

الله أكبر
الله أكبر
الله أكبر
الله أكبر
الله أكبر

دانشگاه تهران
دانشکده فنی



بررسی اثر حضور نانوذرات در ضرایب انتقال جرم کلی در ستونهای پاشنده

نگارش: مهدی باقری

اساتید راهنما:

جناب آقای دکتر مجتبی شریعتی نیاسر جناب آقای دکتر حسین بهمنیار

رساله برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته

مهندسی شیمی

شهریور ۱۳۸۷

تقدیم به

پدر و مادر و برادر عزیزم،
یاد و خاطره پدر و مادر بزرگ فداکارم.

تقدیم به

دکتر شریعتی نیاسر، دکتر بهمنیار، دکتر موسویان،
دکتر ابولقاسمی اساتید نمونه و زحمتکش دانشکده
مهندسی شیمی که زحمات زیادی را در طول دوران تحصیل
اینجانب متحمل شدند.

چکیده

امروزه یکی از موارد حائز اهمیت در طراحی و عملکرد دستگاه ها، کاهش اندازه، انرژی مصرفی و افزایش راندمان است. در سال های اخیر، نتایج مطالعات با بکار گیری نانوسیالات (که از پراکنش ذرات جامد با اندازه بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر در سیالات پایه حاصل می گردند) نوآوری جدیدی را در انتقال حرارت، به ارمغان آورده و سبب حصول نتایج مطلوب و مدل های جالب توجه در راستای تامین خواست های مذکور شده است. در این پژوهش به عنوان بخشی از رساله دکتری سرکار خانم مهندس امان آبادی، با توجه به تشابه پدیده های انتقال به ویژه انتقال جرم و حرارت، سعی در بررسی تاثیر محیط های انتقال موثرتر نانوسیال در حوزه انتقال جرم شده است. بدین منظور، نانوذرات به شدت آب گریز سیلیس با اندازه اولیه ۱۵ نانومتر بوسیله لیزراندازه مافوق صوت در فاز آلی که مخلوط همگن ۵ درصد اسید استیک در تولوئن می باشد، پراکنده شده اند. سپس با انتخاب، طراحی و ساخت تماس دهنده از نوع ستون پاششی شیشه ای در عملیات استخراج مایع مایع، بررسی و تحلیل تاثیر حضور نانوذرات مذکور در فاز آلی و انتقال جرم اسید استیک از فاز آلی به آبی در مراحل تشکیل و صعود قطرات صورت پذیرفت.

در نهایت نتایج تجربی مواردی نظیر زمان مراحل تشکیل و صعود قطرات نانوسیال، قطر معادل قطرات در مرحله صعود، مساحت واقعی قطرات، راندمان (کسر استخراج تشکیل و صعود در ارتفاعات مختلف، ضرایب انتقال جرم مراحل تشکیل و صعود نانوسیالات ارائه و با حالت عاری از نانوذرات (سیال پایه) مورد قیاس و بحث قرار گرفته است.

در مجموع، گزارش این تحقیق مشتمل بر ۷ فصل می باشد که فصل اول کلیات استخراج مایع مایع، فصل دوم ضرایب انتقال جرم، فصل سوم بررسی پارامترهای مهم قطره، فصل چهارم نانوسیال و مطالعات پیشین، فصل پنجم شرح آزمایشات و دستگاه ساخته شده، فصل ششم نتایج تجربی و بحث و نهایتا در فصل هفتم جمع بندی و پیشنهادات ارائه گردیده است.

« با حمد و شکر فراوان به درگاه خداوند متعال سرچشمه علم و لطف هستی »

از اساتید بزرگوارم جناب آقای دکتر شریعتی نیاسر و جناب آقای دکتر بهمنیار که تامل و تدبیر ایشان همواره رهگشای اصلی اینجانب در برخورد با مسائل و موانع موجود در مسیر پیشبرد این پروژه بوده، صمیمانه تشکر می نمایم.

سرکار خانم مهندس مرضیه امان آبادی، سرکارخانم مهندس هدی مولوی، جناب آقای مهندس سعید امان آبادی و جناب آقای مهندس مهرداد باقری که تلاشها، ایده ها و همکاری صمیمانه شان در طول انجام فعالیت های علمی و عملی پژوهش فوق نقش بسزایی داشت، کمال قدردانی و تشکر را داشته و از خداوند متعال آرزوی سعادت و کامیابی را در زندگیشان خواستارم.

همچنین از ستاد ویژه توسعه فناوری نانو برای در نظر گرفتن حمایت های مالی تشویقی برای انجام این پروژه کمال تشکر و قدردانی را دارم. در پایان از همراهی دوستان هم گروه خود در آزمایشگاه پدیده های انتقال و نانوفناوری سپاسگزارم.

فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
	فهرست مطالب
	فهرست اشکال و نمودارها
	فهرست جداول
	فهرست علائم
	فصل اول: استخراج مایع مایع
۱	۱-۱ مقدمه
۱	۱-۲ استخراج مایع- مایع
۲	۱-۳ تجهیزات استخراج
۵	۴-۱ استخراج کننده‌های ستونی
۱۲	۵-۱ تماس دهنده های سانتریفیوژی
۱۲	۶-۱ میکسر- ستلر
۱۳	۷-۱ انتخاب نوع تماس دهنده
۱۵	۸-۱ برگزیدن فاز پراکنده
۱۶	۹-۱ استفاده از ضرایب انتقال جرم در طراحی ستون استخراج مایع
	فصل دوم: ضرایب انتقال جرم
۱۷	۱-۲ مقدمه
۱۷	۲-۲ شار انتقال جرم
۱۹	۳-۲ مدل‌های انتقال جرم
۲۸	۴-۲ بررسی مدل‌های موجود در زمینه بدست آوردن ضرایب انتقال جرم
۳۴	۵-۲ مدل‌های انتقال جرم تشکیل قطره
۳۵	۶-۲ پدیده‌هایی که بر انتقال جرم مؤثرند
	فصل سوم: بررسی پارامترهای مهم قطره
۳۸	۱-۳ مقدمه
۳۸	۲-۳ دینامیک قطرات در سیستم های مایع مایع

۴۵	۳-۳ خصوصیات اندازه قطرات
۴۸	۴-۳ عوامل مؤثر بر توزیع اندازه قطرات
۴۸	۵-۳ سرعت های قطرات مایع
۵۰	۶-۳ مکانیک جریان سیال اطراف قطره در حال حرکت
۵۱	۷-۳ بررسی چرخش های درونی قطره و عوامل بازدارنده آن
۵۳	۸-۳ نوسانات قطره

فصل چهارم: نانوسیال و مطالعات پیشین

۵۴	۱-۴ مقدمه
۵۴	۲-۴ معرفی و مشخصات
۵۶	۳-۴ ساختار نانوسیالات
۵۸	۴-۴ مزایای نانوسیالات
۵۹	۵-۴ مروری بر مطالعات پیشین
۶۱	۶-۴ دلایل افزایش انتقال حرارت توسط نانوسیال
۶۲	۷-۴ تهیه نانوسیالات

فصل پنجم: شرح آزمایشات و دستگاه

۶۵	۱-۵ مقدمه
۶۵	۲-۵ تجهیزات مورد استفاده و مواد مصرفی
۷۲	۳-۵ سیستم های مورد آزمایش و خواص فیزیکی آنها
۷۶	۴-۵ نحوه انجام آزمایشها
۷۸	۵-۵ خطاها

فصل ششم: نتایج تجربی و بحث

۸۰	۱-۶ مقدمه
۸۰	۲-۶ بررسی نتایج مطالعات پیشین
۸۳	۳-۶ داده ها و نتایج حاصل از کار تجربی حاضر

فصل هفتم: نتیجه گیری و پیشنهادات

۹۲	۱-۶ نتیجه گیری
۹۴	۲-۶ پیشنهادات ادامه کار
۹۶	مراجع

فهرست جداول

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
3	جدول ۱-۱ طبقه بندی اولیه استخراج کننده های مایع- مایع در صنعت
3	جدول ۲-۱ طبقه بندی ثانویه استخراج کننده های مایع- مایع در صنعت
4	جدول ۳-۱ تجهیزات استخراج مایع - مایع ، ویژگی های اصلی و کاربرد ها
۳۰	جدول ۱-۲ مقادیر B_i و λ_i
۳۵	جدول ۲-۲ مدل‌های تئوری برای انتقال جرم قطره در مرحله تشکیل
۴۶	جدول ۱-۳ تعریف های قطر میانگین قطره ها و کاربردهای آنها
۵۷	جدول ۱-۴ مقایسه کمی ساختار مولکولی آب در حالت مایع و گاز نیتروژن در شرایط استاندارد
۶۷	جدول ۱-۵ مشخصات ستون پاشنده
۷۲	جدول ۲-۵ مشخصات مواد شیمیایی مصرفی
۷۲	جدول ۳-۵ خواص فیزیکی سیستم مورد آزمایش : اسید استیک و تولوئن اشباع از آب(فاز پراکنده)، آب اشباع از تولوئن (فاز پیوسته)
۷۴	جدول ۴-۵ مقایسه خواص فیزیکی نانوذرات

فهرست شکل ها

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۶	شکل ۱-۱ ستون استخراج پاششی
۷	شکل ۱-۲ ستون پرشده
۸	شکل ۱-۳ ستون سینی دار
۹	شکل ۱-۴ ستون ضربه ای
۱۰	شکل ۱-۵ تماس دهنده RDC
۱۰	شکل ۱-۶ تماس دهنده ORC
۱۱	شکل ۱-۷ تماس دهنده ARD
۱۳	شکل ۱-۹ نمایی از یک میکسر-ستلر افقی
۱۵	شکل ۱-۱۰ مقایسه هزینه تماس دهنده ها بر حسب ظرفیت های عملیاتی مختلف
۱۵	شکل ۱-۱۱ تعداد واحد ها در هر متر بر حسب ظرفیت کل
۲۰	شکل ۱-۲ نظریه لایه مؤثر
۲۱	شکل ۲-۲ نظریه تداخل جرم
۲۵	شکل ۲-۳ نظریه ترکیبی لایه مؤثر و جایگزینی سطحی؛ (الف) زمان تماس یکسان برای تمام ذرات و چرخانه ها (ب) زمان تماس متفاوت برای ذرات و چرخانه ها
۳۹	شکل ۳-۱ تصویری از قطرات معلق در حال تشکیل در نازل های الف: نوک تیز، ب: نوک صاف
۴۰	شکل ۳-۲ سرعت نهایی بر حسب قطر معادل قطره
۴۱	شکل ۳-۳ تصاویر قطرات الف: دنباله دار، ب: سوراخ دار
۴۳	شکل ۳-۴ تصاویر شماتیک قطرات متحرک با اندازه های مختلف در مایعات با ویسکوزیته کم و زیاد

- شکل ۳-۵ شکل قطرات در حال حرکت در یک سیال دیگر ۴۵
- شکل ۳-۶ مدل قطره در حال صعود آلوده به مواد فعال سطحی ۵۲
- شکل ۴-۱ تصویر میکروسکوپ الکترونی نانوسیال با پایه اتیلن گلیکول ۵۶
- شکل ۴-۲ ساختار مولکولی آب در حالت مایع (سمت راست) و گاز نیتروژن در شرایط استاندارد (سمت چپ) ۵۶
- شکل ۴-۳ نمایی از حرکت بروانی ذره جامد در داخل سیال ۵۷
- شکل ۴-۴ مکانیسم پیشنهادی توسط جنگ و چوی در بهبود میزان انتقال انرژی در نانوسیالات ۶۲
- شکل ۵-۱ شمایی از دستگاه مورد استفاده در آزمایشات ۶۶
- شکل ۵-۲ بخش تحتانی ستون شیشه ای مورد استفاده در دستگاه آزمایشات ۶۷
- شکل ۵-۳ نمایی از محل ورود نازل ها از کف ستون ۶۸
- شکل ۵-۴ شمایی از مخازن فاز پراکنده و پیوسته ۶۸
- شکل ۵-۵ نمایی از سه روتامتر سیستم جریانی ۶۹
- شکل ۵-۶ نمایی از مخزن تقسیم کننده فاز پراکنده به نازل ها ۶۹
- شکل ۵-۷ تصاویر نازل های مورد استفاده در آزمایشات ۷۰
- شکل ۵-۸ نمایی از دوربین عکاسی ۷۰
- شکل ۵-۹ نمایی از عکس قطرات مورد بررسی ۷۰
- شکل ۵-۱۰ نمایی از دستگاه هموژنایزر مورد استفاده در ساخت نانوسیال ۷۱
- شکل ۵-۱۱ پراکنش ذرات جامد توسط دستگاه لرزاننده مافوق صوت (در مخلوط ۵ در صد حجمی اسید استیک- تولوئن، به عنوان سیال پایه) و ذرات سیلیکا به شدت آبگریز با درصد حجمی ۰/۱٪، قبل از هم خوردن (سمت راست) و در حال هم خوردن (سمت چپ) ۷۱
- شکل ۵-۱۲ نمایی از نمونه ارسالی از شرکت Wacker و نانوذرات ۷۳

- شکل ۵-۱۳ نمایی از ساختار مولکولی و اصلاح شده ذرات سیلیکا به شدت آب گریز ۷۵
- شکل ۶-۱ مقایسه نسبت ضرایب نفوذ جرمی و هدایت حرارتی نانوسیال آب و آب خالص ۸۰
- شکل ۶-۲ مقایسه داده های تجربی حاصل از مقایسه نسبت ضرایب رسانش و نفوذ حرارتی، ظرفیت گرمایی (ویژه) و دانسیته نانوسیال آب و آب خالص در درصد های حجمی کمتر ۱٪ نانوذرات ۸۱
- شکل ۶-۳ مقایسه نسبت ضرایب رسانش، نفوذ حرارتی و نفوذ جرمی نانوسیال آب و آب خالص با درصد های حجمی کمتر ۱٪ نانوذرات ۸۲
- شکل ۶-۴ مقایسه نسبت ضرایب نفوذ جرمی و سیالاتی (ویسکوزیته سینماتیک) نانوسیال آب با آب خالص در درصدهای حجمی کمتر از ۱٪ درصد نانوذرات ۸۳
- شکل ۶-۵ نمودار مقایسه زمان تشکیل تک قطرات بر حسب دبی کالیبره ۸۴
- شکل ۶-۶ نمودار سرعت صعود قطرات در زمان های تشکیل قطرات ۸۵
- شکل ۶-۷ نمودار مقایسه سرعت صعود با قطر معادل قطرات ۸۵
- شکل ۶-۸ نمودار مقایسه اندازه قطر معادل قطرات بر حسب زمان تشکیل ۸۶
- شکل ۶-۹ مقایسه اندازه قطر معادل قطرات بر حسب دبی ۸۷
- شکل ۶-۱۰ مقایسه کسر استخراج بر حسب زمان تشکیل در مقادیر مختلف از نانوذرات ۸۸
- شکل ۶-۱۱ مقایسه ضرایب انتقال جرم تشکیل قطرات بر حسب طول عمر تشکیل قطرات ۸۹
- شکل ۶-۱۲ مقایسه ضرایب انتقال جرم تشکیل قطرات بر حسب طول عمر تشکیل قطرات ۸۹
- شکل ۶-۱۳ نمودار مقایسه کسر استخراج مرحله صعود بر حسب ارتفاع صعود در ۳ درصد حجمی ۹۰
- شکل ۶-۱۴ نمودار مقایسه ضرایب انتقال جرم مرحله صعود بر حسب ارتفاع صعود در ۳ درصد حجمی از نانوذرات ۹۱

فهرست نمادها و اعداد بدون بعد

نمادها:

سطح واحد حجم یا جانبی ویژه قطره ها	a
حجم واحد استخراج	$a.V$
مساحت قطرات بیضی وار	A
مساحت قطرات بر مبنای قطر معادل	A_e
غلظت اولیه فاز پراکنده	C_0
غلظت تعادلی یا اشباع	C^*
غلظت توده در فاز اکسترکت	C_E
غلظت در فاز اکسترکت در تعادل با غلظت توده فاز رفینیت	C_E^*
غلظت در فصل مشترک فاز اکسترکت	C_{Ei}
غلظت قطره در ابتدای مرحله صعود	C_f
غلظت فاز پراکنده در هر مقطع از صعود	C_r
غلظت توده در فاز رفینیت	C_R
غلظت در فاز رفینیت در تعادل با غلظت توده فاز اکسترکت	C_R^*
غلظت در فصل مشترک فاز رفینیت	C_{Ri}
پارامترهای تأثیر متقابل ملکولها	c_{ij}, d_{ij}
قطر قطرات	d
قطر معادل قطره	d_e
قطر افقی قطرات	d_H
قطر داخلی نازل	d_N
قطر عمودی قطرات	d_V
ضریب نفوذ جرمی	D
ضریب نفوذ جز A در B	D_{AB}
ضریب نفوذ مولکولی	D_d
ضریب نفوذ ادی	D_E
ضریب نفوذ مؤثر کلی	D_{OE}
ضریب نفوذ جرمی نانوسیال	D_{nf}
ضریب نفوذ جرمی آب مقطر	D_w
قطر میانگین حجمی - سطحی	D_{32}

راندمان (کسر) استخراج	E
میزان خروج از حالت کروی (نسبت قطر افقی به قطر عموده قطره)	E
عدم مرکزیت تصحیح شده (نسبت قطر افقی قطر معادل قطره)	E'
راندمان استخراج مرحله تشکیل قطره	E_f
راندمان استخراج مرحله صعود قطره	E_r
برآیند نیروهای لئونارد جونز	f
جزئی از حجم قطره می باشد که بصورت ساکن	f_v
شیب خطوط تعادلی (ضرایب توزیع)	m, m'
جرم قطره	M
شار (فلاکس) گرمی	N
ضریب موضعی انتقال جرم فاز اکسترکت	k_E
ضریب موضعی انتقال جرم فاز رفینیت	k_R
ضریب کلی انتقال جرم تشکیل فاز پراکنده	K_{df}
ضریب کلی انتقال جرم صعود قطره	K_{dr}
ضریب کلی انتقال جرم فاز رفینیت	K_E
ضریب انتقال جرم کلی فاز مایع	K_L
ضریب رسانش هدایت حرارتی نانوسیال	K_{nf}
ضریب کلی انتقال جرم فاز رفینیت	K_R
ضریب رسانش هدایت حرارتی آب مقطر	K_w
فاصله بین مولکولها	r
شعاع قطره	r, r_d
فاکتور افزایشی	R
شدت جایگزین شدن چرخانه ها	S
زمان تشکیل قطره	t_f
زمان صعود قطره	t_r
سرعت خروجی از نازل	U_N
سرعت نهایی قطره مایع متحرک	U_{tL}
حجم فاز پراکنده	V_d
سرعت حد ذرات (قطرات)	U_t, V_T
وزن قطره	W
کسر مولی توده فاز رفینیت	x
کسر مولی فاز رفینیت در تعادل با کسر مولی توده فاز اکسترکت	x^*
کسر مولی در فصل مشترک فاز رفینیت	x_e

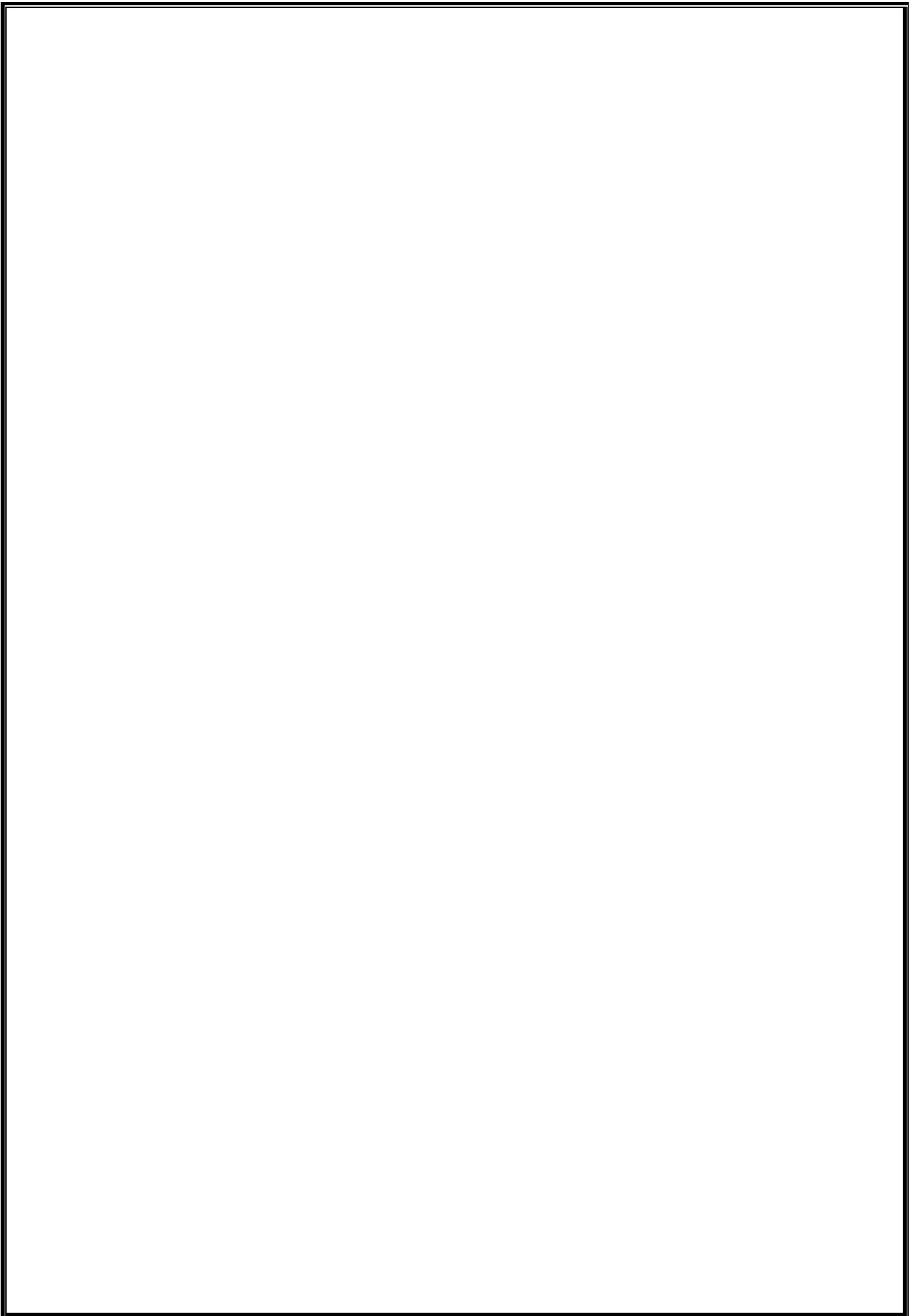
کسر مولی توده فاز اکسترکت	y
کسر مولی در فصل مشترک فاز اکسترکت	y_e
گرادیان غلظت	$\frac{\partial C}{\partial Z}$

علائم یونانی

زمان اقامت (در تئوریهای انتقال جرم)	θ
متغیر انتگرال	η
کشش بین سطحی	γ
انرژی پتانسیل	v
کسر حجمی فاز پراکنده	ϕ
مشخصه بعد طول	σ
افزونه دینامیکی	ε
مشخصه انرژی	ε
اختلاف قدر مطلق دانسیته فاز پراکنده و پیوسته	$\Delta\rho$
ویسکوزیته (گرانروی) دینامیکی فاز پیوسته	μ_c
ویسکوزیته (گرانروی) دینامیکی فاز پراکنده	μ_d
دانسیته میانگین	ρ_{av}
دانسیته فاز پیوسته	ρ_c
دانسیته نانوسیال	ρ_{nf}
دانسیته آب مقطر	ρ_w
ویسکوزیته (گرانروی) سینماتیک نانوسیال	ν_{nf}
ویسکوزیته (گرانروی) سینماتیک آب مقطر	ν_w
ضریب نفوذ حرارتی نانوسیال	α_{nf}
ضریب نفوذ حرارتی آب مقطر	α_w

اعداد بدون بعد

$Re = d_e u \rho_c / \mu_c$	رینولدز
$Re_d = d_e u \rho_d / \mu_d$	رینولدز فاز پراکنده
$Sc_d = \mu_d / \rho_d D_d$	اشمیت فاز پراکنده
$Sc_c = \mu_c / \rho_c D_c$	اشمیت فاز پیوسته
$Mo = g \mu^4 \Delta\rho / \rho^2 \delta^3$	مورتون
$Eö = g \Delta\rho d_e / \delta$	اوتووس
$We = d_e u^2 \rho_c / \delta$	وبر
$Gr = g \Delta\rho \rho_c d_e^3 / \mu_c^2$	گراشف



فصل اول

استخراج مایع - مایع

۱-۱- مقدمه

بر اساس گفته‌های دری^۱ و ویلیامز^۲، استخراج مایع حداقل از زمان یونانیان باستان که طلا و نقره را به وسیله فرآیند استخراج و به کمک سرب مایع به عنوان حلال از مس مذاب جدا می‌کردند، به کار برده شده است. این فرآیند با دانستن این نکته که سولفور می‌تواند به صورت انتخاب‌پذیر نقره را از یک آلیاژ طلا حل نماید، ادامه یافت. اگرچه این فرآیند تا اوایل دهه ۱۹۳۰ در مقیاس بزرگ صنعتی به کار برده نشد، در این فرآیند صنعتی که از آن پس به نام مخترع آن ادلینو^۳ نامیده شد، آروماتیک‌ها و ترکیبات گوگردی به صورت انتخاب‌پذیر از بنزین سفید مایع به وسیله فرآیند استخراج مایع_مایع و توسط حلال دی‌اکسید گوگرد در دمای ۱۰ تا ۲۰ درجه فارنهایت جدا می‌شد[۱]. استخراج مایع-مایع به دلیل رشد تقاضا برای محصولات حساس به دما، نیاز به مواد خالص‌تر، تجهیزات مؤثرتر آن و نیز وجود حلال‌هایی با گزینش‌گری^۴ بالاتر، اهمیت فزاینده‌ای یافته است. بیشترین کاربرد استخراج مایع-مایع در صنایع نفتی است زیرا در این صنایع، باید بیشتر خوراک‌های مایع را بر اساس گونه شیمیایی آنها (برای نمونه آلیفاتیک، آروماتیک، نفتی) جدا کرد و جداسازی بر اساس وزن مولکولی یا فشار بخار، کاربرد چندانی ندارد[۲].

۱-۲- استخراج مایع - مایع^۵

در استخراج مایع-مایع، یک خوراک مایع که باید اجزاء آن از هم جدا شوند با یک فاز مایع دیگر که حلال نامیده می‌شود در تماس قرار می‌گیرد. حلال با یکی یا شمار بیشتری از اجزاء خوراک امتزاج ناپذیر است یا امتزاج‌پذیری اندکی دارد، اما به طور کامل یا جزئی با یکی یا شمار بیشتری از اجزاء خوراک امتزاج‌پذیر می‌باشد. از این رو، حلال که یک ماده یا مخلوط شیمیایی است، بطور جزئی اجزاء خاصی از خوراک را در خود حل می‌کند و دست کم، موجب جداسازی یک جزء خوراک مایع می‌شود[۲].

استخراج مایع-مایع وقتی به کار می‌رود که تقطیر امکان‌پذیر نیست، یا بسیار گران تمام می‌شود. این روش، هنگامی از تقطیر کاربردی‌تر است که فراریت نسبی دو جزء بین ۱ تا ۱/۲ باشد، همچنین هنگامی که فراریت نسبی ماده حل شده نسبت به آب کمتر از ۴ باشد، استخراج مایع-مایع بسیار اقتصادی‌تر از تقطیر است[۳].

فرایندهای استخراج مایع-مایع، فرایندهایی حساس هستند زیرا در شرایطی با اختلاف چگالی اندک انجام می‌گیرند که به دما و مقدار ماده حل شده، حساس می‌باشد. همچنین این فرایندها تحت تأثیر

^۱ Derry^۲ Williams^۳ Edeleanu^۴ selectivity^۵ liquid-liquid extraction

کشش بین فازی، تغییرات زیاد در جریان حجمی و حتی جهت انتقال جرم هستند [۴]. به طور کلی، در کاربردهایی که در زیر آمده است، استخراج مایع- مایع بر تقطیر ترجیح داده می شود [۳]:

۱- در مورد مواد معدنی حل شده یا مرکب در محلول‌های آلی یا آبی.

۲- برای زدایش اجزایی که غلظت آنها اندک است، مانند رنگ پیه و یا هورمون‌های روغن حیوانی.

۳- هنگامی که یک جزء با نقطه جوش بالا با مقادیر نسبتاً کمی در یک پساب وجود دارد، مانند بازیابی اسید استیک از سلولز استات، زیرا تبخیر مقادیر زیاد آب به دلیل گرمای تبخیر بالا بسیار گران تمام می‌شود.

۴- در بازیابی مواد حساس به گرما استخراج مایع- مایع ارزان‌تر از تقطیر خلأ است.

۵- در مورد جداسازی یک مخلوط بر اساس گونه شیمیایی آن و نه فراریت نسبی.

۶- در مورد جداسازی مایعات با نقطه جوش نزدیک به هم که می‌توان در این حالت از تفاوت در حلالیت بهره گرفت.

۷- در مورد مخلوط‌هایی که آزنوتروپ تشکیل می‌دهند.

کلید یک فرایند استخراج مؤثر، شناسایی حلال مناسب است. افزون بر غیر سمی بودن، ارزان بودن و بازیابی آسان، یک حلال مناسب، بجز برای جزء مورد نظر در جداسازی، باید به طور نسبی با دیگر اجزاء خوراک امتزاج ناپذیر باشد و برای آسانی جداسازی فازها، تفاوت دانسیته آن با خوراک زیاد باشد [۴]. کشش بین سطحی^۱ حلال و خوراک باید پایین باشد تا برای ایجاد قطره‌های کوچک، به شدت آشفتگی مکانیکی کمی نیاز باشد و نیز سرعت پیوند قطره‌ها کم باشد [۳].

۱-۳- تجهیزات استخراج

دستگاه‌های استخراج مایع- مایع باید توانایی ایجاد تماس هرچه بیشتر بین دو فاز را داشته باشد تا انتقال جرم ماده حل شده، بین دو فاز بخوبی انجام شود و سرانجام دو فاز بطور کامل از هم جدا شوند. تجهیزات استخراج مایع- مایع به دلیل کاربردهای گسترده شان، گوناگونی فراوانی دارند. این تجهیزات را می‌توان بر اساس مشخصات عملیاتی آنها دسته بندی کرد. براین اساس، این دستگاهها به دو گروه کلی تماس دهنده‌های مرحله‌ای^۲ و تماس دهنده‌های دیفرانسیلی^۳ تقسیم می‌شوند. در تماس دهنده مرحله‌ای، شمار مشخصی از مراحل وجود دارد که در هر یک از آنها دو فاز به تعادل می‌رسند و سپس با گذر ناهمسو، جدا می‌شوند، در صورتی که در تماس دهنده دیفرانسیلی، ترکیب فازها بطور پیوسته تغییر می‌کند. در تماس دهنده‌های مرحله‌ای، طراحی و افزایش مقیاس^۴، نسبتاً ساده است. برای یک بازده مشخص، تماس دهنده‌های دیفرانسیلی فشرده‌تر هستند و معمولاً فضای کمتری نیاز دارند، به گونه ای که بیشتر به شکل ستون‌های عمودی هستند. اما طراحی و افزایش مقیاس آنها دشوار است

^۱ Interfacial tension

^۲ stagewise contactors

^۳ differential contactors

^۴ Scale up

زیرا در این تماس دهنده‌ها دو فاز هرگز در تعادل نیستند [۵]. تقسیم بندی های ذیل برای تجهیزات استخراج مایع- مایع توسط لادا صورت گرفته است [۶].

جدول ۱-۱- طبقه بندی اولیه استخراج کننده های مایع - مایع در صنعت [۶]

liquid-liquid extraction

- ۱) Differential
 - ۱-۱) Gravity
 - ۱-۱-۱) Spray Column
 - ۱-۱-۲) Packed Column
 - ۱-۲) Pulse Agitated
 - ۱-۲-۱) Pulsed packed Column
 - ۱-۳) Mechanically Agitated
 - ۱-۳-۱) RDC, Mixco Lightin, CM Contractor (Oldshu-Rushton)
 - ۱-۳-۲) Graesser Rraining-Backet Contactor Morris Contactor
 - ۱-۴) Centrifugal
 - ۱-۴-۱) Podbielniak-Extractor
 - ۱-۴-۲) Luwesta-Extractor
 - ۱-۴-۳) Westalia-Extractor
 - ۱-۴-۴) Delaval-Extractor
- ۲) Stagewise
 - ۲-۱) Gravity
 - ۲-۱-۱) Plate Column
 - ۲-۲) Pulse Agitated
 - ۲-۲-۱) Pulse Sieve-Plat Column
 - ۲-۲-۲) Pulse Mixer Settler
 - ۲-۳) Mechanically Agitated
 - ۲-۳-۱) Scheibel Column
 - ۲-۳-۲) Treybal Column
 - ۲-۳-۳) ARD extractor
 - ۲-۳-۴) Mixer-Settlers

جدول ۲-۱- طبقه بندی ثانویه استخراج کننده های مایع - مایع در صنعت [۶]

liquid-liquid Extractors

- I. Vertical Column Type Extractors
 - A- Unagitated
 ۱. Spray Column
 ۲. Packed Column
 ۳. Plate Column
 - B- Rotor Agitated
 ۱. Rotary Disc Contractor (RDC)

- ۲. Asymmetric Rotating Disc Contractor (ARD)
 - ۳. Mixco-Lightnin CM Contractor (Oldshue-Rushton)
 - ۴. Scheibel Extractor
 - ۵. Rotary Annular Column
- C- Pulse-Agitated
- ۱. Pulse Spray Column
 - ۲. Pulsed Packed Column
 - ۳. Pulsed Sieve Plate Column
- II. Horizontal Extractors
- A. Mixer-Settler
 - B. Centrifugal Extractors
 - C. Horizontal Rotating Disc Contractor
 - D. Raining Bucket Extractor

یک دسته بندی دیگر، برای تجهیزات استخراج مایع- مایع، ویژگی های اصلی و کار بردهای صنعتی آنها در جدول (۱-۳) آورده شده است [۲]:

جدول ۱-۳- تجهیزات استخراج مایع - مایع ، ویژگی های اصلی و کاربرد ها

گونه استخراج کننده	ویژگی های فراگیر	زمینه های کار بردی
ستون های نا آشفته (بدون آشفستگی)	بهای کم هزینه عملیاتی و نگهداری کم سادگی ساختار مهار مواد خورنده	پتروشیمی شیمیایی
مخلوط کننده - ته نشین کننده ها	بازده مرحله ای بالا مهار نسبتهای بالای حلال ظرفیت بالا انعطاف پذیری خوب افزایش مقیاس قابل اطمینان مهار مایع های با گرانروی بالا	پتروشیمی هسته ای ساخت کود متالورژی
ستون های ضربه ای	تعداد واحد های تئوری کم امکان مراحل زیاد نداشتن قطعه ی متحرک داخلی	هسته ای پتروشیمی متالورژی
ستون های همزن دار	ظرفیت منطقی تعداد واحد های تئوری منطقی امکان مراحل زیاد هزینه ساختاری منطقی هزینه عملیاتی و نگهداری کم	پتروشیمی متالورژی دارویی ساخت کود