۲۷۴۹۷

۱۲۷۸ /۱۷ ۹

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
تهیه مدارک

دانشگاه علوم و فنون مازندران

موضوع پایان نامه

تأثیر توزیع اندازه قطرات بر عملکرد برجهای استخراج مایع – مایع (PSE)

برای دریافت درجهٔ کارشناسی ارشد

استاد راهنما:

دکتر داریوش باستانی

14975

نگارنده :

محمدرضا رحمانی

سال ۱۳۷۷

۲۷۴۹۷

تقدیم به پدرم که از ابتدا تا پایان در طی این مسیر مرا دستگیر و رهنما بود.

و

تقدیم به مادر عزیز و مهربانم که فداکاری و ایثارش همواره مرا توشه راه بود.

سپاسگذاری از:

استاد گرانقدر جناب دکتر داریوش باستانی که با زحمات

بی‌دریغشان مرا در تهیه این پایان‌نامه یاری دادند

چکیده

موضوع این پایان نامه تأثیر توزیع اندازه قطرات بر عملکرد برجهای استخراج مایع - مایع (PSE) می‌باشد.
در این پروژه از داده‌های آزمایشگاهی که در یک برج (PSE) به قطر ۲۱/۹ cm با استفاده از دو سیستم تولوئن /استن / آب (کشش سطحی زیاد) و بوتانل / سوکسینیک اسید / آب (کشش سطحی کم) بدست آمده، استفاده می‌شود.
فرضیات زیر در مدلهای به کار گرفته شده مورد استفاده قرار گرفته‌اند:
- غلظت ماده منتقل شونده کم می‌باشد،
- خواص فیزیکی ثابت می‌باشند،
- توزیع اندازه قطرات در طول برج ثابت است،
- جهت انتقال ماده منتقل شونده از فاز پیوسته به فاز پراکنده است.
همچنین مدلهای زیر در انجام محاسبات به کارگرفته شده‌اند:
- انتقال جرم در فاز پیوسته توسط مدل اختلاط محوری و در فاز پراکنده توسط مدل Forward Mixing در نظر گرفته می‌شود،
- برای محاسبه سرعت لغزشی و ضریب محدودیت از مدل Barnea-Mizrahi استفاده می‌استفاده می‌شود،
- توزیع اندازه قطرات از تابع توزیع Mugele-Evans بدست می‌آید،
- ضرایب انتقال جرم داخل قطرات را مدل Handlos-Baron (Turbulent Circulating Drop) بیان می‌نماید.
در تمام آزمایشات از تولوئن و بوتانل بعنوان فاز پراکنده و آب بعنوان فاز پیوسته و استن و سوکسینیک اسید بعنوان ماده منتقل شونده استفاده شده است.
برای تأثیر توزیع اندازه قطرات بر عملکرد برج نتایج در دوحالت زیر بررسی و مقایسه می‌شوند:
حالت اول شامل نتایجی است که در آنها توزیع اندازه قطرات یکنواخت فرض شود (قطرات با قطر d_{32} در برج توزیع شوند).
حالت دوم شامل نتایجی است که در آنها اندازه توزیع اندازه قطرات با تابع توزیع Mugele-Evans بیان شده باشد.
نهایتاً نتایج بدست آمده برای دو حالت با یکدیگر مقایسه می‌شوند و تأثیر توزیع اندازه قطرات بر عملکرد برج بررسی می‌شود.

ABSTRACT

Tittle of thesis:

The effect of drops size distribution on the performance of the liquid-liquid extraction columns(PSE).

This project uses the experimental datas which are obtained from a columns (PSE) 21.9 diameter with using two systems; Toluene/ Acetone/water (high interfacial tension) and Botanol/ succenic Acid/water (low interfacial tension).

The following assumptions are used in the employed models.

- The concetration of solute is low.
- The physical properties are constant.
- The drops size distribution in column is constant.
- The direct of solute transfer is from continuous phase to disperse phase.

Also the following models are employed in the calculations:

- Mass transfer is assummed in the continuous phase by axial mixing model and in the dispers phase by the forward mixing model.
- Barnea- Mizrahi model is used for calculating the slip velocity and constriction factor.
- Drops size distribution is calculated from the function of Mugele- Evans.

Drops side mass transfer coefficients is expressed by the Handlos- Baron (Turbulent circulat drop).

All of the runs used the Toluene and Botanol as a disperse phase, water as a continuous phase and Acetone and succinic Acid as Transfer solute.

For the studying of the effect of drops size distribution on the performance of columns, the resul are compared and studied in the two following cases:

The first case consist of the results which within them drops size distribution is assumme uniform (drops are distributed with d_{32} diameter).

Second case consist of the results which within them drops size distribution is expressed with th fanction of Mugele-Evans.

At last the results obtained in two cases are compared and the effect of drops size distribution the column performance is studied.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول مقدمه ۱

فصل دوم مطالعه و بررسی مقالات ۴
۲.۱ مقدمه ۴
- ناحیهٔ مخلوط کننده - ته نشین کننده ۴
- ناحیهٔ توزیع ۵
- ناحیهٔ ناپایدار ۵
۲.۲ تحقیقات و مطالعات هیدرودینامیکی ۷
۲.۲.۱ سرعتهای طغیان ۷
۲.۲.۲ انباشتگی فاز پراکنده ۸
۲.۲.۳ اندازه قطره ۱۰
۲.۳ انتقال جرم ۱۳
- اختلاط محوری ۱۳
- اختلاط محوری در فاز پیوسته ۱۴
- Forward mixing در فاز پراکنده ۱۴
۲.۳.۱ ضرایب اختلاط محوری ۱۵
۲.۳.۲ ضرایب انتقال جرم ۱۸

فصل سوم تئوری ۲۰
۳.۱ هیدرودینامیک ۲۱
۳.۱.۱ توزیع اندازه قطرات ۲۱
۳.۱.۲ توزیع سرعت قطرات ۲۳
۳.۲ انتقال جرم ۲۸
۳.۲.۱ حل معادلات برج ۳۰
۳.۲.۲ بازده استخراج و تعداد واحدهای انتقال ۳۰
۳.۲.۳ ضرایب انتقال جرم قطرات ۳۱

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل چهارم بررسی و تحلیل اطلاعات ۳۶
۴.۱ مقدمه ۳۶
۴.۲ تأثیر توزیع اندازه قطرات بر عملکرد برج ۴۳
۴.۳ پیشنهاد برای پروژه‌های آینده ۵۰

مراجع ۵۴
فهرست اصطلاحات ۵۵
ضمیمهٔ A ۵۹

فصل اول

مقدمه

استخراج مایع که به آن استخراج با حلال هم گفته می‌شود، فرآیندی است که در آن اجـزای یک محلول مایع به وسیله تماس با یک مایع نامحلول دیگر جدا می‌شود. اگر موادی که جزئی از محلول اولیه هستند به مقدار متفاوتی در دو فاز مایع توزیع شوند، جداسازی نسبی حاصل می‌شود، که این حالت را می‌توان با چند مجاورسازی، جذب گازی و یا تقطیر بهبود بخشید.

فرآیندهای اسـتخراج مـایع را مـی‌توان در دسـتگاههای مـرحـله‌ای و یـا دسـتگاههای تـماس دیفرانسیلی انجام داد. عمل استخراج در دستگاههای مرحله‌ای، براساس ماهیت سیستم و مـیزان جداسازی مورد نظر به شکل‌های مختلفی انجام می‌شود. هر مرحله یک مرحله تئوری یـا تـعادلی است، به طوریکه فازهای استخراج شده و پس‌ماند با هم در حال تعادل هستند. هر مرحله باید دارای تجهیزاتی باشد که قابلیت تماس و جداسازی دو فاز نامحلول را فراهم نماید. پس تـرکیبی از یک مخلوط‌کن و یک رسوب‌کننده یک مرحله را تشکیل می‌دهد و در عملیات چند مرحله‌ای، این وسایل باید به شکلی که مورد نظر است کنار هم قرار داده شوند. در استخراج کننده‌های دیفرانسیلی جریان ناهمسو براثر اختلاف دانسیته مایعات به وجود می‌آید، و اگر نیروی محرکه جـاذبه بـاشد، شکـل دستگاه استخراج کننده عمودی است و مایع سبک از پایین وارد شده، مـایع سـنگین از بـالا وارد می‌شود. در صورت نیاز می‌توان با چرخاندن استخراج‌کننده نیروی سانتریفیوژ زیادی به وجود آورد که در این حالت جریانهای شعاعی مطرح خواهد بود. در طراحی و بهبود استخراج کـننده‌های بـا جریان ناهمسو خصوصیات متفاوتی وجود دارد. در این دستگاهها معمولاً یکی از مایعات را باید

پمپ نمود. شدت جریان ماکزیمم مایع دیگر بستگی به اختلاف دانسیته مایعات دارد. در صورتیکه این سرعت افزایش پیدا کند، استخراج کننده یکی از مایعات را پس می‌زند و به این حالت طغیان گفته می‌شود. برای یک شدت جریان حجمی معین، سطح مقطع استخراج کننده باید به حدی باشد که به سرعت طغیان نرسد. هر چه سطح مقطع بزرگتر باشد، برای ایجاد طغیان جریان بیشتری باید وارد کرد. شکل ساختمان داخلی، پرکن‌ها و بهم‌زن‌های مکانیکی ممکن است موجب کاهش سرعتی شوند که طغیان در آن رخ می‌دهد. استخراج کننده‌های دیفرانسیلی تحت تاثیر پدیده اختلاط محوری قرار می‌گیرند، این پدیده سرعت استخراج را کاهش می‌دهد. زیرا اختلاف غلظت بین فازها که نیروی محرکه در انتقال جرم است را کاهش می‌دهد.

برجهای استخراج ضربه‌ای با صفحه مشبک از نوع تماس‌دهنده‌های دیفرانسیلی می‌باشند که بوسیله Van Dijck معرفی شدند. دو نوع مختلف از برجهای ضربه‌ای با صفحهٔ مشبک معرفی شده‌اند: برج با صفحه متحرک (RPC) و استخراج‌کننده ضربه‌ای با صفحه مشبک (PSE). در برج (RPC)، صفحات سوراخ‌دار به یک محور مرکزی که از یک مجموعه صفحات تشکیل شده متصل می‌باشند که بوسیله یک میل‌لنگ چرخان که به بالای برج متصل شده است بطور متناوب بسمت بالا و پایین حرکت می‌کند. در برجهای (PSE) مجموعه صفحات سوراخ‌دار بطور محکم در درون برج نصب شده و مایع درون برج بوسیله یک پخش‌کننده خارجی نوسان پیدا می‌کند.

استخراج کننده مایع - مایع ضربه‌ای با صفحه سوراخ‌دار (PSE) اولین بار در سال ۱۹۴۰ در استخراج حلال مواد رادیواکتیو بکار برده شد. تحقیقات نشان داد که این نوع استخراج کننده‌ها با، بازده جداسازی بالا و غیرحساس بودن به آلودگی سطح جدایی دارای ویژگیهای مناسبی می‌باشند. این خواص مطلوب و طراحی ساده برج کاربرد گسترده این نوع تجهیزات استخراج را در صنعت نتیجه می‌دهد.

با وجود سالها مطالعه، مشکلات زیادی در طراحی وجود دارد که ناشی از نبودن اطلاعات کافی از اثرات اختلاط محوری فاز پیوسته و توزیع قطرات بر عملکرد برج می‌باشد. عدم موفقیت بعضی از تحقیقات و مدلها ناشی از دلایل زیر می‌باشد:

۱) ناچیز گرفتن تأثیر توزیع اندازه قطرات.

۲) اندازه‌گیری پارامترهای انتقال جرم در غیاب شرایط انتقال جرم واقعی صورت گرفته است.

هیدرودینامیک و مکانیزم انتقال جرم در طراحی برجهای استخراج لازم می‌باشند. یکی از فاکتورهای اصلی موثر در عملکرد برج، اختلاط محوری است، که غلظت نیروی رانشی و بنابراین سرعت انتقال جرم را کاهش می‌دهد. فاکتور مهم دوم توزیع قطرات با اندازه‌های مختلف است.

مدلی که اخیراً بدست آمده، مدل (Forward Mixing) می‌باشد، که انتقال جرم در فاز پراکنده را بررسی می‌کند. در مدل مورد نظر توزیع اندازه قطرات، برای محاسبهٔ پارامترهای هیدرودینامیکی و انتقال جرم در نظر گرفته می‌شود.

موضوع این تحقیق (الف) برای بدست آوردن یک مجموعه کامل از مقادیر پارامترها، برای مدل Forward Mixing از دو سیستم شیمیایی با کشش سطحی بالا و پایین در یک برج (PSE) با قطر ۲۱/۹cm و (ب) برای بررسی تأثیر توزیع اندازه قطرات بر عملکرد برج می‌باشد.

فصل دوم

مطالعه و بررسی مقالات

۲.۱ مقدمه

برج (PSE)، که اولین بار توسط Van Dijck معرفی شد، در ابتدا برای جداسازی اورانیوم توسط Groot مورد استفاده قرار گرفت. ارتفاع این برج نسبت به برجهای آکندهٔ مرسوم کمتر از نصف بود. در چنین برجی، حرکت نوسانی بسمت بالا و پایین بوسیلهٔ یک مکانیزم بیرونی بطور هیدرولیکی به برج منتقل می‌شود.

عملکرد برج به ناحیه‌ای که عملیات در آن انجام می‌شود مربوط می‌باشد. سه نوع رفتار از فاز پراکنده، که توسط Sege & Woodfield مشاهده شده در شکل ۲.۱ نشان داده شده است.

ناحیهٔ مخلوط کننده - ته‌نشین کننده Mixer - Settler Region

در سرعتهای نوسان کم در صفحات مشبک با سوراخهای کوچک و سیستمهای مایع - مایع با کشش سطحی زیاد، جریان فازپراکنده بیشتر توسط مقاومت صفحات مشبک تعیین می‌شود. در این حالت قطرات بزرگ در صفحات مشبک بهنگام حرکت ضربان بسمت بالا بوجود می‌آیند و بخاطر سرعت صعود زیاد، قطرات قبل از تمام شدن سیکل نوسان به صفحهٔ بعدی می‌رسند.

همانطور که فاز پیوسته از میان سوراخها بسمت پایین عبور می‌کند، فاز پراکنده عقب می‌افتد و قطرات بزرگتر با هم ترکیب می‌شوند یا یک لایهٔ پیوسته از فاز سبک در زیر صفحات ایجاد می‌شود.

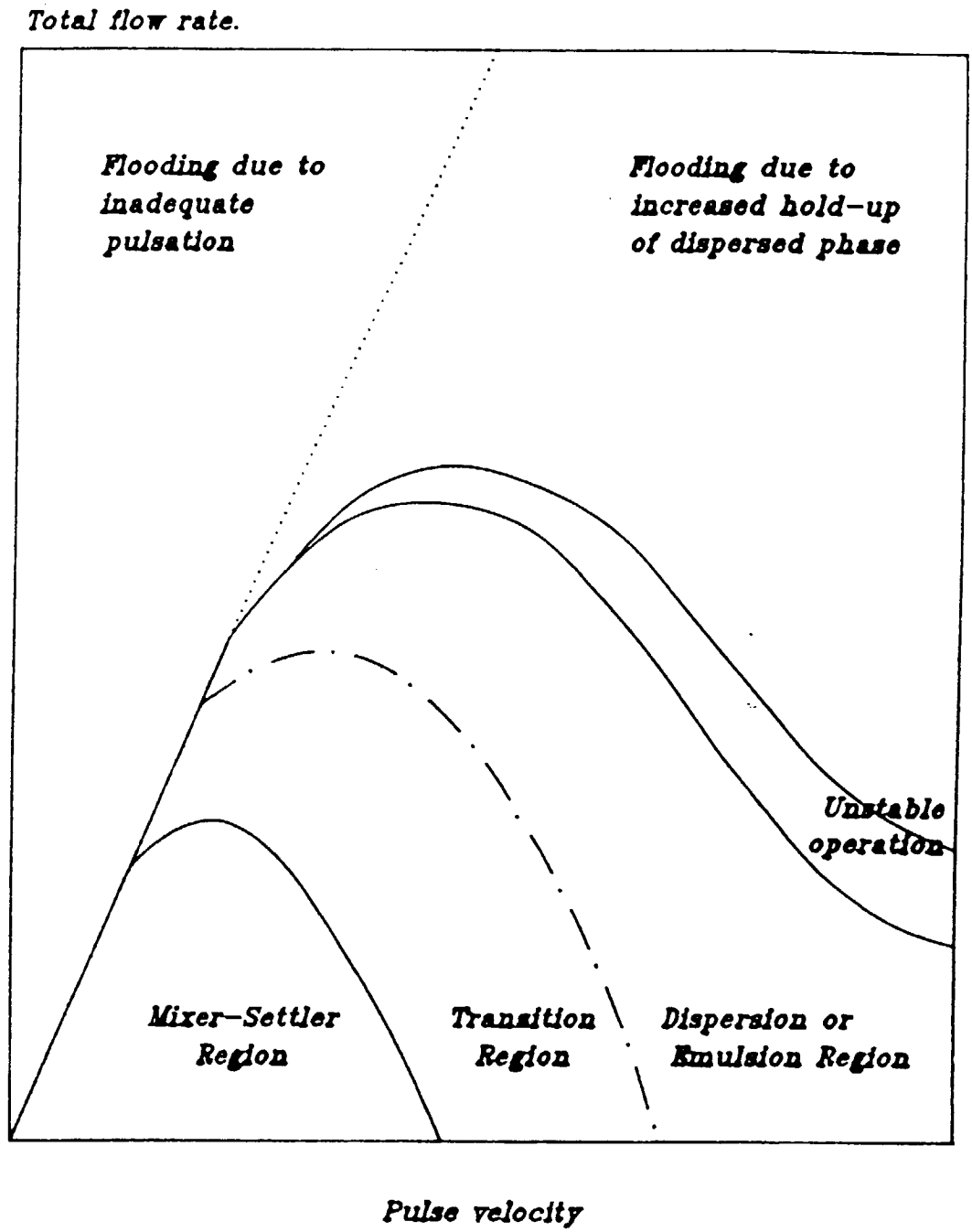
بخاطر نوع توزیع قطرات، این ناحیه عملیاتی ناحیهٔ mixer - Settler نامیده می‌شود. اگر مقدار جریان ورودی زیاد شود، ضخامت لایه‌های زیرین صفحات مشبک افزایش می‌یابد، که نهایتاً باعث طغیان در برج می‌شود. نمودار طغیان در سرعتهای نوسان کم، که در شکل (۲.۱) نشان داده شده، تنها برای صفحات مشبک با سوراخهای کوچک و سیستمهای مایع - مایع با کشش بین سطوح زیاد معتبر می‌باشد. برای سیستمهای مایع - مایع با کشش بین سطوح کم یا برای صفحات مشبک با سوراخهای بزرگتر نمودار طغیان بسمت چپ و قطع کردن محور مختصات در بالای خط صفر تغییر مکان می‌دهد. در ناحیهٔ mixer- Settler عملیات برج بمقدار زیادی پایدار می‌باشد ولی بطور نسبی بدون بازده است.

ناحیهٔ توزیع Dispersion or Emulsion Region

این نوع عملیات که در سرعتهای نوسان بالا اتفاق می‌افتد، با اندازه‌های کوچک قطره و توزیع یکنواخت فاز پراکنده، مشخص می‌شود. با افزایش سرعت نوسان اندازه قطره و در نتیجه سرعت قطره کاهش پیدا می‌کند. همانطور که زمان سیکل نوسان کاهش پیدا می‌کند، زمان کافی برای ترکیب قطرات در زیر صفحات مشبک وجود ندارد. بنابراین توزیع فاز پراکنده بین صفحات یکنواخت‌تر می‌شود و قطرات بسمت بالای برج صعود می‌کنند. در این ناحیه تأخیر زیادی از قطرات در زیر صفحات مشبک وجود ندارد. تماس کامل بین فازها بیشترین بازده عملیاتی را برای انتقال جرم بوجود می‌آورد.

ناحیهٔ ناپایدار Unstable Region

این نوع عملیات، که در سرعتهای نوسان خیلی زیاد اتفاق می‌افتد، با ترکیب شدن قطرات کوچک و غلیظ فاز پراکنده و بازگشت متناوب فاز پیوسته در قسمتهای کوتاه برج (طغیان موضعی) مشخص می‌شود. بازده برج در این ناحیه معمولاً کمتر از ناحیهٔ Dispersion می‌باشد و بطور وسیعی تغییر می‌کند.



شکل ۲.۱: نواحی عملیاتی در برجهای (PSE)

همانطوریکه میزان بازده با افزایش سرعت نوسان افزایش می‌یابد، سرانجام طغیان کامل اتفاق می‌افتد که ناشی از ماندگی زیاد یک فاز در دیگری می‌باشد.

۲.۲ تحقیقات ومطالعات هیدرودینامیکی

معادلهٔ متداول هیدرودینامیکی برای جریان متقابل مایع - مایع، در ابتدا برای برجهای آکنده توسط Gayler, Roberts & Pratt استفاده شد، اما بعد از آن برای بیشتر برجهامورد استفاده قرار گرفت که بصورت زیر می‌باشد:

$$\frac{V_D}{\phi} + \frac{V_C}{1-\phi} = V_S = V_K (1-\phi) \qquad (۲.۱)$$

این معادله رابطه بین سرعتهای ظاهری فاز، V_C . V_D، انباشتگی کلی فاز پراکنده، ϕ و سرعت لغزشی، V_S را در صورتیکه بهم پیوستن قطرات مطرح نباشد، بیان می‌کند. برای حالت قطرهٔ تنها که از فاز پیوسته ساکن عبور می‌کند، V_S مساوی سرعت حد قطره تنها، V_t، خواهد شد.

برای شرایط واقعی برج، Logsdail, Thornton & Pratt سرعت لغزشی که تابعی از انباشتگی و سرعت ویژه، V_k، می‌باشد را تعریف کردند. سرعت ویژه عبارت است از سرعتی نسبی دوفاز هنگامیکه $V_C = 0$ و $V_D \to 0$ باشد.

۲.۲.۱ سرعتهای طغیان

سرعت طغیان به ناحیهٔ عملیاتی، یعنی Mixer - Settler یا Dispersion مربوط می‌شود. در حقیقت سرعت طغیان با افزایش سرعت نوسان در ناحیهٔ mixer - settler افزایش می‌یابد، تا یک مقدار حداکثر، سپس با افزایش بیشتر در سرعت نوسان در ناحیهٔ Dispersion کاهش می‌یابد، که ناشی از کاهش اندازه قطره می‌باشد. Thornton و همکارانش معادله (۲.۱) رابرای تعیین انباشتگی طغیان، ϕ_fو سرعتهای طغیان V_{CF} ، V_{DF} حل کردند. آن‌ها مشاهده کردند که ϕ_f تابعی از جریان دوفاز، خواص فیزیکی سیستم و شکل هندسی برج می‌باشد.

Thornton & Logsdail & Thornton اطلاعات نقطه طغیان را برای چند سیستم حلال