

تأثیر متغیرهای عملیاتی (شدت جریان فازها و شدت ضربان) و انتقال جرم بر ماندگی فاز پراکنده در برج های استخراج ضربانی با سینی های غربالی

سپهر صدیقی، داریوش باستانی

دانشگاه صنعتی شریف - دانشکده مهندسی شیمی و نفت

Sadighi_sepehr@yahoo.com

چکیده:

یکی از پارامترهای مهم در طراحی برج های ضربانی، ماندگی فاز پراکنده (hold up) است. چون از آن برای تعیین سطح ویژه انتقال جرم و ویژه انتقال جرم نیز برای محاسبه ارتفاع واحدهای انتقال، تعداد سینی ها و در نتیجه طول برج استفاده می شود. در این تحقیق که بر روی برج استخراج ضربانی به قطر ۱۵ سانتیمتر و طول ۷/۵ متر نصب شده در آزمایشگاه عملیات واحد دانشگاه صنعتی شریف، انجام گرفته است در ابتدا تأثیر متغیرهای عملیاتی شدت جریان ورودی فازهای سبک و سنگین و شدت ضربان (حاصل ضرب دامنه ضربان در فرکانس ضربان) را بر روی ماندگی فاز پراکنده مورد مطالعه قرار داده و سپس با بررسی جهت انتقال جرم (از فاز پیوسته به پراکنده یا از پراکنده به پیوسته) مکانیسمی برای توجیه نتایج بدست آمده ارائه می شود.

واژه های کلیدی: برج های استخراج ضربانی؛ موجودی فاز پراکنده؛ پدیده Marangoni

مقدمه:

برج های استخراج ضربانی، اولین بار توسط Van Dijk در سال ۱۹۳۵ معرفی شدند. این برج ها به دو دسته تقسیم می شوند:

۱- برج های سینی دار رفت و برگشتی (RPC) (شکل ۱)

۲- برج های ضربانی با سینی های غربالی (PSE) (شکل ۲)

در یک برج سینی دار رفت و برگشتی، سینی های غربالی به یک میله مرکزی متصل هستند و مجموعه ای از سینی ها را تشکیل می دهند که بطور متناوب بوسیله یک میل لنگ متحرک در بالای برج، بالا و پایین می روند. در یک استخراج کننده PSE، سینی های غربالی به صورت بی حرکت در برج نصب شده و مایع موجود در برج بوسیله یک ضربان دهنده در انتهای برج ضربان پیدا می کند. استخراج کننده های PSE در سال ۱۹۴۰ برای حلالهای استخراج کننده رادیو اکتیو بکار گرفته شد. این نوع استخراج کننده ها، ضمن ورودی بالا، بازده جداسازی زیاد و غیر حساس بودن به آلودگی در فصل مشترک، توانایی کنترل ساده از راه دور

دارند. این خواص مطلوب و طراحی آسان برج باعث استفاده وسیع از آنها در صنعت شده است. با اینحال استخراج کننده های PSE را نباید برای مایعات چسبنده، روغنی و سیستمهای مایع-مایعی که براحتی به صورت امولسیون در می آیند استفاده کرد. همانطور که در شکل (۲) نشان داده شده این نوع استخراج کننده از ۳ قسمت تشکیل شده است:

۱- ناحیه ته نشین کننده بالایی

۲- ناحیه فعال ستون

۳- ناحیه ته نشین کننده پایینی

رابطه میان سطح ویژه انتقال جرم در برج، ماندگی فاز پراکنده و قطر میانگین قطرات ($d_{۳۲}$) به صورت زیر تعریف می شود:

$$a = \frac{6\phi}{d_{۳۲}}$$

a = سطح ویژه بین فازی (m^2/m^3)

$d_{۳۲}$ = قطر ساتریا متوسط قطرات (m)

ϕ = ماندگی فاز پراکنده

از a برای تخمین سطح انتقال جرم بین دو فاز پراکنده و پیوسته استفاده می شود که در طراحی استخراج کننده ها برای تعیین واحد های انتقال و ارتفاع یک واحد انتقال به کار گرفته می شود.

۱- روش اندازه گیری ماندگی فاز پراکنده از طریق بستن تمام ورودی ها و خروجی های ستون به طور همزمان:

در این روش فصل مشترک دو فاز پراکنده و پیوسته را روی ستون علامت گذاری نموده و مقدار ارتفاع فصل مشترک تا خروجی محصول سبک اندازه گیری می شود تا مقدار حجم فاز سبک موجود در بالای برج در هنگام کار (V_1)، بدست آید. سپس بطور همزمان ورودی ها و خروجی ها را قطع نموده و فرکانس ضربان را در محدوده پایین نگهداشته تا فاز پراکنده موجود در لابه لای سینی هادرطول ستون خارج شود. حال با اندازه گیری ارتفاع فاز سبک، حجم آنرا (V_2) بدست می آوریم. ماندگی از رابطه زیر بدست می آید:

$$\phi = \frac{V_2 - V_1}{V} \quad (۱)$$

در رابطه فوق V حجم قسمت فعال برج است.

۲- اندازه گیری ماندگی در برج PSE به قطر ۱۵ سانتیمتر:

۲-۱ بررسی ماندگی فاز پراکنده، بدون انتقال جرم:

برای این بررسی، آب فاز پیوسته و تولوئن فاز پراکنده می باشد. در این بررسی جزء انتقال یابنده وجود نداشته و انتقال جرمی وجود ندارد. آزمایشها در این بخش به ۳ صورت انجام می گیرد:

الف- بررسی تاثیر سرعت حجمی فاز پیوسته بر روی ماندگی فاز پراکنده، هنگامیکه سرعت حجمی فاز پراکنده و شدت ضربان ثابت می باشند.

ب- بررسی تاثیر سرعت حجمی فاز پراکنده بر روی ماندگی فاز پراکنده، هنگامیکه سرعت حجمی فاز پیوسته و شدت ضربان ثابت می باشند.

ج- بررسی تاثیر شدت ضربان بر روی ماندگی فاز پراکنده، هنگامیکه سرعت حجمی فاز پیوسته و پراکنده ثابت می باشند.
در این بررسی ها، ابتدا برج از فاز پیوسته (آب) پر شده، ضربان دهنده در شدت ضربان مورد نظر تنظیم شده و سپس با قرار دادن پمپهای انتقال فاز پیوسته و پراکنده در مقادیر مورد نظر، فاز پراکنده (تولون) از پایین و فاز پیوسته (آب) از بالا وارد برج می شوند. فاز پراکنده بدون هیچگونه انتقال جرمی از بالای برج خارج می گردد. زمانیکه شدت جریان خروجی فازهای پیوسته و پراکنده به حالت پایدار رسیدند، ماندگی برج از روشی که در قسمت ۱ توضیح داده شد، اندازه گیری می شود. مشخصات قسمت فعال برج در جدول (۱) ارائه شده است.

برای اندازه گیری ماندگی، بعد از رسیدن عملکرد برج به شرایط پایدار (رسیدن به کارکرد پایدار را می توان با اندازه گیری دبی جریان های خروجی و ثابت شدن آنها در طول زمان تشخیص داد)، ارتفاع تولون در قسمت بالای برج که قطر مقطع آن ۲۰ سانتیمتر است، اندازه گیری شده (در نتیجه V_1 قابل محاسبه است)، سپس ورودی و خروجی های برج بسته می شوند. ضربان با شدت کم ادامه خواهد یافت تا تمامی تولون در قسمت فعال برج در بالا جمع شود. سپس با تخلیه برج از پایین، تولون را به قسمت فعال برج که ۱۵ سانتیمتر قطر دارد، می آوریم. حال ارتفاع تولون در این قسمت را اندازه گیری می کنیم (در نتیجه V_2 نیز محاسبه می شود). حال با استفاده از رابطه ۱، می توان ماندگی برج را محاسبه نمود. در ادامه به بررسی و نتیجه گیری از اطلاعات بدست آمده خواهیم پرداخت.

الف- بررسی تاثیر سرعت حجمی فاز پیوسته بر روی ماندگی فاز پراکنده، هنگامیکه سرعت حجمی فاز پراکنده و شدت ضربان ثابت می باشد:

نتایج حال از آزمایش در جدول (۲) و نمودار (۱) ارائه شده است.

نتیجه:

مشاهده می شود، افزایش سرعت حجمی فاز پیوسته در شرایطی که شدت ضربان و سرعت حجمی فاز پراکنده ثابت می باشد، باعث افزایش ماندگی خواهد شد. این امر بدین علت است که نیروی درآنگ اعمال شده توسط فاز پیوسته بر قطرات افزایش یافته و حرکت آنها را کند می کند و در نتیجه ماندگی افزایش می یابد. به عبارت دیگر فاز پیوسته سرعت صعود قطرات فاز پراکنده را کاهش می دهد. دلیل این پدیده، وارد نمودن تنش برشی بر قطرات، توسط فاز پیوسته است که حتی می تواند باعث شکستن قطرات شده، در نتیجه قطراتی با قطر کمتری بوجود می آید که کاهش سرعت صعود قطرات در طول برج را به همراه خواهد داشت.

ب- بررسی تاثیر سرعت حجمی فاز پراکنده بر روی ماندگی فاز پراکنده، هنگامیکه سرعت حجمی فاز پیوسته و شدت ضربان ثابت می باشد:

نتایج حاصل از آزمایش در جدول (۳) و نمودار (۲) ارائه شده است.

نتیجه:

مشاهده می شود، افزایش سرعت حجمی فاز پراکنده در شرایطی که شدت ضربان و سرعت حجمی فاز پیوسته ثابت می باشد، باعث افزایش ماندگی خواهد شد. این امر بدیهی است، دلیل آن اینست که انرژی ورودی (با توجه به ثابت بودن شدت ضربان)، بر واحد حجم

فاز پراکنده کاهش یافته در نتیجه قطر قطرات، در نتیجه سرعت صعود آنها کاهش خواهد یافت که این امر باعث افزایش ماندگی فاز پراکنده خواهد شد.

ج- بررسی تأثیر شدت ضربان بر روی ماندگی فاز پراکنده، هنگامیکه سرعت حجمی فاز پیوسته و پراکنده ثابت می باشند:

نتایج حاصل از آزمایش در جدول (۴) و نمودار (۳) ارائه شده است.

نتیجه:

مشاهده می شود، افزایش شدت ضربان در شرایطی که سرعت حجمی فاز پراکنده و سرعت حجمی فاز پیوسته ثابت باشد، باعث افزایش ماندگی خواهد شد. این بدین دلیل است که افزایش شدت ضربان، قطر قطرات را کاهش می دهد و در نتیجه سرعت صعود آنها در داخل برج کاهش یافته و افزایش ماندگی را به همراه دارد.

۲-۲ بررسی ماندگی فاز پراکنده، هنگامیکه جزء انتقال یابنده وجود دارد:

در این بررسی، استون بعنوان جزء منتقل شونده انتخاب می شود. آزمایش را به دو صورت انجام می شود:

الف- حالت اول در دو شدت ضربان، بدون انتقال جرم، ماندگی را در داخل برج بدست می آوریم. نتایج در جدول (۱-۵) ارائه شده اند.

ب- هنگامیکه انتقال جرم از فاز پیوسته به پراکنده باشد، فاز پیوسته محلول آب حاوی ۵ درصد وزنی استون بوده و تولوئن فاز پراکنده است. در ابتدای آزمایش، ستون را از فاز پیوسته پر نموده و ضربان دهنده در شدت مورد نظر تنظیم می شود. سپس فاز پراکنده از پایین و فاز پیوسته از بالای برج وارد می شوند. نتایج بدست آمده ماندگی را در شدت ضربانهای مختلف با نتایج حالت بدون انتقال جرم مقایسه می گردند. نتایج بدست آمده در جدول (۲-۵) مشاهده می گردد.

ج- هنگامیکه انتقال جرم از فاز پراکنده به پیوسته باشد، محلول تولوئن، حاوی ۵ درصد وزنی استون، فاز پراکنده بوده و آب فاز پیوسته است. در ابتدای آزمایش، ستون از فاز پیوسته پر شده و ضربان دهنده در شدت مورد نظر تنظیم می شود. سپس فاز پراکنده از پایین و فاز پیوسته از بالا وارد می شود. نتایج بدست آمده در جدول (۳-۵) مشاهده می گردد.

نتیجه:

با توجه به نتایج بدست آمده و مقایسه ماندگی با حالتی که انتقال جرم وجود ندارد (نمودار ۴) مشاهده می شود، هنگامیکه انتقال جرم از فاز پیوسته به پراکنده صورت می گیرد ($C \rightarrow D$)، در شرایط عملیاتی یکسان (شدت ضربان و جریان های حجمی فاز پیوسته و پراکنده)، ماندگی افزایش و بالعکس هنگامیکه انتقال جرم از فاز پراکنده به پیوسته صورت می گیرد ($D \rightarrow C$)، در همان شرایط عملیاتی، ماندگی فاز پراکنده کاهش یافته است.

مکانیسم تاثیر انتقال جرم بر روی موجودی فاز پراکنده:

اندازه قطرات پارامتر اساسی در تعیین ماندگی فاز پراکنده می باشد. زمانیکه انتقال جرم در داخل برج وجود دارد، توزیع غلظت حل شونده (با توجه به جهت انتقال جرم) در داخل برج وجود دارد که این توزیع غلظت، برکشش بین فازی (interfacial tension) دو فاز (شکل ۳) تاثیر خواهد گذاشت. در شکل (۳) مشاهده می شود، افزایش غلظت جزء حل شونده در فاز پیوسته (X_c) باعث کاهش کشش بین فازی می شود که همین امر، بر اندازه قطرات در داخل برج تاثیر می گذارد.

انتقال جرم با تغییر دو پارامتر زیر بر اندازه قطرات تاثیر می گذارد:

۱- شکست قطرات (breakage)

۲- بهم پیوستن قطرات (coalescence)

۱- بررسی اثر انتقال جرم بر روی شکستن قطرات:

این موضوع را در دو حالت بررسی می شود:

الف- هنگامیکه انتقال جرم از فاز پیوسته به پراکنده باشد ($C \rightarrow D$):

هنگامیکه انتقال جرم از فاز پیوسته به پراکنده باشد، بدین معنیست که غلظت جزء انتقال یابنده (X_c) در پایین قطره از بالای قطره کمتر است (شکل ۴).

با توجه به شکل (۴) مشاهده می شود کشش بین فازی در بالای قطره از پایین قطره کمتر بوده در نتیجه نیرویی در جهت بالا بر قطره اعمال می شود که چون جهت آن مخالف با چرخش داخلی قطرات است، این نیرو باعث ناپایداری و شکست قطره خواهد شد.

ب- هنگامیکه انتقال جرم از فاز پراکنده به پیوسته باشد ($D \rightarrow C$):

در این حالت، غلظت جزء انتقال یابنده در فاز پیوسته در پایین قطره، بیش از بالای قطره است. با توجه به شکل (۵) مشاهده می شود کشش بین فازی در بالای قطره بیش از پایین قطره بوده، در نتیجه نیرویی به سمت پایین بر قطره اعمال می شود که چون جهت آن موافق با چرخش داخلی قطرات است، قطره پایدارتر خواهد شد.

نتیجه:

هنگامیکه انتقال جرم از فاز پیوسته به پراکنده روی می دهد، قطرات ناپایدار شده و شکستن قطرات افزایش می یابد که این امر باعث کاهش در اندازه قطرات و در نتیجه افزایش ماندگی می شود. در حالیکه این اثر هنگامیکه انتقال جرم از فاز پراکنده به پیوسته صورت می گیرد برعکس بوده و انتقال جرم باعث پایداری قطرات خواهد شد.

۲- بررسی اثر انتقال جرم بر روی بهم پیوستن قطرات:

انتقال جرم روی بهم پیوستن قطرات بعلاوه وقوع پدیده Marangoni تاثیر می گذارد.

تعریف پدیده Marangoni:

این پدیده که اولین بار توسط دانشمند ایتالیایی به همین نام کشف شده است، جریان یافتن مایع در سیستم مایع-مایع از ناحیه ای با کشش بین فازی کم به ناحیه ای با کشش بین فازی زیاد می باشد. پدیده Marangoni بعلاوه گرادیان غلظت، ناشی از انتقال جرم در سیستمهای مایع-مایع می باشد.

این پدیده را بعنوان یک اصل پذیرفته و همانند حالت قبل، تاثیر انتقال جرم را بر بهم پیوستن قطرات در دو حالت بررسی می نماییم:

الف- هنگامیکه انتقال جرم از فاز پیوسته به پراکنده باشد (C→D):

در این حالت، همانطور که در شکل (۶) مشاهده می شود، بر اثر انتقال جرم از فاز پیوسته به فاز پراکنده، بین دو قطره ناحیه ای با غلظت کم بوجود می آید (x_{c1}) که این غلظت از غلظت در اطراف قطره (x_{c2}) کمتر است.

با توجه به شکل (۶) مشاهده می شود کشش بین فازی بین دو قطره از کشش بین فازی در اطراف قطره بیشتر بوده و همین امر موجب می شود که بر اثر پدیده Marangoni، مایع از اطراف به ناحیه بین قطرات جاری شود در نتیجه قطرات از هم فاصله گرفته و بهم پیوستن آنها کاهش یابد.

ب- هنگامیکه انتقال جرم از فاز پراکنده به پیوسته باشد (D→C):

در این حالت همانطوریکه در شکل (۷) مشاهده می گردد، بر اثر انتقال جرم از فاز پراکنده به پیوسته، بین دو قطره ناحیه ای با غلظت بالا بوجود می آید (x_{c1}) که غلظت آن از غلظت در اطراف قطره (x_{c2}) بیشتر است. با توجه به شکل (۷)، کشش بین فازی بین دو قطره از کشش بین فازی در اطراف قطره کمتر بوده و همین امر موجب می شود بر اثر پدیده Marangoni مایع از ناحیه بین قطرات به اطراف جاری شده و بر اثر تخلیه مایع (این پدیده را Drainage می نامند) و ایجاد خلا نسبی، قطرات بهم پیوندند و بهم پیوستن قطرات افزایش یابد. (شکل ۸)

نتیجه:

انتقال جرم از فاز پیوسته به پراکنده، موجب کاهش بهم پیوستن قطرات می شود، در نتیجه قطر قطرات افزایش نمی یابد اما وقتی انتقال جرم از فاز پراکنده به پیوسته باشد، بهم پیوستن قطرات تشدید شده و قطر قطرات افزایش می یابد که کاهش ماندگی را به همراه خواهد داشت.

نتایج کلی:

۱- افزایش سرعت حجمی فاز پیوسته در شرایطی که شدت ضربان و سرعت حجمی فاز پراکنده ثابت می باشد، باعث افزایش ماندگی خواهد شد.

۲- افزایش سرعت حجمی فاز پراکنده در شرایطی که شدت ضربان و سرعت حجمی فاز پیوسته ثابت می باشد، باعث افزایش ماندگی خواهد شد.

۳- افزایش شدت ضربان در شرایطی که سرعت حجمی فاز پراکنده و سرعت حجمی فاز پیوسته ثابت باشد، باعث افزایش ماندگی خواهد شد.

۴- هنگامیکه انتقال جرم از فاز پیوسته به پراکنده باشد، مکانیسم غالب، شکست قطرات است که کاهش اندازه قطرات و افزایش ماندگی را به همراه دارد.

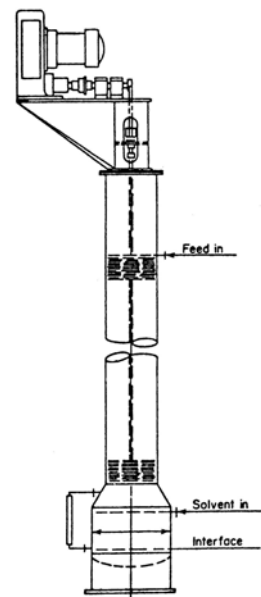
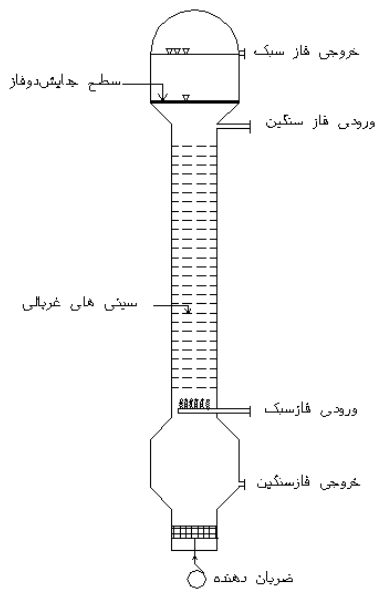
۵- هنگامیکه انتقال جرم از فاز پراکنده به پیوسته باشد، مکانیسم غالب، بهم پیوستن قطرات است که افزایش اندازه قطرات و کاهش ماندگی را به همراه دارد.

منابع خطا:

۱- تولوئن و استون مورد استفاده برای آزمایش، خالص نبوده و با آب انتقال جرم انجام می دهد، در نتیجه روی نتایج آزمایشات تاثیر می گذارد.

۲- پمپهای ورودی فاز سبک و سنگین از نوع پمپهای دیافراگمی هستند در نتیجه دبی ورودی ثابت نبوده و در محدوده معینی نوسان دارد که متوسط حد بالا و پایین این محدوده، بعنوان مقدار جریان ورودی منظور می شود.

۳- خطای چشمی در هنگام اندازه گیری ارتفاع تولوئن.



شکل ۱- برج سینی دار رفت و برگشتی

شکل ۲- برج سینی دار ضربانی با سینی های غربالی (RPC)

جدول ۱- ابعاد قسمت فعال برج سینی دار

ارتفاع قسمت سینی دار برج	۴ متر
قطر برج در بخش فعال برج	۱۵ سانتیمتر
حجم قسمت فعال برج (V)	۷۰۶۵۰ سانتیمتر مکعب

جدول ۲- تغییرات ماندگی فاز پراکنده با تغییر جریان حجمی فاز پیوسته (Q_C)

Q_C (lit/hr)	ارتفاع تولوئن در بالای ستون (cm)	ارتفاع تولوئن در قسمت فعال (cm)	ماندگی
۳۳	۱۴/۵	۳۹/۵	۰/۰۳۴۳
۵۳	۱۴/۵	۴۱/۲	۰/۰۳۸۶
۷۵	۱۴/۵	۴۲/۳	۰/۰۴۱۳
۸۹	۱۴/۵	۴۲/۹	۰/۰۴۲۸
۹۷	۱۴/۵	۴۳/۴	۰/۰۴۴۱

شرایط عملیاتی:

جریان حجمی فاز پراکنده (Q_D) در ۴۳ lit/hr، دامنه ضربان (A) در ۱/۸ cm و فرکانس ضربان در $2/4 \text{ sec}^{-1}$ ثابت نگه داشته شده اند.

جدول ۳- تغییرات ماندگی فاز پراکنده با تغییر جریان حجمی فاز پیوسته (Q_D)

Q_D (lit/hr)	ارتفاع تولوئن در بالای ستون (cm)	ارتفاع تولوئن در قسمت فعال (cm)	ماندگی
۴۳	۱۴/۵	۴۱/۵	۰/۰۳۹۳
۴۷	۱۴/۵	۴۲/۳	۰/۰۴۱۳
۵۵	۱۴	۴۳/۶	۰/۰۴۶۸
۶۶	۱۳/۵	۴۴/۸	۰/۰۵۲۰
۷۲	۱۴/۵	۴۸/۶	۰/۰۵۷۱

شرایط عملیاتی:

جریان حجمی فاز پیوسته (Q_C) در ۷۲ lit/hr، دامنه ضربان (A) در ۱/۸ cm و فرکانس ضربان در $2/4 \text{ sec}^{-1}$ ثابت نگه داشته شده اند.

جدول ۴- تغییرات ماندگی فاز پراکنده با تغییر شدت ضربان (Af)

ماندگی	ارتفاع تولون در قسمت فعال (cm)	ارتفاع تولون در بالای ستون (cm)	Af(cm/s)
۰/۰۳۷۶	۴۰/۸	۱۴/۵	۳/۲۴
۰/۰۴۵۵	۴۳/۱	۱۴	۳/۹۶
۰/۰۵۱۳	۴۵/۴	۱۴	۴/۳۲
۰/۰۵۷۸	۴۷/۱	۱۳/۵	۴/۶۸

شرایط عملیاتی:

جریان حجمی فاز پراکنده (Q_D) در ۴۳ lit/hr و جریان حجمی فاز پیوسته (Q_C) در ۷۲ lit/hr ثابت نگه داشته شده اند.

جدول ۵-۱ تغییرات ماندگی فاز پراکنده با تغییر شدت ضربان (Af) هنگامیکه انتقال جرم انجام نمی شود

ماندگی	ارتفاع تولون در قسمت فعال (cm)	ارتفاع تولون در بالای ستون (cm)	Af(cm/s)
۰/۰۵۶	۶۱/۵	۲۲	۳/۵
۰/۰۷۰۴	۶۵/۵	۲۱	۴/۵

جدول ۵-۲ تغییرات ماندگی فاز پراکنده با شدت ضربان هنگامیکه انتقال جرم از فاز پیوسته به پراکنده انجام می شود

ماندگی	ارتفاع تولون در قسمت فعال (cm)	ارتفاع تولون در بالای ستون (cm)	Af(cm/s)
۰/۰۶۶۵	۵۱/۵	۱۴	۳/۵
۰/۱۰۴	۷۴/۵	۱۸/۵	۴/۵

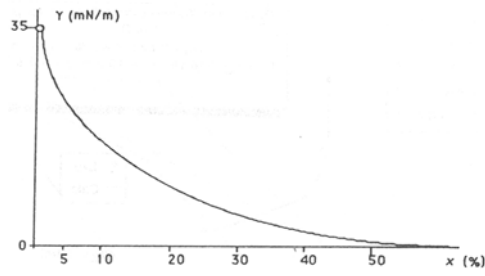
جدول ۵-۳ تغییرات ماندگی فاز پراکنده با تغییر شدت ضربان (Af)

هنگامیکه انتقال جرم از فاز پراکنده به پیوسته انجام می شود

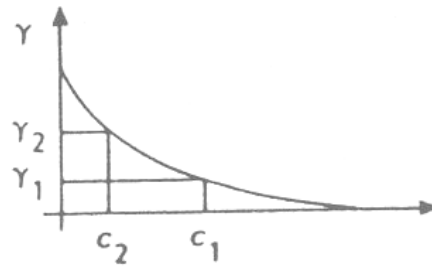
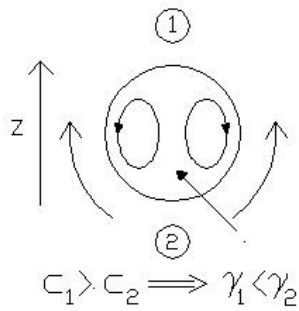
ماندگی	ارتفاع تولون در قسمت فعال (cm)	ارتفاع تولون در بالای ستون (cm)	Af(cm/s)
۰/۰۵۰۷	۵۰/۵	۱۷	۳/۵
۰/۰۶۲۲	۵۶	۱۷/۵	۴/۵

شرایط عملیاتی: (برای نتایج بدست آمده در جداول ۵-۱ و ۵-۲ و ۵-۳)

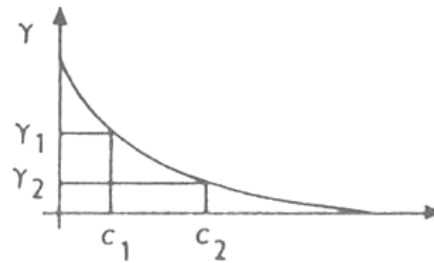
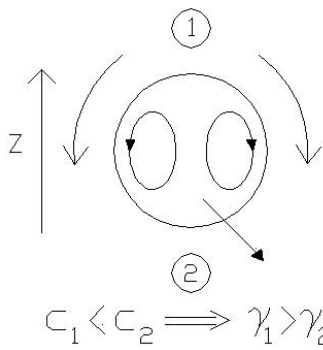
جریان حجمی فاز پراکنده (Q_D) در ۵۵ lit/hr و جریان حجمی فاز پیوسته (Q_C) در ۵۱ lit/hr ثابت نگه داشته شده اند.



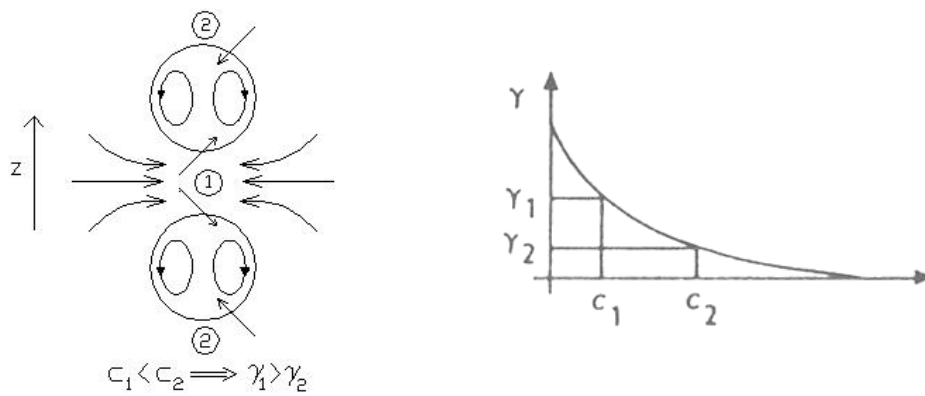
شکل ۳- تاثیر جزء انتقال یابنده (استون) بر روی کشش بین فازی دو فاز آب و تولوئن



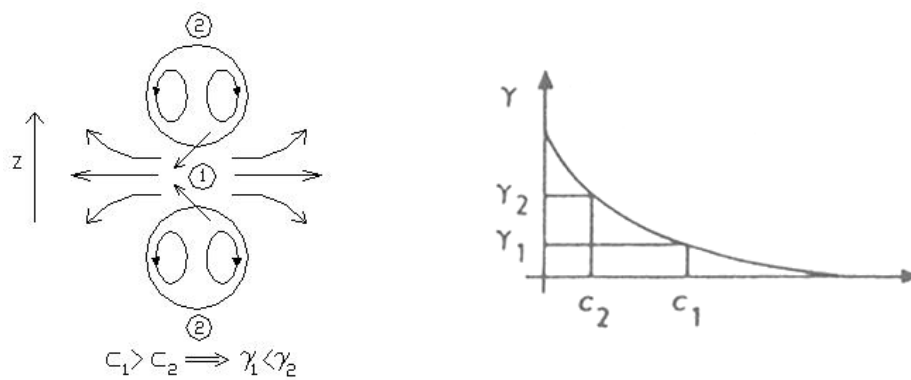
شکل ۴- نیروی وارده بر قطرات هنگام انتقال جرم از فاز پیوسته به پراکنده



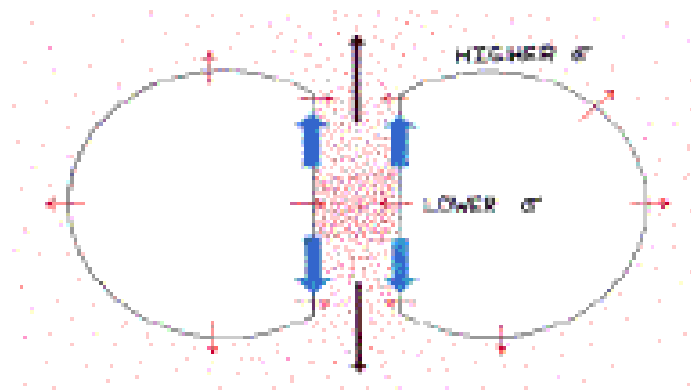
شکل ۵- نیروی وارده بر قطرات هنگام انتقال جرم از فاز پراکنده به پیوسته



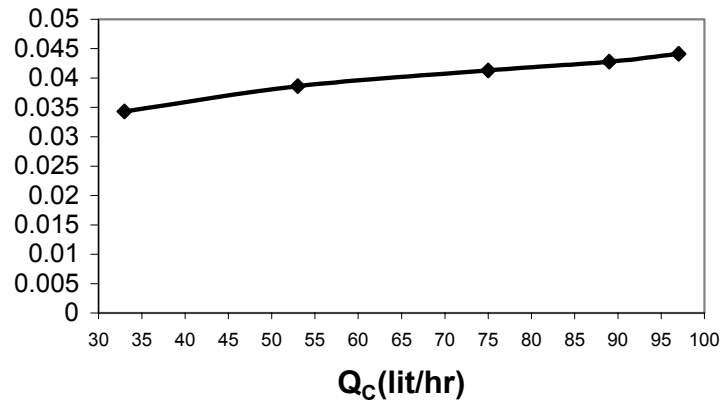
شکل ۶- اثر Marangoni هنگامیکه انتقال جرم از فاز پیوسته به پراکنده باشد



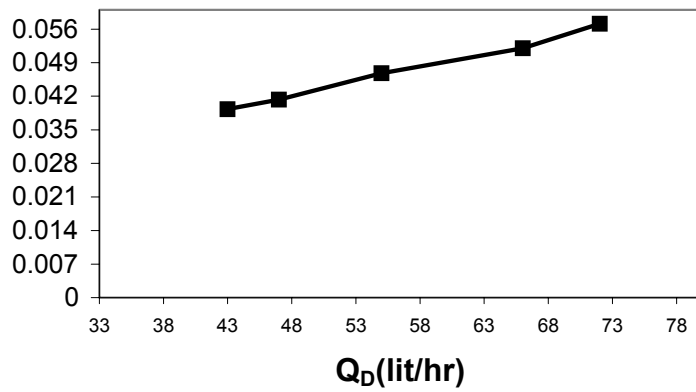
شکل ۷- اثر Marangoni هنگامیکه انتقال جرم از فاز پراکنده به پیوسته باشد



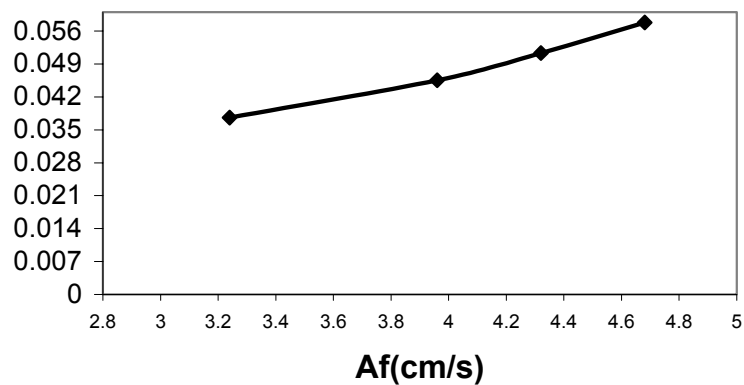
شکل ۸- اثر انتقال جرم از فاز پراکنده به پیوسته روی بهم پیوستن قطرات



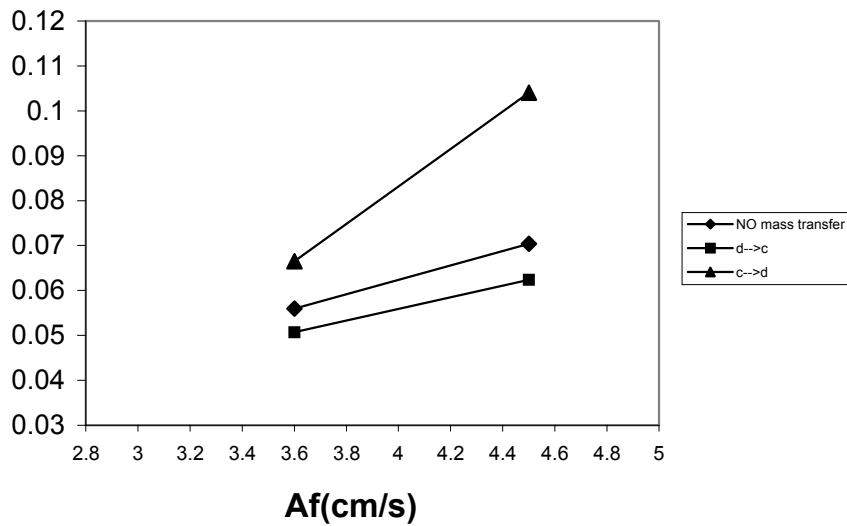
نمودار ۱- تغییرات ماندگی فاز پراکنده با جریان حجمی فاز پیوسته
 $(Q_D=43 \text{ lit/hr}, A=1/8 \text{ cm}, f=2/\text{sec}^{-1})$



نمودار ۲- تغییرات ماندگی فاز پراکنده با جریان حجمی فاز پراکنده
 $(Q_C=72 \text{ lit/hr}, A=1/8 \text{ cm}, f=2/\text{sec}^{-1})$



نمودار ۳- تغییرات ماندگی فاز پراکنده با شدت ضربان
($Q_C=70$ lit/hr, $Q_D=50$ lit/hr)



نمودار ۴- تغییرات ماندگی با جهت انتقال جرم
($Q_C=51$ lit/hr, $Q_D=50$ lit/hr)

مراجع:

- 1-Godfrey J.C. ,M.J. ,”Liquid-Liquid Extraction Equipment.”, 1994
- 2-Tech.c.L.o , Malcolm. ,Baird H.I. , Hanson C. ,”Handbook of solvent Extraction.”,1983.
- 3-Swati Mohanty, Alfons Vogelphol., “A Simplified Hydrodynamic Model For A Pulsed Sieve-Plate Extraction Column.”, chemical Engineering and Processing 36(1997) 385-395
- 4-A. KUMAR and S.HARTLAND. ,”Correlation For Dispersed Phase Hold-up In Pulsed Sieve-Plate Liquid-Liquid Extraction Columns.”, Chem Eng Res Des, Vol. 61, July 1983.
- 5-Arun Kumar and Stanley Hartland. ,”A Unified Correlation For Prediction of Dispersed-Phase Hold-up in Liquid-Liquid Extraction Columns.”, Ind. Eng. Chem. Res., Vol. 34, No. 11, 1995
- 6-Roger W. Cusack and Pierre Fremeaux., Chemocan Engineering., “A Fresh Look at Liquid-Liquid Extraction.”, March 1991