن، بدلیل استفاده مهندسين و محققين فعال در زمينه انتقال نفت از پليمرهاى خاص تزریق شده در آب که بازده استخراج نفت را افزایش می‌دادند، بررسی این ناپایداری در سیالات غیرنیوتنی نیز اهمیت ویژه‌ای پیدا کرد. در واقع این پلیمرها در دسته‌ای از سیالات غیرنیوتنی طبقه بندی می‌شدند که در تهیه امولسیون‌ها و فوم‌هایی تزریقی به آب برای افزایش بازده استخراج نفت مورد استفاده قرار می‌گرفتند. پلیمرهای بکار گرفته شده با کاهش پدیده انگشتی روی داده در مخازن نفت، راندمان استخراج را بالا می‌بردند. بنابراین با توجه به دلایل ذکر شده، مطالعه و آشنایی جامع با چگونگی رفتار این پدیده در جریان سیالات غیرنیوتنی در محیط‌های متخلخل، به

¹ Primary oil recovery

² Secondary oil recovery