



دانشکده مهندسی شیمی، نفت و گاز

پایان نامه کارشناسی ارشد

بررسی تجربی توزیع اندازه قطرات در یک ستون استخراج ضربه ای دیسک و دونات

نگارش:

سید محمد جواد کاظمی

استادان راهنما

دکتر علی حقیقی اصل

دکتر میثم تراب مستعدی

استاد مشاور

مهندس مهدی اسدالله زاده

تابستان ۹۳

تعهدنامه اصالت اثر

- اینجانب سید محمد جواد کاظمی دانشجو دوره کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی، دانشگاه سمنان، نویسنده پایان نامه: **بررسی تجربی بر توزیع اندازه قطرات در یک ستون استخراج ضربه ای دیسک و دونات**، تحت راهنمایی آقای دکتر علی حقیقی اصل و آقای دکتر میثم تراب مستعدی متعهد می شوم:
- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
 - در استفاده از نتایج محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
 - مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
 - کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه سمنان می باشد و مقالات مستخرج با نام دانشگاه سمنان و یا **Semnan University** به چاپ خواهد رسید.
 - حقوق معنوی تمام افرادی که در بدست آوردن نتایج اصلی پایان نامه تاثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از رساله رعایت شده است.
 - در کلیه مراحل این پایان نامه، در مواردی که از موجود زنده (یا بافت های آنها) استفاده شده 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 و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده) متعلق به دانشگاه سمنان می باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر گردد.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

نام و نام خانوادگی-شماره دانشجویی

سید محمد جواد کاظمی ۹۱۱۱۱۳۷۰۰۸

تاریخ و امضاء

منت و سپاس یزدان پاک را که در سایه رحمتش توانستم گامی به سوی تکامل برداشته و وجود خویش را به زینت علم بیارایم.

اکنون که به یاری خداوند متعال این پایان نامه به اتمام رسیده است بر خود لازم میدانم از تمامی کسانی که اینجانب را یاری نموده اند، تشکر نمایم. در ابتدا از جناب آقای دکتر حقیقی اصل که زحمات بیشماری برای به اتمام رساندن این پروژه نمودند، کمال تشکر و قدر دانی را دارم.

همچنین از جناب آقای دکتر تراب مستعدی که در سازمان انرژی اتمی به عنوان استاد راهنمای بنده، به حق، معنای واژه استاد را برای من معنی نمودند و از کوچکترین کمکی نسبت به بنده دریغ ننمودند، کمال سپاس و قدردانی را دارم.

در پایان از زحمات بی دریغ جناب آقای مهندس اسدالله زاده که فراتر از یک استاد در طول این پروژه در کنارم بودند و بدون هیچ چشم‌داشتی در راستای به ثمر رسیدن این پروژه به بنده کمک نمودند، نهایت قدردانی را دارم. و از درگاه خداوند متعال برای این بزرگوار آرزوی سعادت روز افزون را دارم.

تقدیم به آنها که راه زندگی را به من آموختند. عزیزانی که وجودم برایشان همه رنج بود و وجودشان برایم همه مهر.

آنان که راستی قائم در شگفتی قاتلان تجلی یافت. در برابر وجود کرامتشان زانوی ادب بر زمین مینم و بادلی ملو از عشق و محبت بردستانشان

بوسه منیرنم

و تقدیم به عزیزی که وجودش به زندگی من معنای عشق را متجلی شد...

تقدیم به پدر و مادر عزیزم

تقدیم به همسر عزیزتر از جانم

چکیده

در این پروژه توزیع اندازه قطرات در یک ستون استخراج ضربه‌ای دیسک و دونات با قطر ۷۶ میلی متر اندازه‌گیری شده است. به این دلیل که دانش اندازه قطرات از پارامترهای اساسی در ستون‌های استخراج است و دارای اهمیت اساسی در طراحی و بررسی عملکرد ستون‌های استخراج مایع-مایع می‌باشد. اندازه قطره بر موجودی فاز پراکنده، زمان اقامت قطرات فاز پراکنده و حداکثر ورودی ستون تأثیر می‌گذارد. علاوه بر این اندازه قطره همراه با موجودی فاز پراکنده، مساحت سطح مشترک برای انتقال جرم را مشخص می‌نماید. همچنین در شرایط عملیاتی واقعی، اغلب یک توزیع از اندازه قطرات وجود دارد که منجر به توزیع سرعت قطرات نسبت به فاز پیوسته و تفاوت نرخ انتقال جرم در ستون می‌گردد. آزمایش‌ها برای سه سیستم آب-تولون، آب-بوتیل استات و آب-کروزن انجام شده است. انتخاب این سه سیستم به دلیل پوشش دامنه وسیعی از کشش بین سطحی بین فازها بوده است. اثر پارامترهای عملیاتی شامل شدت ضربه و دبی فازهای پراکنده و پیوسته بر توزیع اندازه قطره مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که شدت ضربه دارای یک اثر قابل توجه بر توزیع اندازه قطره در این ستون می‌باشد. دبی فازهای پیوسته و پراکنده اثر ناچیزی بر توزیع اندازه قطرات دارد به نحوی که می‌توان از تأثیر آن‌ها چشم‌پوشی کرد. همچنین از دو تابع نرمال و لگ نرمال برای پیش‌بینی توزیع اندازه قطره استفاده شد و روابطی برای پیش‌بینی پارامترهای این دو تابع برحسب شرایط عملیاتی و خواص فیزیکی سیستم‌ها ارائه گردید. نتایج نشان داد که توافق خوبی بین داده‌های تجربی و روابط ارائه شده وجود دارد. این توابع داده‌های تجربی را به ترتیب با خطای میانگین ۱۰/۵ و ۱۱/۵ درصد پیش‌بینی می‌نمایند.

کلید واژه‌ها: استخراج مایع-مایع، توزیع اندازه قطره، دبی جریان فاز آبی، دبی جریان فاز آلی، ستون ضربه‌ای دیسک و دونات، شدت ضربه.

فهرست مطالب

د	فهرست شکل ها	۱
ذ	فهرست جداول	۱
ر	فهرست علائم و اختصارات	۱
۱	فصل اول: مقدمه ای بر فرآیندهای استخراج مایع-مایع	۱
۲	۱-۱- مقدمه	۲
۳	۱-۲- فرآیند استخراج مایع-مایع	۳
۴	۱-۳- موارد کاربرد استخراج مایع-مایع	۴
۵	۱-۳-۱- در رقابت با دیگر عملیات انتقال جرم	۵
۶	۱-۳-۲- جایگزینی برای روشهای شیمیایی	۶
۶	۱-۳-۳- جداسازی هایی که توسط روشهای دیگر ممکن نیست	۶
۷	۱-۴- انتخاب حلال مناسب	۷
۱۰	۱-۵- انتخاب شرایط استخراج	۱۰
۱۲	فصل دوم: معرفی انواع ستونهای ضربه‌ای	۱۲
۱۳	۱-۲- مقدمه	۱۳
۱۴	۱-۲-۱- ستون ضربه ای پر شده	۱۴
۱۶	۱-۲-۲- ستون ضربه ای سینی دار	۱۶
۱۸	۱-۲-۳- ستون ضربه ای دیسک و دونات	۱۸
۲۰	۱-۲-۲- رژیم های عملیاتی در ستونهای ضربه ای	۲۰
۲۳	۱-۲-۳- پارامترهای هیدرودینامیکی در ستون های ضربه ای	۲۳
۲۳	۱-۳-۲- اندازه قطره	۲۳
۲۴	۱-۳-۲- موجودی فاز پراکنده	۲۴
۲۵	۱-۳-۲- طغیان و انباشتگی	۲۵
۲۶	۱-۳-۲- سرعت لغزش	۲۶
۲۶	۱-۴-۲- انتقال جرم در ستونهای ضربه ای سینی دار	۲۶
۲۹	فصل سوم: بررسی اندازه قطره میانگین و توزیع اندازه قطره در ستونهای ضربه‌ای	۲۹
۳۰	۱-۳- مقدمه	۳۰
۳۰	۱-۳-۲- روش های اندازه گیری قطر قطرات	۳۰

۳۳	..... اندازه قطره میانگین
۴۰	..... توزیع اندازه قطرات
۴۶	فصل چهارم: شرح دستگاه و روش انجام آزمایش
۴۷	..... ۱-۴ شرح دستگاه و تجهیزات جانبی آن
۴۹	..... ۱-۱-۴ ضریب ساز
۵۰	..... ۲-۱-۴ بخش فعال ستون
۵۱	..... ۳-۱-۴ ته نشین کننده های بالا و پائین ستون
۵۱	..... ۴-۱-۴ دیسک ها و دونات ها
۵۲	..... ۵-۱-۴ مخازن خوراک و پسماند
۵۳	..... ۶-۱-۴ پمپ ها
۵۳	..... ۷-۱-۴ روتامترها
۵۴	..... ۸-۱-۴ توزیع کننده فاز سبک
۵۵	..... ۹-۱-۴ سنسور نوری
۵۶	..... ۱۰-۱-۴ کمپرسور هوا
۵۷	..... ۱۱-۱-۴ اسکلت فلزی نگهدارنده
۵۷	..... ۱۲-۱-۴ اجزای عملیات ابزار دقیق
۵۸	..... ۲-۴ هدف آزمایش
۵۹	..... ۳-۴ سیستم های مورد استفاده در انجام آزمایش ها
۶۰	..... ۴-۴ روش اندازه گیری اندازه قطره
۶۱	..... ۵-۴ آزمایش های انجام شده جهت اندازه گیری اندازه قطره
۶۱	..... ۱-۵-۴ بررسی اثر شدت ضربه بر توزیع اندازه قطرات
۶۲	..... ۲-۵-۴ بررسی اثر شدت جریان فاز پراکنده بر توزیع اندازه قطرات
۶۳	..... ۳-۵-۴ بررسی اثر شدت جریان فاز پیوسته بر توزیع اندازه قطرات
۶۵	فصل پنجم: نتایج و بحث
۶۶	..... ۱-۵ مقدمه
۶۸	..... ۲-۵ بررسی تأثیر پارامتر شدت ضربه بر توزیع اندازه قطرات
۶۸	..... ۱-۲-۵ سیستم آب-تولوئن
۶۹	..... ۲-۲-۵ سیستم بوتیل آب-استات

۷۰	.....	۳-۲-۵-سیستم آب-کروزن
۷۲	.....	۳-۵-بررسی اثر شدت جریان فاز پراکنده بر توزیع اندازه قطرات
۷۲	.....	۱-۳-۵-سیستم آب-تولوئن
۷۳	.....	۲-۳-۵-سیستم آب-بوتیل استات
۷۵	.....	۳-۳-۵-سیستم آب-کروزن
۷۶	.....	۴-۵-بررسی اثر شدت جریان فاز پیوسته بر توزیع اندازه قطرات
۷۶	.....	۱-۴-۵-سیستم آب-تولوئن
۷۷	.....	۲-۴-۵-سیستم آب-بوتیل استات
۷۷	.....	۳-۴-۵-سیستم آب-کروزن
۷۹	.....	۵-۵-اثر کشش بین سطحی بر توزیع اندازه قطرات
۸۰	.....	۶-۵-پیش بینی توزیع اندازه قطرات
۸۲	.....	۷-۵-مقایسه با روابط بدست آمده در ستون ضربه ای پر شده
۸۳	.....	۸-۵-محاسبه خطا
۸۴	.....	۹-۵-نتیجه گیری
۸۵	.....	پیشنهادات
۸۶	.....	پیوست ها
۹۴	.....	منابع

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۲. نمایی از ستون ضربه ای پر شده ۱۶
- شکل ۲-۲. نمایی از ستون ضربه ای سینی دار ۱۸
- شکل ۳-۲. نمایی از ستون ضربه ای دیسک و دونات ۱۹
- شکل ۴-۲. منحنی طغیان در شدت ضربات مختلف ۲۲
- شکل ۱-۳. روش‌های اندازه‌گیری قطر قطرات ۳۲
- شکل ۲-۳. توزیع اندازه قطره در شدت ضربه متفاوت ۴۲
- شکل ۱-۴. تصویری از ستون ضربه‌ای دیسک و دونات ۴۸
- شکل ۲-۴. رگلاتور تنظیم هوای فشرده ۴۹
- شکل ۳-۴. شیر برقی مورد استفاده جهت تنظیم ورود و خروج هوا ۵۰
- شکل ۴-۴. نمونه دیسک و دونات استفاده شده در ستون ۵۱
- شکل ۵-۴. مخازن خوراک و پسماند ستون ۵۲
- شکل ۶-۴. پمپ‌های مورد استفاده در ستون جهت انتقال فازها ۵۳
- شکل ۷-۴. روماترهای استفاده شده برای اندازه‌گیری دبی فازها ۵۴
- شکل ۸-۴. توزیع کننده ساخته شده برای فاز سبک ۵۵
- شکل ۹-۴. سنسور نوری استفاده شده برای کنترل فصل مشترک ۵۶
- شکل ۱۰-۴. کمپرسور هوای فشرده ۵۶
- شکل ۱۱-۴. تابلو برق ساخته شده جهت دستگاه ۵۸
- شکل ۱-۵. نمونه ای از تصاویر آنالیز شده توسط نرم افزار ۶۶
- شکل ۲-۵. تأثیر شدت ضربه بر توزیع اندازه قطرات برای سیستم آب-تولوئن ۶۹
- شکل ۳-۵. تأثیر شدت ضربه بر توزیع اندازه قطرات برای سیستم آب-بوتیل استات ۷۰
- شکل ۴-۵. تأثیر شدت ضربه بر توزیع اندازه قطرات برای سیستم آب-کروزن ۷۱
- شکل ۵-۵. تأثیر شدت جریان فاز پراکنده بر توزیع اندازه قطرات برای سیستم آب-تولوئن ۷۳
- شکل ۶-۵. تأثیر شدت جریان فاز پراکنده بر توزیع اندازه قطرات برای سیستم آب-بوتیل استات ۷۴
- شکل ۷-۵. تأثیر شدت جریان فاز پراکنده بر توزیع اندازه قطرات برای سیستم آب-کروزن ۷۵
- شکل ۸-۵. تأثیر شدت جریان فاز پیوسته بر توزیع اندازه قطرات برای سیستم آب-تولوئن ۷۶
- شکل ۹-۵. تأثیر شدت جریان فاز پیوسته بر توزیع اندازه قطرات برای سیستم آب-بوتیل استات ۷۷
- شکل ۱۰-۵. تأثیر شدت جریان فاز پیوسته بر توزیع اندازه قطرات برای سیستم آب-کروزن ۷۸
- شکل ۱۱-۵. تأثیر کشش بین سطحی بر توزیع اندازه قطرات ۷۹
- شکل ۱۲-۵. تأثیر کشش بین سطحی بر توزیع اندازه قطرات ۸۰
- شکل ۱۳-۵. مقایسه پارامتر α داده‌های آزمایشگاهی و تجربی ۸۳
- شکل ۱۴-۵. مقایسه پارامتر β داده‌های آزمایشگاهی و تجربی ۸۴

فهرست جداول

جدول ۱-۳	روابط تجربی برای محاسبه اندازه قطره میانگین	۳۹
جدول ۲-۳	مدل‌های توابع توزیع	۴۳
جدول ۱-۴	مشخصات فیزیکی سیستم‌های مورد استفاده	۵۹
جدول ۲-۴	آزمایش‌های انجام شده برای بررسی اثر شدت ضربه بر توزیع اندازه قطرات در سیستم آب-تولوئن	۶۱
جدول ۳-۴	آزمایش‌های انجام شده برای بررسی اثر شدت ضربه بر توزیع اندازه قطرات در سیستم آب-کروزن	۶۲
جدول ۴-۴	آزمایش‌های انجام شده برای بررسی اثر شدت ضربه بر توزیع اندازه قطرات در سیستم آب-بوتیل استات	۶۲
جدول ۵-۴	آزمایش‌های انجام شده برای بررسی اثر شدت جریان فاز پراکنده بر توزیع اندازه قطرات در سیستم آب-تولوئن	۶۲
جدول ۶-۴	آزمایش‌های انجام شده برای بررسی اثر شدت جریان فاز پراکنده بر توزیع اندازه قطرات در سیستم آب-کروزن	۶۳
جدول ۷-۴	آزمایش‌های انجام شده برای بررسی اثر شدت جریان فاز پراکنده بر توزیع اندازه قطرات در سیستم آب-بوتیل استات	۶۳
جدول ۸-۴	آزمایش‌های انجام شده برای بررسی اثر شدت جریان فاز پیوسته بر توزیع اندازه قطرات در سیستم آب-تولوئن	۶۴
جدول ۹-۴	آزمایش‌های انجام شده برای بررسی اثر شدت جریان فاز پیوسته بر توزیع اندازه قطرات در سیستم آب-کروزن	۶۴
جدول ۱۰-۴	آزمایش‌های انجام شده برای بررسی اثر شدت جریان فاز پیوسته بر توزیع اندازه قطرات در سیستم آب-بوتیل استات	۶۴
جدول ۱-۵	اندازه قطره میانگین در آزمایش‌های انجام شده	۶۷

فهرست علائم و اختصارات

حروف یونانی	معادل انگلیسی	معادل فارسی
α	constant parameter of probability of density function	پارامتر تابع احتمال
β	constant parameter of probability of density function	پارامتر تابع احتمال
ε	void fraction	کسر فضای خالی
μ	viscosity (N s/m ²)	ویسکوزیته
ρ	density (kg/m ³)	دانسیته
$\Delta\rho$	density difference between two phases (kg/m ³)	اختلاف دانسیته بین دو فاز
σ	interfacial tension between two phases(N/m)	کشش بین سطحی بین دو فاز
φ	hold up	موجودی فاز پراکنده
علامت		
a	specific surface area (m ² /m ³)	سطح ویژه
Af	pulse intensity (m/s)	شدت ضربه
d ₃₂	sauter mean diameter (mm)	قطر میانگین ساتر
d _i	drop diameter (mm)	قطر قطره
g	acceleration due to gravity (=9.81 m/s ²)	شتاب گرانش
h	height of column (m)	ارتفاع ستون
n _i	number of droplets of mean diameter d _i	تعداد قطرات با اندازه یکسان d _i
P	probability of number density	تابع احتمال
Q	volumetric flow rate (m ³ /s)	شدت جریان حجمی
V	velocity of flows (m/s)	سرعت جریان
زیر نویس		
c	continuous phase	فاز پیوسته
d	dispersed phase	فاز پراکنده
l	normal probability density function	تابع احتمال نرمال
ln	log-normal probability density function	تابع احتمال لگنرمال

فصل اول:

مقدمه‌ای بر فرآیندهای استخراج مایع-مایع

استخراج مایع-مایع یکی از متداول‌ترین عملیاتی است که در فرآیندهای شیمیایی به کار برده می‌شود و روز به روز محدوده استفاده از آن گسترش می‌یابد. ابداع طرح‌های نوین در ساختمان دستگاه‌های استخراج و نیاز به پیش‌بینی رفتار این دستگاه‌ها تحولی را در جهت مدلسازی هرچه بهتر و دقیق‌تر آن‌ها به وجود آورده است. بر این اساس به خصوص در سال‌های اخیر مطالب بسیاری در زمینه اصول استخراج، طراحی دستگاه-های مربوطه و مدلسازی پارامترهای عملیاتی این دستگاه‌ها منتشر گردیده ولی با توجه به گسترش دستگاه-های جدید، جا برای ادامه تحقیقات وجود دارد [۱].

امروزه استخراج مایع-مایع به عنوان جانشینی مناسب و مقرون به صرفه برای بسیاری از فرآیندهای جداسازی مطرح گردیده است که از جمله آن‌ها می‌توان به جداسازی‌های زیر اشاره کرد:

۱. موادی که دارای فراریت نسبی کمی هستند (علی‌الخصوص در تبخیر تحت خلأ).
۲. موادی که دارای نقاط جوش نزدیک به هم هستند.
۳. مواد غیر فراری که تبخیر محلول آن‌ها غیر ممکن باشد.
۴. موادی که نسبت به حرارت حساس باشند.
۵. مواد دارای ساختمان شیمیایی مختلف که نقاط جوش آن‌ها همپوشانی داشته باشد.

کاربرد فرآیندهای استخراج مایع-مایع به حدی گسترده است که نمی‌توان به طور دقیق محدوده آن را مشخص نمود اما به طور خلاصه به برخی از فرآیندهای مهم آن اشاره می‌گردد. در صنایع شیمیایی آلی، استخراج مایع-مایع به عنوان یکی از روش‌های صنعتی تخلیص مواد از اوایل قرن حاضر میلادی مورد استفاده

بوده است. نخستین گزارش استفاده از استخراج مایع-مایع به سال ۱۸۸۳ میلادی بر می‌گردد که جیورینگ^۱ برای افزایش خلوص اسید استیک، از اتیل استات استفاده نمود. اما شاید اولین کاربرد صنعتی این روش را بتوان مربوط به جداسازی مواد آروماتیک از آلیفاتیک در صنعت نفت دانست. از آن به بعد استخراج مایع-مایع جای خود را به تدریج در فرایندهای شیمیایی باز کرده است و روز به روز بر کاربرد آن افزوده می‌شود.

در صنایع شیمیایی معدنی نیز استخراج مایع-مایع گسترش وسیعی یافته است. در سال‌های اخیر در این زمینه تحقیقات وسیعی در مورد سوخت‌های هسته‌ای صورت گرفته و همچنین توجه بسیاری به استخراج فلزات نادر شده است [۲].

۱-۲- فرآیند استخراج مایع-مایع

استخراج مایع-مایع به‌طور وسیعی در فرایندهای شیمیایی، بیوشیمیایی، هیدرومتالورژی، هسته‌ای و محیط زیست استفاده می‌شود. استخراج مایع-مایع یا استخراج با حلال، یک فرآیند جداسازی است که باعث انتقال ماده حل شده بین دو فاز مایع غیر قابل امتزاج می‌شود و اساس جداسازی تفاوت در خواص شیمیایی است. در هنگامی که غیر ایده‌آل بودن سیستم سبب می‌شود که دو مایع امتزاج ناپذیر به صورت تعادلی در کنار هم قرار گیرند، اجزای خاصی ممکن است که در یک فاز بیش از فاز دیگر انحلال پذیر باشند. استخراج دربرگیرنده انتقال اجزا بین دو فاز مایع است. نیروی محرکه‌ی موجود در فرآیند استخراج، تفاوت و یا گرادیان پتانسیل شیمیایی اجزاء مابین دو فاز مایع است. وسیله‌ای که به‌منظور انجام عملیات استخراج مایع-مایع به کار می‌رود، معمولاً ستون‌هایی با جریان ناهم‌سو است که عمل چند واحد تعادلی را انجام می‌دهد. نبود تعادل کامل در استخراج کننده‌های مایع-مایع با استفاده از بازده سینی در نظر گرفته می‌شود. همچنین استخراج

^۱ Georing

مایع-مایع ممکن است در مجموعه‌ای از ظرف‌های اختلاط که به صورت سری و ناهم‌سو هستند، صورت گیرد.

در عملکرد ستون نیروی گرانش در نظر گرفته می‌شود؛ به این صورت که مایع سنگین‌تر به سمت پایین جریان می‌یابد و مایع سبک‌تر به دلیل نیروی بویانسی به سمت بالا حرکت می‌کند. به منظور کاربردی-تر بودن فرآیند، لازم است که یک فاز مایع نسبت به دیگری دانسیته‌ی بالاتری داشته باشد.

از آن جایی که در استخراج مایع-مایع صرفاً انتقال اجزا از یک فاز به فاز دیگر و نه جداسازی اجزا صورت می‌گیرد، فرآیند کامل جداسازی بایستی شامل تجهیزات اضافی (مانند برج‌های تقطیر) برای بازیابی اجزای گوناگون باشد. مهم‌ترین و اصلی‌ترین پارامترهایی که بایستی در طراحی و ارزیابی کارایی فرآیند استخراج در نظر گرفته شود شامل انتخاب حلال، نسبت حلال به خوراک، تعداد واحدها و هر وسیله کمکی که امکان دارد برای تکمیل جداسازی لازم باشد، می‌شود [۳].

۱-۳- موارد کاربرد استخراج مایع-مایع

در موارد مختلفی از استخراج مایع-مایع استفاده می‌شود. به عنوان مثال هنگامی که امکان جداسازی توسط روش‌های دیگر موجود نباشد. همانطور که مشخص است تقطیر همراه با حرارت دادن به مایع می‌باشد که در نتیجه‌ی آن فاز بخار تولید می‌شود و در این عمل، جداسازی بستگی به فشارهای بخار مواد دارد. ولی برعکس در عملیات استخراج مایع-مایع، سازنده‌های اصلی دو فاز از لحاظ شیمیایی با هم تفاوت زیادی دارند و همین باعث می‌شود که جداسازی مطابق با نوع ماده موجود صورت گیرد؛ به عنوان مثال هیدروکربن‌های پارافینی و آروماتیکی که از نظر وزن مولکولی تقریباً یکی هستند، غیر ممکن است که از طریق تقطیر از هم جدا شوند زیرا فشار بخارهایشان تقریباً یکسان است. اما توسط استخراج مایع-مایع توسط حلال‌های مناسب قابل جداسازی می‌باشند.

مورد دوم در مواردی است که روش‌های جداسازی شیمیایی به عنوان یک جایگزین مناسب مطرح می‌باشد. در روش‌های شیمیایی به علت مصرف معرف‌های گوناگون و نیز تولید محصولات جانبی مشکلات متعددی بروز می‌کند که منجر به بالا رفتن قیمت نهایی محصول می‌شود. استخراج مایع-مایع به علت عدم مصرف این‌گونه معرف‌ها و کمتر شدن تولید محصولات جانبی، از نظر اقتصادی به‌صرفه‌تر است.

سرانجام هنگامی که عملیات استخراج از جنبه‌های اقتصادی بر دیگر روش‌های جداسازی ارجحیت داشته باشد از استخراج مایع-مایع استفاده می‌شود. در این مورد می‌توان جداسازی فلزاتی مثل اورانیوم، وانادیوم، تنگستن و نیز محصولات فیزیون^۱ فرآیندهای انرژی اتمی را نام برد. حتی فلزاتی کم قیمت‌تر مانند مس و مواد شیمیایی معدنی نظیر اسید فسفریک و اسید بوریک را می‌توان توسط استخراج مایع-مایع خالص نمود [۴].

به طور کلی در موارد زیر از عملیات استخراج استفاده می‌شود :

۱-۳-۱- در رقابت با دیگر عملیات انتقال جرم

در این حالت قیمت نسبی اهمیت پیدا می‌کند. تقطیر و تبخیر روش‌های جداسازی مستقیم هستند و محصول به دست آمده تقریباً خالص است. در استخراج، محصول به صورت محلول جدیدی است که اغلب توسط تقطیر یا تبخیر خالص می‌شود. در مورد محلول‌های رقیق وقتی آب باید در عمل تقطیر جدا شود، عمل استخراج اقتصادی‌تر است، به خصوص که حرارت تبخیر بیشتر حلال‌های آلی خیلی کمتر از آب است. در مواردی که برای جلوگیری از تجزیه حرارتی مواد به دمای کمتر نیاز داریم، استخراج می‌تواند جایگزین خوبی برای تقطیر یا تبخیر باشد. برای مثال می‌توان اسیدهای چربی که دارای زنجیر طولانی هستند را

^۱ Fission

توسط عمل تقطیر در خلاء از روغن گیاهی جدا نمود اما نوع اقتصادی‌تر این جداسازی، استخراج با پروپان مایع می‌باشد.

۱-۳-۲- جایگزینی برای روش‌های شیمیایی

فرآیندهای شیمیایی مواد را مورد مصرف قرار می‌دهند و در نتیجه مسئله‌ی دور ریزی محصول جانبی مطرح می‌شود. در استخراج مایع واکنشی صورت نمی‌گیرد و محصول جانبی نیز به دست نمی‌آید و در نتیجه هزینه آن کمتر است. جداسازی فلزاتی نظیر اورانیم - وانادیم ، هافنیم - زیرکونیم ، تنگستن - مولیبدن و مواد حاصل از فیزیون در فرآیندهای تولید انرژی اتمی توسط استخراج با حلال اقتصادی ترند. علیرغم محاسبه‌ی قیمت بازیابی حلال در محاسبات نهایی حتی برای خالص کردن فلزات کم قیمت نظیر مس و مواد معدنی مثل اسید فسفریک و اسید بوریک و مشابه آن به شکل اقتصادی‌تر، از روش استخراج مایع استفاده می‌شود.

۱-۳-۳- جداسازی‌هایی که توسط روش‌های دیگر ممکن نیست

در تقطیر وقتی که در اثر حرارت دو فاز مایع و بخار حاصل می‌شود، این دو فاز الزاماً از مواد مشابهی ساخته شده‌اند و در نتیجه از نظر شیمیایی مشابه هستند. بنابراین جداسازی به علت اختلاف در فشار بخار مواد حاصل شده است. در استخراج مایع جزء اصلی دو فاز از نظر شیمیایی متفاوتند و این امر جداسازی به صورت شیمیایی را ممکن می‌سازد [۵].

۱-۴- انتخاب حلال مناسب

انتخاب درست حلال مهم‌ترین عامل برای داشتن یک جداسازی خوب است. در ادامه مهم‌ترین خصوصیات برای انتخاب حلال مناسب ارائه شده است. بعضی از این موارد برای یک عملیات جداسازی ضروری است در حالی که بعضی دیگر گزینه‌های مطلوب به شمار می‌آیند که جهت افزایش و بهبود میزان جداسازی و یا از نظر بهبود صرفه اقتصادی استفاده می‌شوند. انتخاب‌پذیری، قابلیت بازیابی و بالا بودن اختلاف چگالی حلال با محصول پالایش شده از مهم‌ترین نکات است [۶].

●/انتخاب پذیری. مهم‌ترین فاکتور موثر برای داشتن کمترین مرحله جداسازی انتخاب پذیری حلال است. خلوص فازهای استخراج شده^۱ و بازیابی شده^۲ با استفاده از حلال مناسب افزایش می‌یابد. اگر خوراک ما چند جزئی باشد و بعضی از اجزاء نیاز به استخراج داشته باشند، حلال انتخاب پذیر گروهی مورد نیاز است.

●ظرفیت. بالا بودن مقدار نسبت توزیع نشان دهنده بالا بودن ظرفیت حلال برای ماده حل شده است و به همین ترتیب باعث کم شدن نسبت حلال/خوراک می‌شود. از آن جایی که این پارامتر تابع دما می‌باشد، ایجاد گرادیان دما حول دستگاه استخراج کننده می‌تواند باعث افزایش ظرفیت حلال شود (افزایش دمای بیشتر باعث افزایش ظرفیت شده در عین حال انتخاب پذیری را کاهش می‌دهد). به همین ترتیب اضافه کردن ترکیباتی دیگر-مثل ضد حلال- می‌تواند توزیع مواد را افزایش دهد. در حالت کلی باید بین انتخاب پذیری و ظرفیت حلال یک تعادل باشد. استفاده از استخراج کننده هم می‌تواند باعث بهبود خلوص محصولات شود.

^۱ Extracted

^۲ Raffinate

پارامتر اساسی و تاثیر گذار بر ظرفیت حلال، مقدار pH حلال است که در فرآیندهای استخراج مورد توجه است. در جداسازی‌های دشوار، ایجاد گرادیان pH درون برج در بخش غنی ساز(بالای برج)، باعث بهینه کردن شرایط ریفلاکس در برج می شود.

● **قابلیت بازیابی حلال.** بازیابی حلال باید به آسانی ممکن باشد. در سیستم های استخراج فیزیکی این کار با یک فرآیند تقطیر ساده انجام می‌شود و یا پس از برج همزن دار یک برج تقطیر برای بازیابی حلال می‌گذارند. در سیستم های استخراج واکنش دار، می‌توان با تغییر pH و یا تغییر در قدرت یونی، کمپلکس های تشکیل شده را اصلاح کرد و به این ترتیب حلال را احیا کرد.

● **چگالی.** اختلاف چگالی باید به اندازه مناسب بالا باشد (مثلاً 150 kg m^{-3}) تا فاز مایع راحت تر ته‌نشین شود. زیاد بودن اختلاف دانسیته باعث بالا رفتن ظرفیت دستگاه می‌شود. سیستم های با اختلاف دانسیته پایین، به استخراج کننده های سانتریفیوژی با هزینه بالا نیاز دارند.

● **ویسکوزیته و نقطه ذوب.** ویسکوزیته بالا باعث کاهش میزان انتقال جرم شده و منجر به مشکلاتی در پمپاژ مواد و باعث کاهش پراکندگی فازها می‌شود. ویسکوزیته پایین سبب بهبود ته نشینی و افزایش ظرفیت می‌شود. (فاز با ویسکوزیته بالا معمولاً فاز پراکنده است) دمای ستون استخراج را معمولاً با ویسکوزیته حلال محاسبه می‌کنند. نقطه انجماد حلال باید پایین تر از محیط باشد تا راحت تر بررسی شود.

● **نامحلول بودن حلال.** حلالیت متقابل ماده حل نشده و حلال باید پایین باشد. وگرنه باید یک مرحله جداسازی اضافی برای بازیابی حلال از فاز استخراج شده به کار گیریم.

● **کشش سطحی.** بالا بودن میزان کشش سطحی باعث سریع تر شدن ته نشینی به منظور به هم پیوستگی بهتر فازها می شود. پایین بودن کشش سطحی به فاز پراکنده کمک می‌کند؛ بالا بودن مساحت سطح مشترک باعث افزایش راندمان جداسازی می‌شود، اما ممکن است جهت جدایش فاز

ها به حجم بالایی از سیستم نیاز باشد. کشش سطحی به شدت پایین منجر به تشکیل امولسیون می‌شود.

● *کدام فاز پراکنده است.* ورودی ستون استخراج نباید با فاز پراکنده مرطوب شود چون ظرفیت ستون استخراج را کاهش می‌دهد. اغلب انتقال جرم مواد از فاز پیوسته به فاز پراکنده به پیوستگی قطرات کمک می‌کند و قطرات بزرگتر باعث کاهش راندمان انتقال جرم می‌شوند.

● *قابلیت اشتعال و سمی بودن.* در فرآیند های صنایع غذایی فقط غیر سمی بودن حلال مورد استفاده مدنظر است. در کل برای هر خطری که از جانب حلال است به تجهیزات تقابل با آن خطر نیاز است. مثلاً رقیق کننده‌های چربی دار یک نمونه از این مواد هستند.

● *خورندگی، پایداری شیمیایی و دمایی، در دسترس بودن و هزینه و اثرات زیست محیطی از دیگر پارامترهای جانبی مورد نیاز حلال هستند.*

شرایط مورد نیاز فرآیند استخراج با حلال شبیه به استخراج فیزیکی است. ویسکوزیته باید کمتر از 2mPa s^{-1} ، حدود نقطه جوش بین ۴۲۰ تا ۵۲۰ کلوین، و دانسیته بین 750 تا 900 kg m^{-3} باشد. نقطه فلش باید حداقل ۲۵ کلوین بالاتر از دمای عملیاتی باشد و حداکثر ۳۳۰ کلوین باشد. رقیق کننده آروماتیکی با جرم مولکولی برابر با نوع آلیفاتیک آن قطبیت و حلالیت بیشتری در آب دارند. گران تر بودن و سمی تر بودن رقیق کننده آروماتیکی باعث شده تا استفاده از رقیق کننده آلیفاتیکی در صنعت بیشتر باشد. اثرات مخرب رقیق کننده معمولاً در مقایسه با تبادله‌گر یون قابل صرف نظر است. بعلاوه، اثر مخرب تبادله‌گر یونی می‌تواند شیمیایی، دمایی، و یا اثرات شیمیایی-تشنه‌شی باشد و می‌تواند در واکنش برگشت ناپذیر با جزء استخراج شده آلوده شود. "Crud" پارامتری است که میزان آلودگی فازهای شامل مواد معدنی یا جامدات بیولوژیکی که می‌توانند در سطح مشترک فازها، در محیط‌های استخراج با حلال تولید شوند را بیان کند. مواد کلوئیدی و