



دستور کار و مطالب آموزشی آزمایشگاه شیمی صنعتی

دکتر محمدحسین رسولی فرد

شیمی کاربردی گروه شیمی دانشگاه زنجان

مهرماه ۱۳۹۲

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

خواننده گرامی و دانشجوی عزیز

باسلام

آشنایی با دستگاه‌ها و نحوه کار با آنها در صنعت یکی از ضرورت‌های اساسی آموزشی برای دانشجویان رشته شیمی کاربردی و سایر رشته‌های مرتبط می‌باشد. مجموعه حاضر با توجه به نیازهای موجود و سرفصل مباحث درسی آماده‌سازی و تدوین شده است تا بتواند پاسخگوی نیازهای دانشجویان و استفاده‌کنندگان محترم باشد. در این جزوه علاوه بر توضیح کامل دستگاه‌ها و نگاه اجمالی به کاربرد آنها در صنعت، به نحوه کار آنها پرداخته شده و آزمایشی براین اساس طراحی و پیشنهاد گردیده است. لازم به ذکر است این مطالب اکتفای کار با دستگاه‌های صنعتی را نخواهد داشت و توصیه می‌گردد دانشجویان عزیز حتماً به منابع صنعتی و کارگاه‌ها و کارخانجات تولیدی جهت آشنایی بیشتر مراجعه نمایند.

این گزارش در دانشگاه زنجان و با همکاری و همفکری شرکت‌های سازنده دستگاه‌ها تدوین شده و دانشجویان گرامی بویژه سرکار خانم لیلا قلم‌چی زحمت تدوین نهایی آن را تقبل کرده‌اند که از تک‌تک این افراد تقدیر و تشکر می‌گردد. امید است دانشجویان عزیز با نظرات سازنده خود در هرچه بهتر شدن این آزمایشگاه ما را یاری نمایند.

موفق باشید

محمدحسین رسولی‌فرد

مرتب مطالب

فصل اول

۱	۱- همزن‌ها (Mixers)
۲	۱-۱- اهداف همزدن:
۴	۱-۳- انواع اختلاط
۶	۱-۴- سه نوع عمده همزن
۶	۱-۴-۱- مخلوط کننده پره ملخی (Propeller blades)
۸	۱-۴-۲- مخلوط کننده پره پارویی (blade Paddle)
۹	۱-۴-۳- همزن توربینی (Blade Turbine)
۱۰	۱-۵- گرداب
۱۱	۱-۵-۱- عوارض ناشی از گرداب
۱۱	۱-۵-۲- راه‌های حذف یا به حداقل رساندن جریان گردشی و گرداب
۱۲	۱-۶- الگوی جریان در مخازن همزن دار
۱۴	۱-۷- همزن‌های بدون فاصله با دیواره
۱۴	۱-۸- تانک‌های بدون بافل
۱۶	۱-۹- تانک‌های بافل دار
۱۷	آزمایش شماره ۱
۱۹	آزمایش شماره ۲
۲۱	فصل دوم
۲۲	۲-۲- معرفی راکتورهای شیمیایی
۲۳	۲-۳- انواع راکتورهای شیمیایی
۲۳	۲-۳-۱- راکتور مخلوط شونده (CSTR)
۲۳	۲-۳-۲- راکتورهای دوره ای (Recycle Reactor)
۲۵	۲-۳-۲-۲- مخازن با دیوارک یا آبگردان

۲۵	۲-۴- تأثیر نوع پروانه بر زمان اختلاط در مخازن همزن دار
۲۹	۲-۵- محلول‌های لازم و اندازه گیری رسانندگی
۳۰	آزمایش شماره ۳
۳۱	آزمایش شماره ۴
۳۳	فصل سوم
۳۳	۳-۱- استخراج جامد- مایع (Solid liquid extraction)
۳۴	۳-۲- فرآیند استخراج جامد- مایع در صنایع غذایی و زیستی
۳۴	۳-۳- فرآیند استخراج جامد- مایع برای مواد آلی و غیر آلی
۳۵	۳-۴- آماده سازی جامد برای استخراج جامد- مایع
۳۵	۳-۴-۱- مواد آلی و غیر آلی
۳۵	۳-۴-۲- مواد گیاهی و حیوانی
۳۶	۳-۵- سرعت استخراج جامد- مایع
۳۷	۳-۶- روش های عملیاتی استخراج جامد- مایع
۳۸	۳-۷- عوامل موثر بر استخراج
۳۹	۳-۸- واحد استخراج جامد - مایع (Solid - Liquid Extraction Unit)
۴۱	آزمایش شماره ۵
۵۰	فصل چهارم
۵۰	۴-۱- دستکاری جامدات
۵۱	۴-۲- جداسازیهای ذرات جامد
۵۱	۴-۳- جدا سازی مکانیکی

۵۱	۱- غربالها و تکان دهنده های نوسانی
۵۶	۲- کاهش اندازه ذرات
۵۷	۳- اختلاط جامدات و مواد خمیری شکل
۵۸	۴- حمل و نقل و انتقال مواد
۶۰	۵- فرآیند های ته نشینی گریز از مرکز (جداکنند های سیکلونی)
۶۶	۶- اجکتورها
۷۱	۷- دستگاه مطالعه دستکاری جامدات
۷۲	آزمایش شماره ۶
۷۵	آزمایش شماره ۷
۷۹	آزمایش شماره ۸
۸۱	آزمایش شماره ۹
۸۴	فصل پنجم
۸۵	۱-۵- مقدمه تقطیر
۸۶	۲-۵- انواع تقطیر
۸۶	۱-۲-۵- تقطیر ساده
۸۷	۲-۲-۵- تقطیر تبخیر آبی (ناگهانی)
۸۷	۳-۲-۵- تقطیر در خلا
۸۸	۴-۲-۵- تقطیر به کمک بخار آب
۸۸	۵-۲-۵- تقطیر آزنوتروپی
۸۸	۶-۲-۵- تقطیر استخراجی
۸۹	۷-۲-۵- تقطیر جزء به جزء
۹۰	۸-۲-۵- تقطیر جزبه جز محلول های غیر ایده آل
۹۱	۳-۵- ستونهای تقطیر جز به جز

۹۲

۴-۵- تقطیر با مایع برگشتی

۹۳

۵-۵- انواع مایع برگشتی

۹۴

۶-۵- شرح دستگاه

۹۹

آزمایش شمار ۱۰

۱۰۱

آزمایش شمار ۱۱

۱۰۴

آزمایش شمار ۱۲

۱۰۶

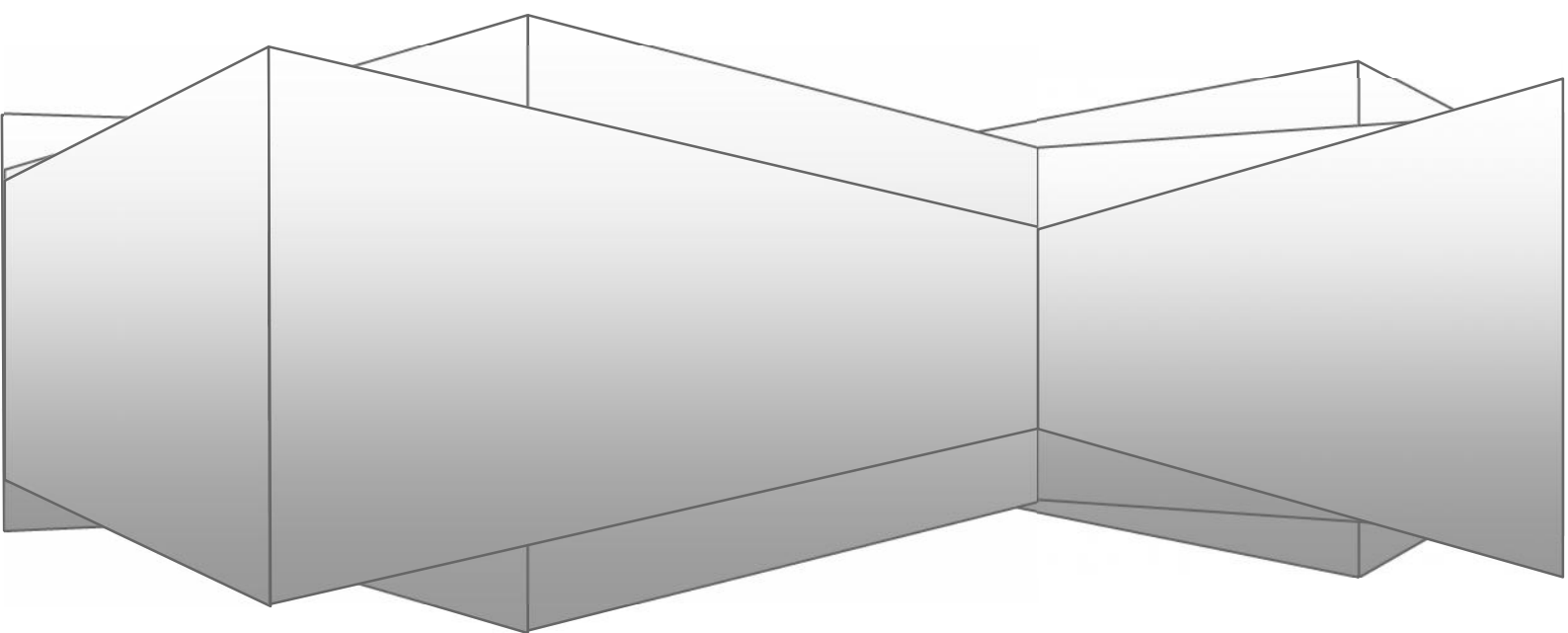
آزمایش شمار ۱۳

۱۰۸

آزمایش شمار ۱۴

صل اول

همزن ها



فصل اول - همزن ها

چکیده :

۱- همزن ها (Mixers)

مخلوط کردن سیالات از فرایندهای مهم در صنایع شیمیایی می باشد. سیستم های اختلاط می تواند شامل مخلوط کردن سیال با هر کدام از فازهای دیگر یعنی مایع، جامد و گاز باشد. عملیات میکس (اختلاط) معمولاً به منظور اختلاط یک حجم از سیال، واکنش شیمیایی، انتقال حرارت، انتقال جرم، اختلاط چند فاز با هم (سوسپانسیون و تعلیق) در صنعت به کار می رود. عمل اختلاط همیشه با ایجاد اغتشاش در مایع همراه است، این کار همزدن نام دارد و توسط وسیله ای به نام پره انجام می شود. پره ها با وارد کردن نیروی مماسی (Shear) باعث ایجاد گردانه در سیال می شوند که در نهایت عمل اختلاط را طبق منظوری که داریم انجام خواهند داد.

۱-۱- همزدن و همزن ها:

موفقیت آمیز بودن بسیاری از عملیات فراورش به اختلاط و همزدن موثر مایعات بستگی دارد. هر چند معنای همزدن و اختلاط با هم اشتباه می شود اما این دو واژه مترادف نیستند. همزدن به معنای ایجاد حرکت اجباری در ماده به روشی خاص و اغلب به صورت چرخشی و گردشی در یک ظرف است. مخلوط کردن توزیع نامنظم دو یا چند فاز جداگانه در داخل یکدیگر است. یک ماده منفرد و همگن مانند مخزنی پر از آب سرد را می توان بهم زد ولی نمی توان آن را مخلوط کرد، مگر اینکه یک ماده دیگر (همچون مقداری

آب گرم یا مقداری ماده جامد کروی شکل) به آن اضافه شود. عبارت اختلاط در مورد انواع گوناگونی از عملیات که از نظر درجه همگنی ماده مخلوط شده با هم تفاوت بسیار دارند بکار می رود.

مثلا دو مورد زیر را در نظر بگیرید:

در مورد اول دو گاز در مجاورت هم قرار گرفته و با هم به خوبی مخلوط می شوند و در مورد دوم شن، ماسه و سیمان و آب برای مدت طولانی در یک بشکه چرخان همزده می شوند و در هر دو مورد گفته می شود که محصول نهایی مخلوط شده است. با این حال آشکارا از نظر درجه همگن بودن یکسان نیستند نمونه های گازهای مخلوط شده (حتی نمونه های کوچک) همگی ترکیب درصدی یکسان دارند درحالی که نمونه های کوچک بتن مخلوط شده از نظر ترکیب درصد متفاوت اند.

۱-۲- اهداف همزدن:

مایعات بسته به اهداف فراورش به دلایل زیادی همزده می شوند. این اهداف شامل موارد زیر است.

۱- تعلیق ذرات جامد. ۲ - مخلوط کردن مایعات امتزاج پذیر مانند متیل الکل و آب. ۳- پراکندن یک گاز

در مایع بصورت حباب های کوچک. ۴- پراکندن یک ماده امتزاج ناپذیر با مایع دیگر به منظور تشکیل

امولوسیون یا تعلیق قطرات ریز. ۵- افزایش و کمک به انتقال گرما بین مایع، مایع و مارپیچ و روپوش

گرمایی. ۶- واکنش شیمیایی ۷- انتقال حرارت ۸- انتقال جرم

هر یک از موارد فوق مکانیزم خاص خود را دارا می باشد. دو نوع کلی مکانیزم اختلاط عبارتند از:

(۱) مکانیزم اختلاط میکرو

(۲) مکانیزم اختلاط ماکرو

در مورد مکانیزم میکرو اختلاط در مقیاس مولکولی مطرح می باشد. مکانیزم اختلاط به منظور انتقال جرم و حرارت و همچنین واکنش شیمیایی در سطحی که این پدیده ها صورت می گیرند اختلاط به روش میکرو (مولکولی) می باشد. هنگامی که نیاز به تولید یک توده از مخلوط همگن است از مکانیزم اختلاط ماکرو استفاده می گردد. هر یک از مکانیزم های فوق نیاز به نوع ویژه ای از همزن دارد. در بسیاری از فرایندها هر دو مکانیزم لازم می باشند.

غالباً همزن بطور همزمان چند کار را انجام میدهد، مثلاً هیدروژن دار کردن کاتالیزوری یک مایع را در نظر بگیرید در ظرف هیدروژن دار کردن، گاز هیدروژن در مایع پراکنده می شود و ذرات جامدات کاتالیزور در آن معلق می شوند و گرمای واکنش بطور همزمان توسط ماریچ سرد کننده و روپوش گرمایی جذب میشود. عمل اختلاط همیشه با ایجاد اغتشاش در مایع همراه است. همزدن توسط وسیله ای به نام پره انجام میشود. پره ها با وارد کردن نیروی مماسی (Shear) باعث ایجاد گردانه در سیال می شوند که در نهایت عمل اختلاط را طبق منظوری که داریم انجام خواهند داد. مناسبترین پره باید با توجه به شرایط زیر انتخاب

شود:

✓ مکانیزم اختلاط مورد نیاز (اینکه مکانیزم اختلاط میکرو یا ماکرو یا هر دو است)

✓ خواص فیزیکی (مهمترین عامل ویسکوزیته می باشد)

✓ ظرفیت مخزن (با تغییر ظرفیت نوع همزن عوض می شود)

پره هایی که در همزن ها بکار می روند سه نوع کلی دارند که ۹۵٪ کل پره ها را تشکیل می دهند.

۱- پره ملخی ۲- پره پارویی ۳- پره توربینی

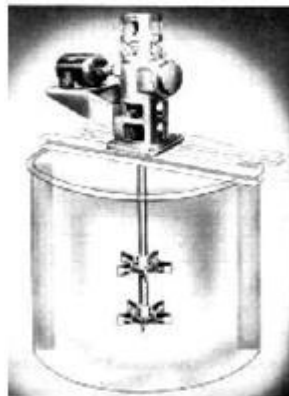
۱-۳- انواع اختلاط

اختلاط سیالات دو نوع کلی دارد:

- مخازن همزن دار
- اختلاط در طول جریان (اختلاط ثابت)

۱-۳-۱- مخزن همزن دار

اغلب جهت اختلاط از این نوع میکسرها استفاده می شود. مخازن همزن دار (شکل ۱) معمولاً استوانه ای شکل هستند که بالای آن با هوا می تواند ارتباط داشته باشد یا بسته باشد.



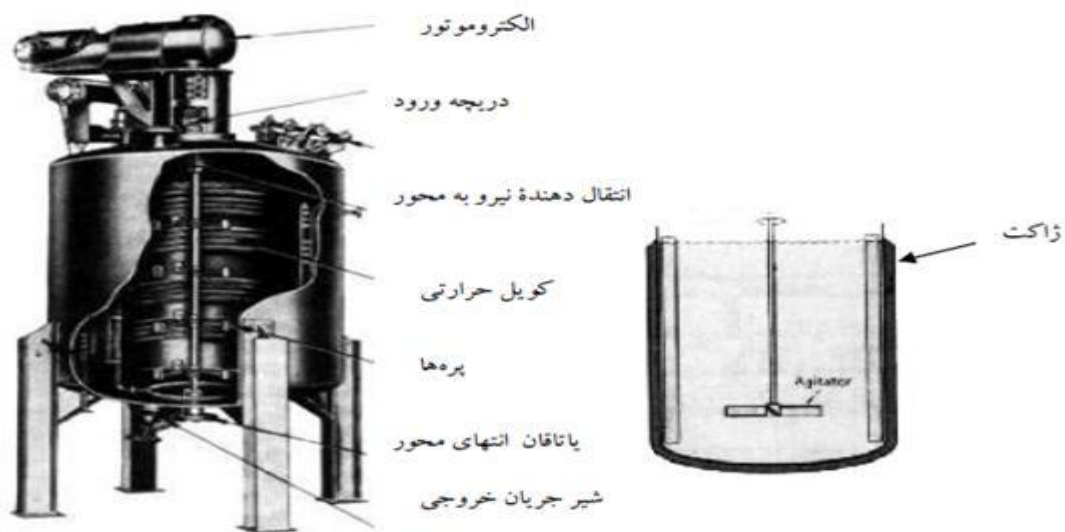
شکل ۱ - نمایی از یک مخزن همزن دار

در حالت کلی کف استوانه را به شکل محدب می سازند زیرا اگر کف گوشه داشته باشد باعث غیر ایده آل شدن جریان سیال و نواحی ساکن در ظرف می شود. ارتفاع مایع در مخزن را معمولاً معادل قطر مخزن در نظر می گیرند. انرژی لازم جهت به حرکت درآوردن پره توسط یک الکتروموتور تأمین می گردد.

همزن ها

اگر انتقال حرارت داشته باشیم از ژاکت یا کویل حرارتی در مخزن استفاده می شود. در شکل ۲ یک نمونه از مخازن همزن دار نشان داده شده است. اگر بخواهیم سیال فرآیند را گرم کنیم معمولاً از بخار در ژاکت یا کویل حرارتی استفاده می شود و اگر بخواهیم سیال فرآیند را سرد کنیم معمولاً از آب کولینگ استفاده می شود.

پره ها در مخازن همزن دار قادرند دو نوع کلی جریان یعنی شعاعی و محوری یا ترکیبی از این دو را بوجود آورند. در جریان شعاعی همانطور که از شکل پیداست سیال پس از برخورد به پره در جهت شعاع حرکت می کند. اما در جریان محوری حرکت در جهت محور همزن خواهد بود. در شکل ۲ چگونگی اینگونه حرکت ها نشان داده شده است.



شکل ۲

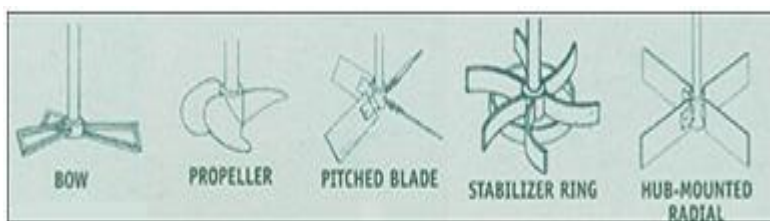
الف. چپ: یک مخزن همزن دار همراه با ژاکت حرارتی ب. راست: نمایی از یک مخزن همزن دار همراه با کویل

حرارتی



شکل ۳

ب. جریان محوری (با استفاده از پره توربینی شیبدار) الف. جریان شعاعی (با استفاده از پره توربینی قائم)



شکل ۴) از راست توربینی با تیغه قائم، توربینی منحنی، توربینی شیبدار، ملخی، ملخی BOW

۴-۱- سه نوع عمده همزن وجود دارد:

۱- همزن ملخی؛ ۲- همزن پارویی؛ ۳- همزن توربینی، که هر کدام از آنها تنوع خاصی داشته و برای مقاصد خاصی مناسب هستند.

۴-۱-۱- مخلوط کننده پره ملخی (Propeller blades)

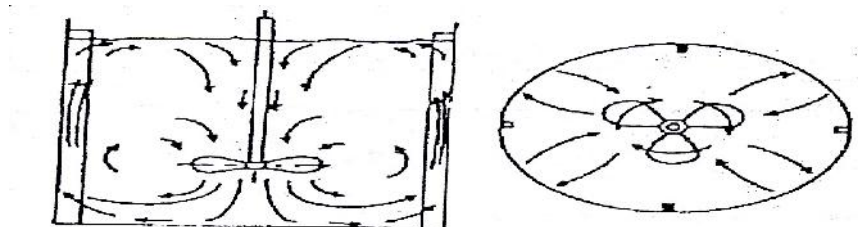
همزن ملخی همزنی پر سرعت با جریان محوری است که برای مایعات کم گرانیو بکار میرود. این همزن

مانند یک پمپ سیال را از بالا مکش کرده و به پایین تانک هدایت می کند. این نوع اغلب برای معلق کردن

ذرات جامد در داخل سیال کاربرد دارند و در محدوده وسیعی از سرعت می تواند کار کند. تیغه های ملخی

مایع را به شدت می برند. همزن های ملخی به علت ایجاد جریان های پایدار، در مخازن بسیار بزرگ

کارآرایی خوبی دارند. قیمت آنها نیز متعادل می باشد. شکل (۵) شمایی از این همزن را توام با نحوه اختلاط نشان می دهد.



شکل (۵). حرکت محوری

برخی از ویژگی های همزن های ملخی عبارت اند از:

۱. در رنج سرعت وسیعی کاربرد دارند. ۲. در سرعتهای پایین به ندرت خراب می شوند. ۳. برای مایعات با ویسکوزیته بالا اقتصادی نیستند. ۴. قیمت آنها مناسب و توان مصرفی آنها اقتصادی است. ۵. همزن های ملخی به علت ایجاد جریان های پایدار، در مخازن بسیار بزرگ کارآرایی خوبی دارند ۶. برای معلق کردن ذرات جامد در داخل سیال به کار می روند.



الف



ب



ج



د

شکل (۶)

پره های ملخی الف. پره ملخی همراه با محور و الکتروموتور (ب) پره ملخی هنگام همزدن (ج) پره ملخی نوع خاص cut-out

(د) پره ملخی اره ای برای ایجاد shear زیاد در سیالات ویسکوز

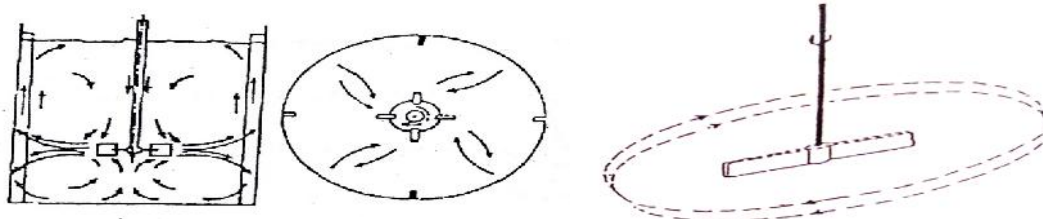
۱-۴-۲- مخلوط کننده پره پارویی (blade Paddle)

به شکل مماسی و شعاعی سیال را به حرکت در می آورند و در جهت محور حرکت ایجاد نمی کند

مگر اینکه موج گیر وجود داشته باشد. در طیف وسیعی از گرانروی ها مناسب است و به سادگی در عملیات

خراب نمی شود. از لحاظ قیمت ارزان و ساخت آن ساده است. از معایب آن ظرفیت کم پمپاژ می باشد که

علت آن حرکت محوری بسیار ضعیف می باشد در نتیجه نمی تواند کل سیال درون تانک را بهم زد.

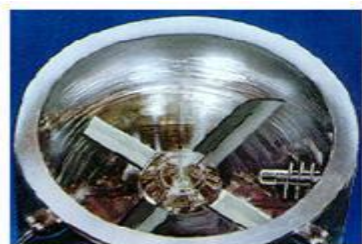


شکل (۸). حرکت شعاعی

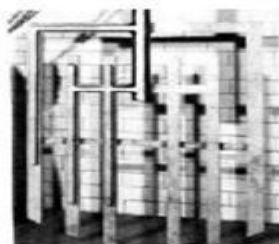
شکل (۷). حرکت مماسی

این نوع پره از یک محور و یک پره به شکل پارو تشکیل شده است. معمولاً پره ها به صورت تیغه های ۲

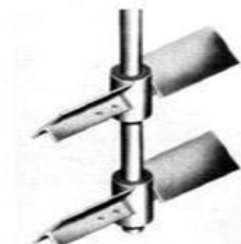
تایی یا ۴ تایی هستند. این نوع پره ها معمولاً به سه صورت زیر می باشند.



ج



ب



الف

شکل (۱۰)

الف. پره پارویی دوتیغه دوتایی: جهت جریان محوری ب. پره پارویی دروازه ای (نوع خاص): جهت سیالات ویسکوز

ج. پره پارویی با لبه تیز: جهت جریان محوری و انواع آن عبارت است از: ۱- پارویی صفحه ای ۲- پارویی دوتایی ۳-

لنگری

سرعت این نوع همزنها کم تا متوسط می باشد. اگر تیغه همزن پارویی کاملاً عمود باشد جریان مماسی یا شعاعی ایجاد می کند ولی اگر زاویه دار باشد جریان محوری ایجاد می کند. در ظرفهای عمیق چند پارو روی یک محور نصب می شود. یکی از مهمترین کاربردهای این نوع از همزنها، استفاده جهت انتقال حرارت می باشد.

۱-۴-۳- همزن توربینی (Blade Turbine)

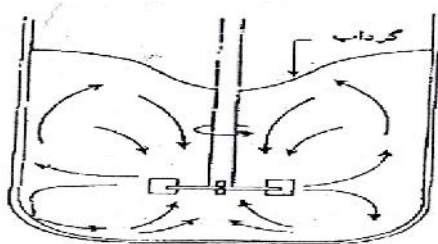
همزن های توربینی در گستره وسیعی از گرانیوها کارایی خوبی دارند. در مایعات کم گرانیو، پروانه های توربینی جریان های پر قدرتی تولید می کنند که در سرتاسر مخزن پایدار می ماند و تمام نقاط و قطعات ساکن مایع را از میان می برد. در نزدیکی پروانه ناحیه ای از جریان های تند، بسیار آشفته و به شدت برنده ایجاد می شود. جریان های اصلی شعاعی و مماسی اند؛ اگر قرار است که پروانه کارآمد باشد باید مولفه های مماسی ایجاد کننده گردابه و حرکت گردابی به کمک موج گیرها یا حلقه افشانه حذف شوند. این نوع پره بسیار متنوع می باشد. اگر تیغه های توربین قائم باشند تنها جریان شعاعی خواهیم داشت و اگر شیب هم داشته باشند آنگاه جریان محوری و شعاعی بر حسب میزان شیب خواهیم داشت یعنی هرچه پره افقیتر باشد جریان محوری تر خواهد شد. سرعت این همزن زیاد، تیغه ها می تواند شیبدار یا مستقیم باشند (مانند همزن پارویی). فرق این همزن با همزن پارویی در اندازه و سرعت آن می باشد. اندازه پره توربینی کمتر از پارویی می باشد، یعنی $0/3$ تا $0/5$ قطر ظرف و همچنین سرعت این همزن می تواند خیلی بیشتر از همزن پارویی باشد. در شکل پایین چند نوع از پره های توربینی نشان داده شده است.



شکل ۱۰)

انواع پره های توربینی الف. پره توربینی با تیغه های قائم جهت ایجاد جریان شعاعی ب. پره توربینی با تیغه های منحنی جهت ایجاد جریان شعاعی و مناسب در همزدن سیالات لجنی و دوغابی ج. توربینی صفحه ای د. توربینی شیبدار جهت ایجاد جریان محوری (به همراه محور و الکتروموتور) ه. دو پره توربینی که بالایی ایجاد جریان محوری می کند و پره پایینی ایجاد جریان شعاعی می کند

۵-۱-گرداب: در استفاده از همزن ها کمابیش به دلیل وجود حرکت مماسی ناگزیر از مشاهده جریان گردشی و به تبع آن گرداب در داخل تانک اختلاط خواهیم بود که این امر باعث به وجود آوردن مشکلات عدیده ای در داخل تانک های اختلاط و راکتورها خواهد بود. شکل (۱۱) چگونگی پیدایش گرداب را نشان می دهد.



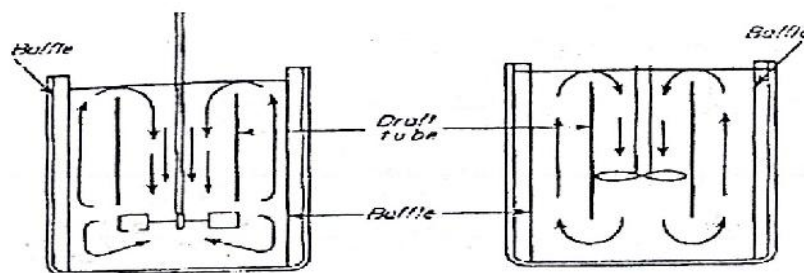
شکل ۱۱). نمایش گرداب به همراه حرکت سیال

۱-۵-۱- عوارض ناشی از گرداب:

- ۱- کاهش حجم مفید راکتور و ایجاد فضای مرده ۲- ایجاد خوردگی از نوع مکانیکی فرسایشی. ۳- عدم توزیع برابر نیرو در قسمت های مختلف تانک اختلاط (ارتفاع های مختلف) و در نتیجه آثار نامطلوب بر اسکلت نگهدارنده تانک (مخزن). ۴- عدم توزیع نیرو بطور یکسان در قسمت های مختلف محور همزن و احتمال شکستن آن. ۵- مکش حباب های هوا به داخل تانک اختلاط (انحلال اتمسفر بیرون در سیال). ۶- مصرف توان بیشتر.

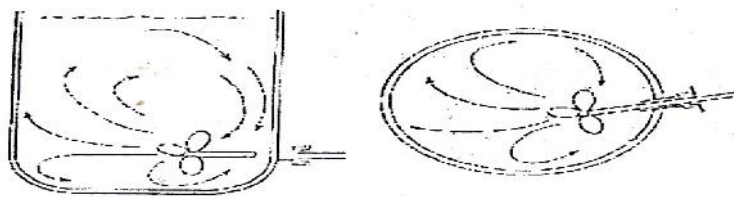
۱-۵-۲- راه های حذف یا به حداقل رساندن جریان گردشی و گرداب

- ۱- بکار بردن موج گیر (بافل) در داخل تانک اختلاط که باید پهنا و فاصله آن از همزن و سطح داخلی تانک اختلاط رعایت شود با این کار از حرکت چرخشی بدون دخالت در جریان های شعاعی و طولی جلوگیری می شود. شکل (۱۲)



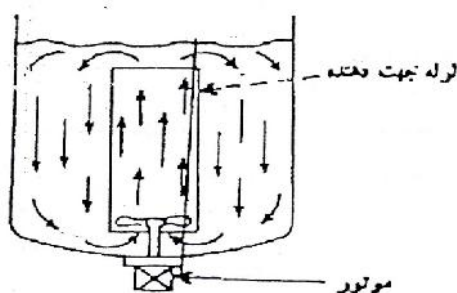
شکل (۱۲). Draft tubes, baffled tank

- ۲- نصب محور در ناحیه ای خارج از مرکز تانک اختلاط یا نصب آن در سطح جانبی تانک اختلاط و نیز بصورت زاویه دار.



شکل ۱۳). حرکت شعاعی

۳- نصب لوله های جهت دهنده سیال در اطراف محور؛ شکل ۱۴



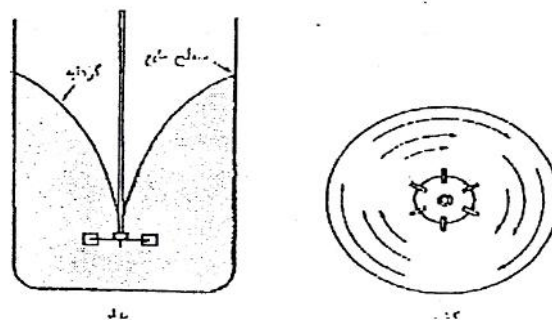
شکل ۱۴). همزن با لوله جهت دهنده.

۴- ساخت مخزن اختلاط به اشکال خاص (مثلا تخت شکل) که گرداب را کاهش می دهد.

۱-۶- الگوی جریان در مخازن همزن دار:

نوع جریان در مخازن همزن دار به نوع پروانه با مشخصات سیال؛ اندازه و نسبت ابعاد مخزن، موج گیرها و همزن ها بستگی دارد. سرعت سیال در هر نقطه داخل مخزن سه مولفه دارد و الگوی کلی جریان در مخزن به تغییرات این سه مولفه سرعت از نقطه ای به نقطه دیگر بستگی دارد. اولین مولفه سرعت شعاعی بوده و در جهت عمود بر محور (شفقت) همزن عمل می نماید. مولفه دوم طولی است و در جهت موازی با محور همزن عمل می کند. مولفه سوم مماسی یا چرخشی (دورانی) است و در جهت مماس بر مسیر دایره

ای حول محور عمل می کنند. در مورد محور عمودی مولفه های شعاعی و مماسی در یک صفحه افقی قرار دارند و مولفه های طولی عمودی است. مولفه های طولی و شعاعی مفیدند و جریان های لازم برای اختلاط را فراهم می آورند مولفه های مماسی نقشی در همزن ندارند و باعث بوجود آمدن پدیده ای بنام گرداب می شود.



شکل ۱۵). الگوی جریان گردابی با همزن

وقتی که محور عمودی است و در مرکز نصب شده است وجود مولفه مماسی کاملاً مضر است و همانطور که در شکل (۱۵) برای پروانه توربینی با تیغه صاف نشان داده شده است جریان مماسی یک مسیر دایره ای را در اطراف محور می پیماید و در مایع ایجاد گرداب می کند. ضمن استفاده از همزن توربینی با تیغه زاویه دار و همزن ملخی همین الگوی جریان مشاهده می شود. وجود گرداب سبب طبقه بندی سطوح مختلف مایع می شود و هیچ جریان محوری بین این سطوح وجود نخواهد داشت. اگر مایع حاوی ذرات جامد باشد، جریان چرخشی (بدلیل وجود نیروی گریز از مرکز) آنها را به سمت بیرون پرتاب می کند و ذرات از آنجا به طرف پایین و سپس مرکز کف مخزن حرکت می کنند و به جای اختلاط عمل عکس آن یعنی تغلیظ صورت می پذیرد. اگر سرعت همزن زیاد باشد ممکن است گردابه چنان شدید باشد که به همزن برسد و گاز از لابلای مایع به درون آن کشیده شود که این رخداد عموماً نامطلوب است. بطور کلی می توان گفت

همزن هایی با تیغه بزرگ و سرعت کم برای مایعات با ویسکوزیته خیلی بالا مناسب اند و بالعکس همزن با تیغه کوچک و سرعت بالا برای همزدن مایعات کم ویسکوز بکار می روند.

۷-۱- همزن های بدون فاصله با دیواره

برای برخی سیستم های سیال شبیه پلاستیک ممکن است نزدیک دیواره مخزن در قسمت هایی دور از پروانه پیشران یا توربین های رانشی سیال راکد و ساکن ایجاد می شود در چنین حالتی مطابق شکل نوع پروانه رانشی لنگر مانند استفاده گردد.

جریان سیال اصولاً چرخشی و در جهت گردش لنگر می باشد. بسته به گرانروی سیال و طراحی پره های چرخ نگهدارنده تیغه بالایی هر دو نوع جریان محوری و شعاعی سیال می تواند روی همزن لنگر دار علی الخصوص جهت حصول انتقال گرمای خوب در سیالات با غلظت بالا به کار می رود.

۸-۱- تانک های بدون بافل

اگر مایع با گرانروی کم در یک تانک بدون بافل به وسیله همزن نصب در محور هم زده شود علیرغم نوع پروانه پیش ران تمایل به ایجاد و گسترش الگوی جریان گردابی وجود خواهد داشت شکل (۱۷) الگوی یک جریان نمونه را نشان می دهد.

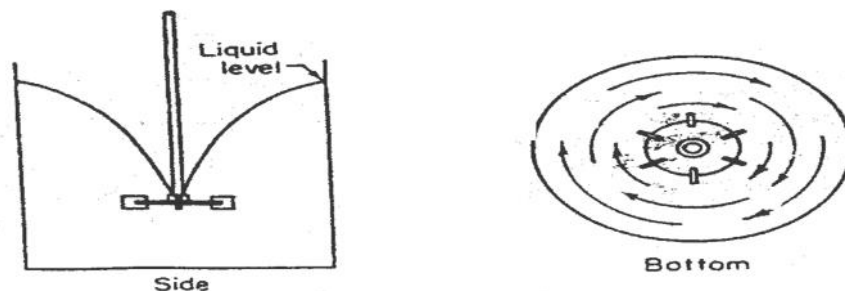


FIG. 1-8 Typical flow pattern for either axial- or radial-flow impellers in an unbaffled tank.

شکل ۱۶)

تحت تاثیر نیروی جانب مرکز وارد بر مایع چرخان گرداب تولید می شود علیرغم حضور گرداب در یک مخزن بدون بافل غالباً نتیجه فرآیندی رضایت بخش است، اگر چه سرعت چرخشی مورد استفاده حدی وجود دارد و هنگامیکه گرداب به پروانه پیشران می رسد تلاطم شدید هوا به وقوع می پیوندد. علاوه بر این جرمی از مایع که به درون گرداب کشیده می شود اغلب تلاطم نوسانی درون تانک تولید می کند که همراه شدن آن با گرداب عمیق نیروی جذر و مدی بزرگ ایجاد می کند که به شفت میکسر وارد می گردد.

موقعیت قرار دادن شفت بسیار بحرانی و مهم است زیرا اگر شفت خیلی دور از مرکز یا خیلی نزدیک به مرکز باشد، یک سمت یا در سمت دیگر تانک موجب ایجاد جریان چرخشی بزرگتر و گرداب جابجا شونده و فشار موضعی بسیار خطرناکی روی شفت می گردد.

ممکن است وضعیت خارج از مرکز و زاویه دار در پروانه های جریان محوری کاربرد داشته باشند در چنین مواردی شفت پروانه در زاویه تقریباً ۱۵ درجه نسبت به محور عمودی نصب می شود (مطابق شکل ۱۸-۱۷)

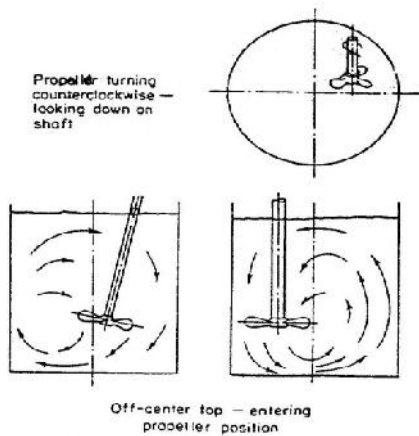


FIG. 1-10 Flow pattern for a propeller in angular off-center position without baffles.

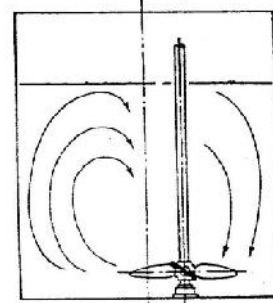


FIG. 1-9 Flow pattern with a paper-stock propeller, unbaffled, vertical off-center position.

شکل ۱۷ و ۱۸

۹-۱- تانک های بافل دار

برای هم زدن شدید سوسپانسیون های رقیق، تانک با بافل ساخته می شود بافل ها نوار های پهن و صاف و عمودی هستند که در طول دیواره تانک و به سمت مرکز تانک نصب می شود همچنان که در شکل های ۲۰-۱۹ نشان داده شده، تعداد چهار بافل تقریباً مناسب هستند.

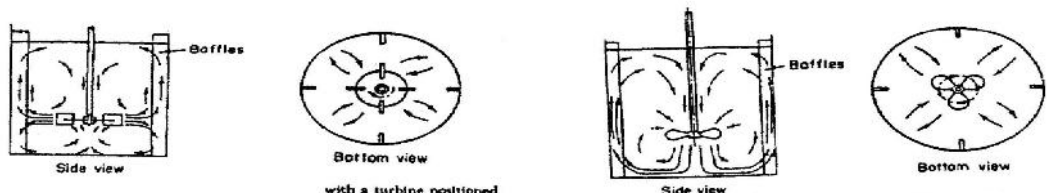


FIG. 1-11 Typical flow pattern in a baffled tank with a propeller or an axial-flow turbine positioned on center.

شکل ۱۹ و ۲۰

مقداری آب را در داخل مخزن تا ارتفاع مشخصی بریزید (تنظیم این ارتفاع توسط خط کش بیرونی متصل به جداره ی مخزن انجام می گیرد) و اعداد مربوط به سطح آب و نیروسنج را که توسط شاخص نیرو سنج مشخص شده یادداشت نمایید (حالت تعادل) سپس با استفاده از آچار، پره ی مورد نظر را به انتهای میله همزن وصل نمایید و سرعت زاویه ای را با استفاده از پیچ تنظیم در عدد مشخص (مثلا ۵) گذاشته و سپس کلید Run را فشار دهید. در اثر چرخش همزن سطح آب بالا می آید، متوسط ارتفاع سطح آب را یادداشت کنید. در اثر حرکت سیال (آب) نیرویی به سیال وارد می شود، این نیرو توسط طناب به فنر و از فنر به نیروسنج وارد می شود و نیرو سنج از حالت تعادل خارج گشته و عددی متفاوت از حالت تعادل را نشان می دهد، در این لحظه با افزودن وزنه ها به انتهای نیروسنج، سعی کنید که شاخص نیروسنج به حالت تعادل برگردد، مجموع وزن وزنه ها برابر با نیرویی است که همزن به سیال وارد کرده و عمل همزدن انجام می گیرد، این آزمایش را برای فرکانس های ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰ و برای انواع پره ها تکرار کنید. در حین انجام آزمایش نوع اختلاط مایع توسط هر همزن را یادداشت کرده یا می توانید از آن عکس بگیرید با رسم نمودار های ارتفاع بر حسب سرعت زاویه ای و توان بر حسب سرعت، بهترین پره را برای سیال مورد آزمایش (آب) مشخص نمایید.



سوالات:

۱) یک صنعت خاص را در نظر گرفته و انواع همزن هایی را که در آن به کار می رود با ذکر نوع کاربرد آن مشخص نمایید.

۲) انواع همزن ملخی و توربینی را ذکر کرده و مشخصات آنها را بیان کنید.

۳) به نظر شما چه اصلاحاتی را می توان برای یک پره مشخص که در صنعت استفاده می شود، بکار برد تا کارایی آن پره موثر تر شود؟ (با ذکر دلیل)

۴) تفاوت جریان محوری و جریان شعاعی در چیست؟

آزمایش شماره ۲

یکی از مشکلاتی که در حین همزده ایجاد می شود پدیده گرداب است، که از جمله روش های مقابله با آن استفاده از بافل می باشد. بدین منظور آزمایش های انجام شده در مرحله قبل را این بار در حضور بافل تکرار کنید و مشاهدات خود را گزارش نمایید.

سوالات:

۱) وجود گرداب باعث ایجاد چه مشکلاتی می شود؟

۲) راه های مقابله با گرداب را ذکر کنید.

۳) در یک صنعت مشخص، راه های مقابله با گرداب را ذکر کنید. (با ذکر دلیل)

✓ برای نشان دادن اینکه توان مصرفی بوسیله مخلوط کن، با سرعت، نوع پره و وجود تیغه ها چگونه تغییر می کند.

(ثانیه/رادیان) (w) سرعت زاویه ای \times گشتاور نیرو $(T) = (W)$ توان

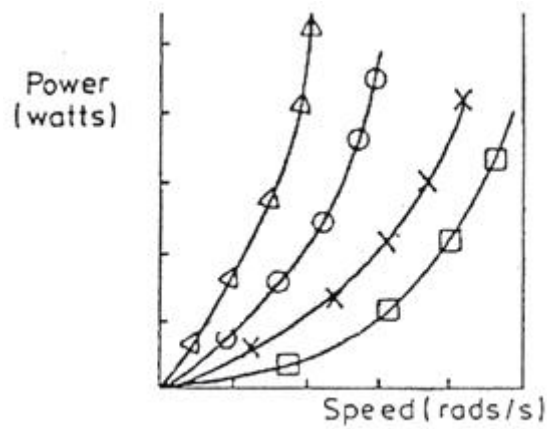
$(r = 0.11 \text{ m})$ طول بازوی نیروی گشتاور \times نیروی خوانده شده در نیروسنج فنری $(T) =$ گشتاور

همزن ها

بازوی گشتاور $(r) = 0.11 \text{ m}$

سرعت زاویه ای = $\text{r.p.m} \times 2\pi \text{ (rad/min)}$

سرعت زاویه ای $(\omega) = \text{r.p.m} \times 2\pi/60 \text{ (rad/s)}$



نمودار (۱). نمودار نوعی توان-سرعت

O: پره مسطح $(0.09 \times 0.06\text{m})$ بدون تیغه ها؛

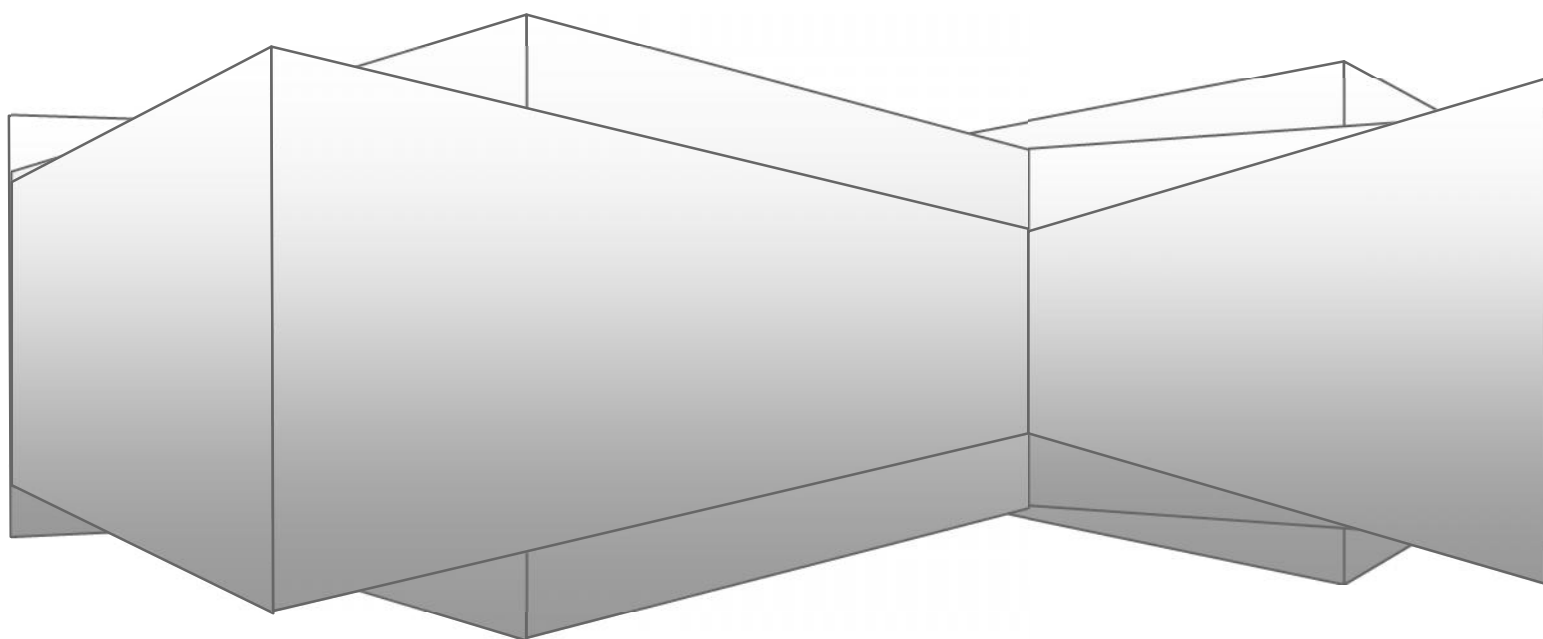
Δ: پره مسطح $(0.09 \times 0.06\text{m})$ با تیغه ها؛

Π: پره توربینی بدون تیغه ها؛

X: پره توربینی با تیغه ها.

حل دوم

دینامیک مخازن



فصل دوم- دینامیک مخازن همزن دار

۲-۱- مقدمه

گر چه کلیه فرایندهای صنعتی پیوسته، طوری طراحی می‌شوند که در شرایط حالت پایا کار کنند، اغتشاشهای متعددی در عمل صنعتی روی می‌دهد که اجتناب ناپذیر است (اگر کنترل نباشد) به تغییر رفتار سیستم با زمان منجر می‌شود. هدف دستگاه کنترل خودکار این است که به همراه راهنمایی دستی یا رایانه‌ای، شرایط بهینه حالت پایای واحد صنعتی را به نحوی تدارک ببیند که اغتشاش‌های ناخواسته و تغییرات شرایط فرایند را جبران کند. به علاوه بسیاری از فرایندهای صنعتی به طور ناپیوسته کار می‌کنند، که به طور ذاتی سیستم‌های حالت ناپایا هستند.

برای هر شخص درگیر در طراحی واحد صنعتی و عملیات، مهم این است که درکی از شرایط ناپایا و به عبارت دیگر، رفتار دینامیک فرایند واحدهای نمونه را در طول کارآموزی اخذ کند. دستگاه دینامیک مخازن همزننده آرمفیلد در ساده ترین واحد فرایند صنعتی مخزن همزننده در عمل پیوسته متمرکز شده است. سه تا از چنین واحدها به طور سری قرار گرفته اند، که هر کدام در حجم ثابتی کار کرده و در هر کدام از آنها سل رسانایی برای اندازه‌گیری تغییرات غلظت ناشی از تغییر عمده‌ی شرایط ورودی از پیش تعیین شده وجود دارد. هدف دستگاه مقایسه پاسخ‌های تعیین شده غلظت‌های مخازن به دگرگونی به طور تجربی با پاسخ‌های تعیین شده به روش تئوری از مدل‌های ساده است.

دستگاه خود کفاست و به راحتی برای آزمایش دانشجوی در مدت ۳ ساعت آزمایشگاه میزان شده است در کلیه دستگاه از مواد ناخورنده استفاده شده، و این دستگاه تعدادی از شکل‌های مختلف فرایند را برای حداکثر استفاده آموزشی و تمرینات پژوهشی میسر می‌سازد. معلوماتی از معادلات دیفرانسیل خطی برای تحلیل نتایج ضروری است.

۲-۲- معرفی راکتورهای شیمیایی

راکتور (واکنشگاه) شیمیایی (chemical reactor) دستگاهی است که در آن واکنش‌های شیمیایی (chemical reactions) از قبیل تبدیل، ترکیب یا تجزیه به منظور تولید ماده مورد نظر صورت می‌گیرد. طبق قرارداد، دستگاه در بردارنده واکنش سوختن به منظور تولید انرژی، راکتور محسوب نمی‌شود. عواملی چون دما، فشار، غلظت (concentration)، اختلاط (mix) و . . . در انجام و سرعت یک واکنش دخیل می‌باشند. از این رو در طراحی راکتورهای شیمیایی از اصول مکانیک سیالات، ترمودینامیک، انتقال حرارت، انتقال جرم و سینتیک واکنش‌های شیمیایی بهره‌گیری می‌شود. به دلیل انجام بعضی واکنش‌های ناخواسته یا وجود مقداری از مواد اولیه با محصول راکتور، امکان عرضه مستقیم محصول به بازار مهیا نیست. برای تحقق این امر انجام بعضی عملیات فیزیکی چون جداسازی، خالص سازی و . . . بر روی محصول ضروریست. به دلیل اهمیت و حساسیت عملیات شیمیایی صورت یافته در راکتورها، اقدام به تاسیس گرایش با عنوان طراحی راکتورهای شیمیایی در مهندسی شیمی شده است. در این گرایش مهندس طراح با نظریات بنیادی تحلیل فرآیند، طراحی تجهیزات و ارزیابی اقتصادی و بهینه سازی آنها آشنا می‌شود، تا با تلفیقی منطقی، توانمندی ارایه مدل (الگوی) ریاضی یک راکتور شیمیایی را پیدا نماید.

۲-۳- انواع راکتورهای شیمیایی

راکتورها براساس نوع واکنش انتخاب می‌شوند. بر اساس یک تقسیم بندی راکتورها به دو دسته به صورت زیر تقسیم می‌گردند: ۱- مداوم مخزنی (Continuous) شکل مجهز به همزن و لوله ای شکل

۲- غیر مداوم (non-continuous)

بر اساس نوع دیگر تقسیم بندی راکتورها را به دو دسته زیر تقسیم می‌کنند:

۱- واحدی (wise Stage) ۲- دیفرانسیلی (Differential)

۲-۳-۱- راکتور مخلوط شونده (CSTR)

راکتور مخلوط شونده که جزء راکتورهای مداوم است در شرایطی که یک واکنش شیمیایی احتیاج به همزدن شدید داشته باشد مورد استفاده قرار می گیرد. راکتورهای مخلوط شونده یا به تنهایی و یا به صورت پشت سرهم متصل می گردند. کنترل حرارتی در این نوع راکتورها به آسانی انجام می گیرد. یکی از محدودیتهای این نوع راکتورها درصد تبدیل پایین در مقایسه با سایر راکتورها می باشد. به همین دلیل حجم راکتور مذکور باید بزرگ انتخاب شود، تا به درصد تبدیل بالا دست یافت. راکتورهای **Mixed** یا CSTR برای اغلب واکنش های متجانس در فاز مایع استفاده می شود. در راکتورهای اختلاط کامل به علت وجود داشتن همزن خوراک ورودی به سرعت در سرتاسر ظرف پراکنده شده و غلظت در هر نقطه درون ظرف تقریباً یکسان است. لذا سرعت واکنش در تمام نقاط درون سیستم تقریباً یکسان میگردد. بطور کلی در راکتورهای اختلاط کامل (ایده آل) تغییرات مکانی غلظت (یا خواص فیزیکی) درون راکتور و یا در خروجی آن وجود ندارد و خواص درون سیستم یکنواخت می باشد.

۲-۳-۲- راکتورهای دوره ای (Recycle Reactor)

در این نوع راکتور مخلوط واکنش خروجی از راکتور بدون عبور از مراحل جدا سازی و بازیافت به ورودی راکتور برگشت داده می شود. این نوع برگشت در راکتور **Mixed** وجود دارد و از این نظر امری عادی می باشد. یعنی استفاده از جریان برگشتی برای یک راکتور **Mixed** اثری روی بازدهی ندارد. باید توجه داشت که استفاده از جریان برگشتی برای یک راکتور با جریان **Plug** معمولاً بازدهی را کاهش می دهد و آن را به سمت بازدهی یک راکتور **Mixed** سوق می دهد.

لذا معمولاً در شرایط زیر از راکتورهای دوره ای استفاده می کنیم:

۱- برای واکنشهای اتوکاتالیزوری و واکنشهایی که احتیاج به همزدن خاصی دارند. مثلاً اگر واکنشی احتیاج به درصد معینی از همزدن (کمتر از الگوی اختلاط راکتور مخلوط شونده و بیشتر از الگوی اختلاط در راکتور لوله ای) داشته باشد از راکتور دوره ای استفاده می کنیم.

۲- برای واکنشهایی که باید در شرایط هم دما انجام بگیرند.

۳- برای واکنشهایی که متشکل از چند واکنش سری یا موازی رقابتی هستند، برای رسیدن به تولید بهینه (ماکزیمم) از محصول مورد نظر (Selectivity)، از راکتورهای دوره ای استفاده می کنیم.

اجزای موجود در راکتورها عبارتند از:

۱- همزن (agitator) ۲- دیوارک (baffle) ۳- توزیع کننده گاز (gas Spurger) ۴- ژاکت

۲-۳-۱- همزن :

در اغلب واکنشهای شیمیایی، بخصوص واکنشهای چند فازی، نحوه، شدت و مدت زمان اختلاط مواد در بازده واکنش تاثیر چشمگیری دارد. اگر اختلاط در حد مطلوبی انجام نگیرد، مولکولهای واکنشگرها برخورد کافی با یکدیگر نخواهند داشت. در نتیجه بازدهی از حد انتظار کمتر خواهد بود. بنابراین جهت تسریع در سرعت واکنش و یکنواختی مخلوط از همزن استفاده می شود. باید توجه داشت که زمان اختلاط بیش از حد نباشد، به دلیل آنکه در بسیاری از واکنشهای شیمیایی منجر به تجزیه محصول و تولید مواد ناخواسته می شود. دلیل دیگر استفاده از همزن در راکتور، بهبود در وضعیت انتقال حرارت می باشد. پره های ملخی، توربینی و پارویی از مهمترین انواع پره ها برای همزدن مایعات با گرانروی پایین می باشند. همچنین از این پره ها جهت پخش گاز در داخل مایع با گرانروی پایین، تعلیق جامد در مایع با گرانروی پایین و اختلاط دو فاز مایع نامحلول بهره گرفته می شود. این همزنها با سرعت زیاد دوران می کنند همچنین

از پره های لنگری و حلزونی (anchor and helical) در همزدن مایعات با گرانروی زیاد استفاده می شود. سرعت دوران آنها نیز پایین است.

۲-۲-۳-۲- مخازن با دیوارک یا آبگردان

برای اختلاط کامل سیالهای رقیق با گرانروی پایین از تعدادی تیغه‌های عمودی و شعاعی موسوم به

دیوارک یا آبگردان (baffle) استفاده می شود. این دیوارک‌ها در دیواره راکتور نصب می شوند. در اکثر

مواقع به کارگیری چهار عدد آبگردان مناسب است. هنگامی که چرخش سیال در راکتور به خوبی صورت

پذیرد ولی بوجود آمدن گردابه مساله ساز باشد، از آبگردانهایی با طول کوچک استفاده می شود.

۲-۴- تأثیر نوع پروانه بر زمان اختلاط در مخازن همزن دار

زمان اختلاط، الگوی جریان و عدد توان یک مخزن به طراحی و نوع پروانه ی آن بستگی دارد. به عبارت

دیگر، کارایی پروانه غالباً از طریق زمان اختلاط ارزیابی می گردد. برای بررسی تأثیر نوع پروانه بر زمان

اختلاط، آزمایش‌هایی برای انواع مختلفی از پروانه‌ها در یک مخزن همزن دار به قطر 1.75 m انجام شد.

اندازه گیری‌های زمان اختلاط توسط تکنیک تغییرات هدایت الکتریکی در پنج سرعت چرخشی مختلف

(در محدوده ی $400-2000\text{ rpm}$) برای همزن‌های: ملخی دو پره، ملخی سه پره، توربینی چهار پره و

توربینی شش پره صورت گرفت. سیال اصلی مورد استفاده آب بود. بعلاوه 7 CC محلول کلرید سدیم به

عنوان ردیاب با غلظت 200000 ppm در یک محل مشخص به دفعات تزریق شد. زمان اختلاط به عنوان

زمانی که از تزریق ردیاب سپری می شود تا غلظت آن در یک نقطه ی مشخص به 95 غلظت نهایی برسد

تعریف شد. با تغییر نوع پروانه‌ها، زمان اختلاط پروانه‌های مختلف ارزیابی شد. در واقع پروانه‌ی ارابه

دهنده‌ی کمترین زمان اختلاط به عنوان بهترین پروانه جهت اختلاط در شرایط مورد نظر آزمایش معرفی

شد. نشان داده شد که افزایش سرعت چرخشی همزن منجر به کاهش قابل توجه زمان اختلاط و نیز افزایش

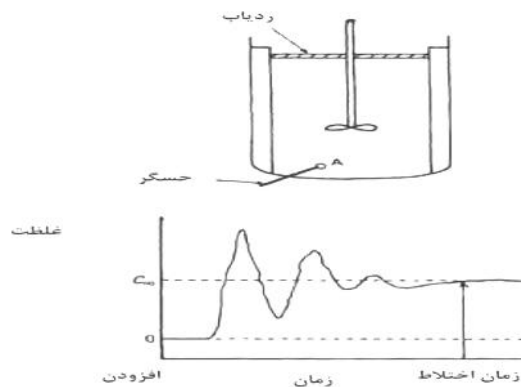
اغتشاش می‌گردد. در نهایت با نصب تیغه‌هایی در مخزن، کاهش گرداب‌ها و در نتیجه کاهش زمان اختلاط مشاهده گردید.

در طول سال‌ها، محققین در مورد بهینه کردن فرآیندهای اختلاط در مخازن همزن دار با توجه به توان مصرفی، کیفیت مخلوط، زمان اختلاط و هزینه‌های اولیه و جاری، تلاش‌های زیادی انجام داده‌اند. برای یک فرآیند اختلاطی، مخازن با اشکال هندسی مختلف و پروانه‌های متفاوت به کار گرفته شده‌اند. با توجه به پیچیدگی فرآیند اختلاط، هنوز هم تحقیق در این موضوع از اهمیت خاصی برخوردار بوده و تأکید زیادی روی مطالعات تجربی می‌شود. تغییر طرح یک مخزن همزن دار موجود برای بالا بردن کارایی، همانند طراحی یک سیستم اختلاطی جدید، نیاز به دقت و مطالعه فراوان دارد. این نیاز باعث شده است تا محققین مطالعات تجربی زیادی با روش‌های مختلف در این مورد انجام دهند. از نکات مهمی که در فرآیند اختلاط باید در نظر گرفته شود، انتخاب پروانه مناسب جهت حصول توان مصرفی کمتر و زمان اختلاط کوتاه‌تر و همچنین از بین بردن یا کاهش اثر گرداب‌های ایجاد شده در اختلاط است که مورد بررسی قرار گرفته است. معمولاً پروانه‌ها در یک طرح هندسی مشابه و طیف یکسانی استفاده می‌شوند تا از مقایسه بین تحقیقات مختلف، نتایج مطلوبی حاصل گردد. به مدت زیادی، علاقه مندی در زمینه‌ی انتخاب نوع پروانه برای بدست آوردن کارآمدترین عملکرد در اختلاط سیالات وجود داشته است. برای کمی ساختن و ساختاری نمودن بیشتر این خواسته، ویژگی‌های اختلاطی پروانه‌ها معمولاً توسط افزودن ردیابی از جنس سیال داخل مخزن اندازه‌گیری می‌شود. زمان اختلاط به تکنیک آزمایشگاهی به کار گرفته شده برای اندازه‌گیری آن بستگی دارد. از جمله‌ی این روش‌ها می‌توان تکنیک‌های واکنش‌های شناساگر اسید-باز، تغییرات هدایت الکتریکی، تغییرات دما، تغییرات ضریب شکست و تکنیک‌های جذب نور را نام برد. معمول‌ترین روش برای اندازه‌گیری زمان اختلاط، استفاده از یک حسگر اندازه‌گیری هدایتی یا ترموکوپل

برای تعیین تغییرات هدایت الکتریکی یا تغییرات دما در درون مخزن می باشد. که در این تحقیق، روش هدایت سنجی به کار گرفته شده است. زمان اختلاط زمانی است که از لحظه ی افزودن ردیاب اندازه گیری می شود تا جایی که محتویات داخل مخزن به درجه ای از یکنواختی برسد که سیستم "مخلوط شده" نامیده شود. حد مطلوب یکنواختی می تواند بر حسب درجه ی اختلاط، Y ، که میزان دامنه ی اختلاط در یک

$$y = \frac{C_t - C_0}{C_{\infty} - C_0} \quad \text{مخزن است، بیان گردد}$$

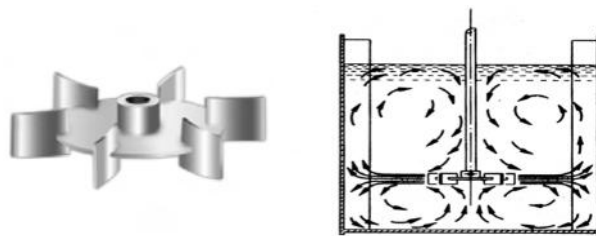
C_0, C_{∞} به ترتیب غلظت یکنواختی متوسط نهایی و اولیه ردیاب هستند. C_t غلظت یکنواختی هر بسته ی کوچک ردیاب پیرامون حسگر در زمان t می باشد. به علت اینکه رسیدن به اختلاط کامل (یعنی $Y=1$) در زمان های عملاً محدود ممکن نیست، درجه ی مطلوب یکنواختی باید در مقدار مناسبی از Y به عنوان مثال، (۰/۹۵) تعریف گردد.



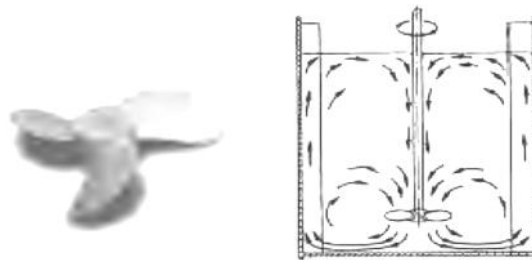
شکل ۱- اندازه گیری زمان اختلاط هنگام تزریق پالسی ردیاب

توسط یک آشکارساز مناسب، غلظت ردیاب در یک نقطه مشخص در مخزن به عنوان تابعی از زمان اندازه گیری می شود. در این آزمایش ها طبق معیاری، زمان اختلاط به عنوان زمانی که از تزریق ردیاب سپری می شود تا غلظت آن در یک نقطه ی مشخص به ۹۵٪ غلظت نهایی برسد، یا به عبارت دیگر به عنوان زمان کاهش تغییرات غلظت ردیاب به $\pm 5\%$ غلظت اختلاط کامل منظور شد.

الگوی جریان در یک مخزن همزن دار، به نوع پروانه به کار رفته، مشخصات فیزیکی سیال مصرفی، مشخصات هندسی مخزن، پروانه و تیغه‌ها بستگی دارد. توربین‌ها، پروانه‌های چند پره ای با تیغه‌های کوچک هستند که در سرعت‌های بالا استفاده می‌شوند و بوسیله آنها جریان‌های شعاعی در سیال ایجاد می‌شود. پروانه‌های ملخی از دسته‌ی پروانه‌های جریان محوری هستند که جریان‌هایی موازی با محور پروانه در سیال ایجاد می‌کنند. این پروانه‌ها برای به وجود آوردن جریان‌های عمودی قوی مناسب می‌باشند و در اختلاط جامد در مایع و معلق سازی ذرات جامد در مایع می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند. حرکت مماسی سیال اغلب نامطلوب است، چرا که باعث تشکیل گرداب خواهد شد. با افزایش سرعت همزن برای ایجاد تلاطم، توان لازم برای به حرکت درآوردن آن افزایش یافته و در اطراف محور همزن گرداب تشکیل می‌شود. وجود گرداب سبب بروز مشکلاتی در تغییر مقیاس آزمایشگاهی و نیمه صنعتی به مقیاس صنعتی می‌گردد، لذا سعی در پیشگیری از ایجاد آن می‌شود. (با به کارگیری تیغه‌ها درون مخزن).



شکل ۲ - پروانه توربینی شش پره و الگوی جریان ایجاد شده توسط آن



شکل ۳ - پروانه ملخی سه پره و الگوی جریان ایجاد شده توسط آن

۲-۵- محلول‌های لازم و اندازه‌گیری رسانندگی

راحتترین و دقیق‌ترین روش اندازه‌گیری تعیین پاسخ محتویات درون ظرف‌ها، سنجش تغییرات غلظت محلول یک نمک به وسیله روش رسانایی سنجی است. محلولهای پتاسیم کلرید در آب مقطر یا آب بدون یون بهترین معیار اطلاعات رسانایی غلظت است.

۲-۶- تئوری آزمایش

در این آزمایش رفتار دینامیکی یک یا دو مخزن بصورت سری که اختلاط کامل در آنها حاکم باشد از نظر رفتار تغییرات غلظتی یک تابع محرک بصورت پله ای یا ضربان بررسی می‌شود
آزمایش ۱: کالیبراسیون سیستم‌های اندازه‌گیری غلظت.

آزمایش ۲: بررسی رفتار هیدرودینامیکی ۱ یا ۲ مخزن همزده کامل از نظر تغییرات غلظت.

این آزمایش برای دو مخزن انجام گرفته اما می‌توان همین آزمایش را توسط یک مخزن انجام و نتایج را بررسی نمود.



روش کار

آزمایش شماره ۳

کالیبراسیون سیستم های اندازه گیری غلظت

ابتدا برای کالیبره کردن دستگاه، محلول هایی از نمک سدیم کلرید در غلظت های ۰/۲، ۰/۴، ۰/۶، ۰/۸ و ۱ را به صورت وزنی/وزنی و هر کدام در حجم ۵۰۰ میلی لیتر تهیه کرده و سل های دستگاه را با آب مقطر

بشوید. سپس محلول ۰/۲ تهیه شده را در داخل سلول اول ریخته (در حالی که شیر اتصال آن به سل دوم بسته باشد) و هدایت آنرا یادداشت کنید، پس از یادداشت هدایت مربوط به سل اول می توان شیر را باز کرد تا محلول وارد سل دوم شود. این بار هدایت مربوط به سل دوم را یادداشت نمایید. این کار را برای تمام محلول های نمک (از غلظت کم به زیاد) تکرار کنید. جدول هدایت برای غلظت های مختلف را تنظیم کرده و برای هر یک از راکتورها به طور جداگانه نمودار هدایت بر حسب غلظت را رسم کنید و معادله ی خط مربوط به کالیبراسیون دستگاه را بدست آورید.

آزمایش شماره ۴

بررسی رفتار هیدرو دینامیکی مخازن همزده کامل، از نظر تغییرات غلظت

۵ لیتر محلول ۱ درصد از نمک سدیم کلرید بسازید سپس در یک مخزن آب خالص و در مخزن دیگر محلول ۱ درصد را بریزید ابتدا فقط شیر مربوط به مخزن آب خالص را باز می کنیم تا آب از هر دو سل عبور کند سپس شیر مربوط به مخزن آب نمک را به صورت پالسی، برای مدت زمان مشخصی (مثلا ۱۰ ثانیه) باز و بسته می کنیم بطوریکه دبی ورودی مواد روی ۱۵ ثابت باشد در این حین سعی می شود که سطح محلول ها در دو سل یکسان بوده و در حدود ۹-۱۰ باشد (این در حالی است که خروجی محلول از سل دوم به خارج هدایت می شود و وارد سیستم نمی شود) در هر ۱ دقیقه پس از اعمال آب نمک (به صورت پالسی)، هدایت مربوط به هر کدام از مخزن ها را یادداشت نموده و از روی معادله خط بدست آمده از مرحله کالیبراسیون (آزمایش ۱) غلظت های بدست آمده از آزمایش ۲ را به هدایت تبدیل کنید و در نهایت نمودار غلظت بر حسب زمان را برای هر سل رسم کنید.

سوالات

۱- ارتباط آزمایش ۱ و ۲ چیست؟

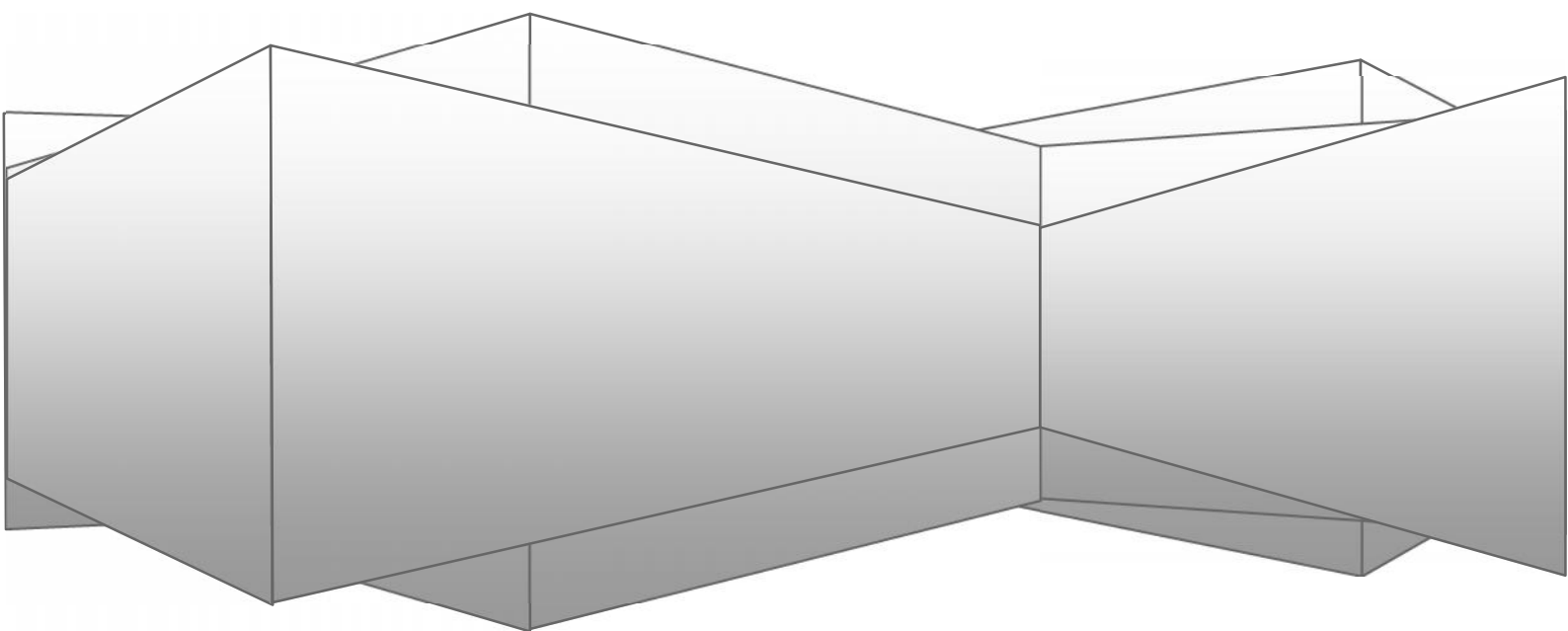
۲- آیا می توان برای آزمایش ۲ محلولی ساخت که غلظت آن از محلول های ساخته شده در آزمایش ۱

کمتر یا برابر با آن ها باشد؟ و چرا؟

۳- حداقل ۳ نوع راکتور را نام برده و در مورد آن ها توضیح دهید و زمینه ی کاربرد آن ها را بیان کنید.

صل سوم

استخراج



۳-۱- استخراج جامد- مایع (Solid liquid extraction):

استخراج جامد - مایع به یکسری از عملیاتی اطلاق می شود که در طی آن محتویات یک جامد توسط یک حلال (مایع) از آن بیرون کشیده می شود، عمل انحلال می تواند به صورت فیزیکی یا شیمیایی باشد. یا به عبارتی دیگر منظور از استخراج جامد به وسیله ی یک مایع از آن است که جسمی را از مخلوط جامد به وسیله ی حلال آن جسم جدا کنند. استخراج از جامد در صنایع زیادی مورد استفاده قرار می گیرد مانند استخراج مس از سنگ معدن اکسید شده آن به وسیله ی اسید سولفوریک رقیق، استخراج روغن از کنجاله ی دانه های نباتی به وسیله ی بنزین یا نفتا، استخراج طلا از سنگ معدن طلا به کمک محلول های سیانید، استخراج روغن از دانه های پنبه به وسیله هگزان، استخراج شکر از چغندر قند به وسیله ی آب داغ.

در بسیاری موارد مواد غذایی، زیستی، آلی و غیر آلی به صورت یک مخلوط، در فاز جامد موجود می باشند. برای جداسازی یک جزء مطلوب یا خارج کردن یک جزء نامطلوب از فاز جامد می توان از تماس فاز جامد با حلال مایع استفاده نمود. وقتی که دو فاز با هم در تماس هستند یک یا چند جزء حل شونده تمایل دارند از فاز جامد به فاز مایع نفوذ کنند که در نتیجه یک جداسازی بین اجزاء بوجود می آید. این جداسازی استخراج جامد- مایع یا لیچینگ نام دارد. در فرآیند استخراج جامد- مایع وقتی جزء نامطلوب توسط حلال آب از فاز جامد جدا می شود به فرآیند اصطلاحاً شستشو گویند.

۲-۳- فرآیند استخراج جامد-مایع در صنایع غذایی و زیستی:

در صنایع غذایی بسیاری از محصولات توسط فرآیند استخراج جامد-مایع از مواد خام جداسازی می شوند. یکی از این فرآیندها که بسیار حائز اهمیت می باشد فرآیند جداسازی قند از چغندر قند توسط آب گرم است. همچنین در تولید روغن های نباتی حلال های آلی همچون هگزان، استون و یا اتر استفاده می شوند تا بتوان روغن موجود در بادام زمینی، سویا، کتان، دانه های کرچک، دانه های آفتابگردان و دانه های پنبه را جدا کرد. در صنایع دارویی بسیاری از داروها توسط استخراج جامد-مایع از ریشه یا ساقه گیاهان استخراج می شوند و مثال معمول آن استخراج قهوه و همچنین درست کردن نوشیدنی چای از چای خشک می باشد. اسید تانیک نیز توسط آب از پوست درخت جدا می شود.

۳-۳- فرآیند استخراج جامد-مایع برای مواد آلی و غیر آلی:

فرآیند استخراج جامد-مایع به طور وسیعی در صنایع فلزات مورد استفاده قرار می گیرد. فلزات سودمند معمولاً با درصد پایین در مخلوطی از مواد نامطلوب قرار گرفته اند که توسط یک حلال از این مواد استخراج می شوند. نمک مس موجود در سنگ معدن توسط اسید سولفوریک و محلول های آمونیاکی استخراج می شود. نمک کبالت و نیکل توسط حلال اسید سولفوریک-آمونیاک-اکسیژن از سنگ معدن استخراج می شود و طلا توسط محلول سیانید سدیم از سنگ معدن آن استخراج می شود.

۳-۴- آماده سازی جامد برای استخراج جامد- مایع:

۳-۴-۱- مواد آلی و غیر آلی:

آماده سازی فاز جامد بشدت به شرایط آن بستگی دارد. در حالت کلی آماده سازی فاز جامد به نحوه پراکنده بودن جزء مطلوب در فاز جامد، غلظت جزء مطلوب در فاز جامد و طبیعت فاز جامد از نظر نفوذ حلال در آن بستگی دارد. در صورتی که جزء مطلوب توسط یک لایه غیر قابل نفوذ احاطه شده باشد حلال باید از لایه غیر قابل نفوذ عبور داده شود تا بتواند جزء مطلوب را در خود حل کند. برای این منظور از خرد کردن فاز جامد کمک گرفته میشود. با این عمل جزء مطلوب بیشتر در معرض حلال قرار گرفته و فرآیند استخراج را بسیار سریع تر می نماید. در صورتی که جزء مطلوب در همه فاز جامد گسترده شده باشد خرد کردن فاز جامد مشکلی را حل نمی کند. در این حالت استفاده از یک حلال متفاوت برای حل کردن مواد دیگر و بالا بردن غلظت جزء مطلوب موثر می باشد.

۳-۴-۲- مواد گیاهی و حیوانی:

مواد زیستی (بیولوژیکی) معمولاً در ساختار سلولی قرار گرفته اند بنابراین به مراتب سرعت استخراج این مواد پایین تر است زیرا وجود سلول های کوچک، مقاومتی برای نفوذ خواهند بود و خرد کردن مواد اولیه تا حد بزرگتر از سلول هیچگونه تاثیری بر استخراج جزء مطلوب نخواهد داشت. اما در گیاهان این طور نیست مثلاً چقندر قند خرد می شود تا مسیر نفوذ حلال آب کاهش یابد و استخراج سریعتر شود. در استخراج مواد دارویی از ریشه، ساقه و برگ گیاهان معمولاً خشک کردن مواد اولیه قبل از استخراج بسیار موثر خواهد بود چون باعث شکاف خوردن پرزها شده و حلال راحت تر نفوذ می کند. در استخراج روغن

از دانه ها روغنی نیز خرد کردن یا له کردن این دانه ها موثر می باشد زیرا جزء مطلوب راحت تر در معرض حلال قرار می گیرد و حتی مقداری از آن بدون حضور حلال و به صورت مستقیم خارج می شود.

۳-۵- سرعت استخراج جامد- مایع:

در استخراج جزء مطلوب از درون فاز جامد توسط حلال مایع به طور کلی مراحل زیر انجام می شود. ۱- جزء حلال از توده حلال تا سطح جامد نفوذ می کند. ۲- جزء حلال در جسم جامد نفوذ می کند. ۳- جزء حل شونده در حلال حل می شود. ۴- حلال و جزء حل شده از درون جسم جامد تا سطح جسم جامد نفوذ می کنند. ۵- جزء حل شده از سطح جامد تا توده حلال نفوذ می کند. در نظر گرفتن همه این مراحل باعث پیچیدگی معادله سرعت استخراج خواهد شد. در حالت کلی سرعت نفوذ حلال از توده حلال تا سطح جامد به حد کافی سریع است در حالی که نفوذ حلال در جامد می تواند سریع یا کند باشد. در هر حال هر کدام از مراحل بالا دارای سرعت مخصوص به خود می باشند و کمترین سرعت کنترل کننده سرعت استخراج است. به محض اینکه حلال با جسم جامد تماس داده شود حلال خود را به سطح جامد می رساند. استخراج جزء حل شونده در حلال می تواند حل شدن فیزیکی ساده یا یک واکنش شیمیایی باشد. مکانیسم های حل شدن بسیار متفاوت هستند و دانش کلی در مورد آنها کم است. معمولا سرعت نفوذ حلال از سطح جامد به درون جسم جامد و یا بالعکس سرعت نفوذ حل شونده از درون جسم جامد به سطح جامد کنترل کننده سرعت استخراج می باشند که تابع عوامل مختلفی هستند. داشتن فضای خالی و متخلخل باعث افزایش سرعت نفوذ خواهد شد که این نفوذ بر مبنای ضریب نفوذ موثر تعریف می شود. در استخراج قند از چقندر قند، یک پنجم هسته ها شکافته می شوند که در این هسته ها استخراج به صورت شستشو می باشد. در بقیه سلولها (که شکافته نشده اند)، حلال باید نفوذ کند و حل شونده را در خود حل

کند بنابراین در عملیات استخراج دو مکانیسم وجود دارد که این استخراج را نمی توان به سادگی بر حسب ضریب نفوذ موثر بیان کرد. در سویا همه قسمت ها به طور موثر استخراج نمی شوند. برای استخراج بهتر باید آنها را خرد و له کرد که در این صورت نفوذ حل شونده از درون فاز جامد به سطح جامد به راحتی قابل محاسبه نمی باشد. مقاومت انتقال جرم نفوذ حل شونده از سطح جسم جامد به توده حلال معمولاً در مقایسه با نفوذ آن در جسم جامد بسیار کم است اما در استخراج سویا در صورتی که سرعت همزن حلال کم باشد این مقاومت نیز زیاد بوده و بر استخراج تاثیر می گذارد.

۳-۶- روش های عملیاتی استخراج جامد- مایع:

تعدادی از روش های عملیاتی برای استخراج جامد- مایع که معمول هستند در ادامه شرح داده می شوند. در صنایع معدنی از سیستم ناپیوسته که به استخراج جامد- مایع درجا معروف است استفاده می شود. در این سیستم حلال در تماس با فاز جامد قرار گرفته و سپس توسط صاف کردن، حلال و فاز جامد را از هم جدا می کنند. در روش دیگر مایع استخراج شده دوباره توسط پمپ روی فاز جامد خرد شده ریخته می شود. مس توسط حلال اسید سولفوریک از کانی سولفاید با استفاده از این روش استخراج می شود. در یک روش دیگر جامد خرد شده در یک بستر قرار گرفته و حلال مایع روی آن حرکت می کند. در این حالت نباید جامد خرد شده ریز باشد چون جلوی حرکت سیال را خواهد گرفت و گاهی اوقات از چندین تانک که به صورت سری قرار گرفته اند برای استخراج استفاده می شود که به این مجموعه، مجموعه ی استخراج گفته می شود و هر تانک، دیفیوزر نامیده می شود و به هر تانک حلال تازه تزریق می شود. در برخی فرآیندها فاز جامد خرد شده توسط نوار نقاله یا انتقال دهنده مارپیچی با فاز حلال تماس داده می شود. همچنین جامد خرد شده می تواند در مخازن مجهز به همزن یا تغلیظ کننده با حلال تماس داده شود.

۳-۷- عوامل موثر بر استخراج

۱- رنده کردن: هرچه قدر جسم جامد ریزتر باشد و یا در حقیقت سطح تماس حلال با جسم جامد بیشتر باشد عمل استخراج با راندمان بهتری انجام می گیرد.

۲- پرس کردن و له کردن: جهت تخریب ساختمان

۳- دمای بهینه (در دماهای بالاتر، ویسکوزیته کمتر و استخراج راحت تر صورت می گیرد اما ممکن است همین دما باعث تخریب ساختمان ماده شود یا چندین ماده را با هم استخراج کند).

۴- ضریب توزیع: ضریب توزیع جسم استخراج شونده در حلال هر قدر زیادتر باشد با صرف زمان کمتر و حلال کمتر، عمل استخراج بطور اقتصادی تر صورت می پذیرد.

عمل استخراج از جامد به وسیله ی مایع در دو مرحله صورت می پذیرد:

۱- حلال و جسم جامد را به طرق مختلف در مجاورت یکدیگر قرار می دهند تا انتقال جرم از جامد به حلال انجام شود.

۲- حلال و جسم حل شده در آن را از جسم جامد (تفاله) جدا نموده و در یک سیستم تبخیر یا تقطیر، حلال را جدا می کنند و در صورت لزوم دوباره به سیستم استخراج برمیگردانند.

انواع سیستم های استخراج:

۱- ناپیوسته (Batch) ۲- نیمه پیوسته (Semi batch) ۳- پیوسته (Continuous)

در حالت ناپیوسته هر دو مورد استخراج شونده (جامد) و عامل استخراج (حلال) یکجا در محل استخراج کنار هم قرار می گیرند و عملیات استخراج صورت می گیرد.

در نیمه پیوسته جامد یک مرحله در محل استخراج قرار داده می شود (ثابت) ولی حلال مرتب از آن عبور کرده و استخراج صورت می پذیرد.

در سیستم پیوسته هم حلال و هم جامد دائما از کنار هم می گذرند و استخراج صورت می گیرد.

۳-۸- واحد استخراج جامد - مایع (Solid - Liquid Extraction Unit)

استخراج ماده از جامد با استفاده از مایع، فرایند متداولی در مهندسی شیمی است، به ویژه اگر با مواد بیولوژیکی سروکار داشته باشیم. متداول ترین عملیاتی که فرایند را به روشنی تشریح می کند، درست کردن چایی یا قهوه است که از آب داغ برای استخراج از برگ های چایی یا دانه های قهوه استفاده می شود.

نمونه های دیگر، استخراج قند از چغندر قند و روغن ها از دانه ها و.. است. استخراج را می توان با آب داغ یا حلال های آلی، در دماهای مختلف و سرعت جریان های مختلف حلال اجرا کرد.

واحد استخراج جامد - مایع آرمفیلد واحدی در مقیاس نیمه صنعتی برای یادگیری دانشجویان از ویژگی های عملکرد دستگاه های استخراج کننده به مقیاس کامل (Full - size) است. ماده استخراج شونده در کیسه مقاوم به حلال، که در مخزن استوانه ای قرار گرفته، ریخته می شود. حلال داغ یا سرد، از درون این مخزن پمپ می شود و به درون مخزن دیگر وارد شده و یا دوباره جریان می یابد. می توان از بخش استخراج شده به راه های مختلف استفاده کرد. به عنوان نمونه به وسیله ی تقطیر حلال می توان استخراج شده را تغلیظ کرد.

توجه: از آنجا که سیستم کنترل الکتریکی مقاوم به شعله نیست، فقط از حلال های آلی که اشتعال ناپذیرند می توان در این دستگاه استفاده کرد (به طور مثال استخراج روغن نباتی / متیلن کلرید، جزو سیستم های ایمن، Safe، است).

فهرستی از آزمایش هایی که میتوان با این دستگاه انجام داد به صورت زیر است:

(۱) استخراج تراوشی مدار باز (Open circuit percolation extraction)

(۲) استخراج غرقابی مدار باز (Open circuit Flooded extraction)

(۳) استخراج تراوشی مدار بسته (Closed circuit percolation extraction)

(۴) استخراج غرقابی مدار بسته (Closed circuit flooded extraction)

✓ در استخراج تراوشی مدار باز (Open circuit percolation extraction) غلظت استخراج شده خروجی از استخراج کننده، در ضمن استخراج، با گذشت زمان کاهش خواهد یافت. بنابراین طراحی فرایند استخراج (یا شستشو) تحت تاثیر این نکته است که استخراج بیشتر، با صرفه نمی باشد.

✓ در استخراج غرقابی مدار باز (Open circuit Flooded extraction) لازم است در طول استخراج، جامد در مایع غوطه ور شود. این کار با پمپ کردن حلال به ته مخزن استخراج کننده و خروج آن از بالا انجام می شود.

✓ در استخراج تراوشی مدار بسته (Closed circuit percolation extraction) غلظت استخراج شده (قند) خروجی از مخزن استخراج کننده، ابتدا به سرعت افزایش یافته ولی پس از آن به دلیل افزایش استخراج و کاهش قند باقی مانده در نمونه و نیز به دلیل زیادی حلال، به آرامی کاهش میابد تا در نهایت در یک حد معینی ثابت می ماند.

✓ در استخراج غرقابی مدار بسته (Closed circuit flooded extraction) غلظت استخراج شده (قند) خروجی از مخزن استخراج کننده به تدریج افزایش یافته و سپس با یک میرایی محسوس در یک حدی ثابت باقی می ماند. در این روش چون استخراج شده تا سرریز شدن از مخزن استخراج در داخل آن می ماند، می تواند یک عامل بازدارنده در انتقال جرم باشد و در غلظت های بالا محسوس تر است.

عنوان آزمایش ۵: دستگاه استخراج جامد- مایع

هدف: استخراج روغن از دانه های نباتی

تئوری: هر گاه جزء (c) از مخلوط جامد (B) توسط حلال (A) جدا گردد این عمل استخراج جامد-مایع نامیده می شود.

از موارد استفاده این نوع استخراج می توان به استخراج قند از چغندر قند بوسیله آب، و استخراج مس از سنگ معدن اکسید شده آن بوسیله اسید سولفوریک رقیق و استخراج روغن از دانه های نباتی بوسیله بنزین یا نفت را نام برد. گاهی برای گرفتن ناخالصی نیز از استخراج جامد - مایع استفاده می شود.

عوامل مؤثر در شدت استخراج:

- اندازه ذرات: هر چه اندازه ذرات کوچکتر باشد شدت استخراج بیشتر است، اما ذرات خیلی ریز به صورت سوسپانسیون در می آید که جداسازی مشکل می شود .
- حلال: حلال باید ویسکوزیته پایین داشته باشد.

- دما: حد بالای دما ضریب نفوذ، انتقال جرم و حلالیت را نیز افزایش می دهد که در این نوع استخراج مطلوب است.

- هم زدن سیال: شدت استخراج را بیشتر می کند اما اگر ذرات خیلی ریز باشند، به سوسپانسیون کمک می کند و جدا سازی مشکل می شود.

روند کلی استخراج جامد-مایع:

۱- جهت انتقال جرم جامد به حلال، حلال و جسم جامد را به طریق مختلف در مجاورت یکدیگر قرار می دهند تا انتقال جرم انجام شود.

۲- فازهای تشکیل شده Clear Solution , Slurry باید توسط روشهای مکانیکی جدا شوند.

نکته: تمام مراحل فوق به عنوان ((یک مرحله)) استخراج جامد مایع شناخته می شود.

شرح دستگاه:

در دستگاه مورد استفاده پس از مجاور نمودن حلال با محلول حاوی جسم حل شده، جسم حل شده از جسم جامد را جدا کرده و در یک سیستم تبخیر یا تقطیر حلال را جدا می کنند.

متعلقات دستگاه نیز به قرار زیر است:

۱- دیگ:

دارای هیتز به توان ۲ کیلو وات که دارای ترموکوپل جهت اندازه گیری دمای مایع، می باشد. همچنین یک گیج اندازه گیری سطح جهت نمایش سطح محتویات داخل دیگ بر روی بویلر نصب شده است. شیر زیر بویلر جهت تخلیه ی مواد داخل بویلر می باشد .

بویلر به ابعاد :

• به قطر ۳۰cm

• به طول ۴۰cm از جنس استیل که خود شامل موارد زیر است:

الف) گنج جهت نمایش سطح سیال داخل مخزن

ب) مسیر ورود سیال که از مخزن استخراج خارج شده است .

ج) مسیر خروج بخار که بخار تولید شده داخل بویلر را به سمت کندانسور هدایت می کند.

د) شیر تخلیه سریع که زیر مخزن قرار دارد و برای تخلیه کلی مخزن استفاده می شود.

ه) ظرف مربوط به پر کردن مواد اولیه مخزن به همراه یک شیر تنظیم

۲- کندانسور:

دارای سطح انتقال حرارت $5.ft^2$ می باشد . حلال بعد از خروج از بویلر وارد کندانسور می شود . از آب

شهر برای خنک کردن استفاده می شود . در این دستگاه از مبدل حرارتی صفحه ای برای خنک کردن و

کندانس بخارات حلال استفاده می شود.

۳- مخزن نگهداری دانه ها:

مخزنی از جنس پیرکس می باشد و جهت نگه داری ماده جامد روغنی که داخل کیسه ی کتانی ریخته می

شود و حلال کندانی شده تعبیه شده است . سنسور دما که در داخل ظرف نمونه قرار دارد جهت نمایش

دمای ماده ی داخل مخزن می باشد .

مخزن استخراج شامل موارد زیر است:

الف) مخزن از جنس پیرکس که نمونه تحت استخراج داخل آن ریخته می شود به ابعاد: به قطر ۱۱۰mm و

طول ۴۰cm

ب) درپوش مخزن

ج) کیسه نمونه که، بعد از ریختن نمونه داخل آن، داخل ظرف پیرکس حلال معلق می شود.

د) مسیر ورود و خروج حلال

ه) مسیر تخلیه کل

د) سنسور اندازه گیری دما که دمای حلال را هنگام خروج از طرف استخراج اندازه گیری می کند.

۴- ترمومترهایی نصب شده بر روی دستگاه جهت نمایش موارد می باشد :

- جهت نمایش دمای داخل بویلر
- جهت نمایش دمای آب ورودی و خروجی کندانسور
- جهت نمایش دمای مخزن نگهداری دانه ها

۵- شیرها:

شیرهایی نیز بر روی دستگاه جهت تخلیه مایع داخل دیگ، شیر نمونه گیری زیر مخزن نگهداری دانه ها

، شیر نمونه گیری از مایع کندانس شده تعبیه شده است.

۶ - لوله کشی بین مخزن استخراج و مخزن بویلر که به صورت U شکل می باشد و هنگامی که سطح سیال داخل مخزن پیرکس بالا می رود و سیال داخل شلنگ پلاستیکی مایع می شود، با خروج از طریق لوله تمام مایع داخل مخزن استخراج کلاً به سمت بویلر هدایت می شود.

آزمایش شماره ۵

حدود ۱ تا ۲ کیلوگرم دانه های خرد و آسیاب شده سویا را با دقت بوسیله یک ترازو وزن کنید و درون یک کیسه کتانی مخصوص ریخته و درب آنرا محکم ببندید و درون مخزن استخراج قرار دهید. (دقت کنید که درب کیسه حتماً بسته باشد).

داخل بویلر حلال ریخته بگونه ای که $\frac{2}{3}$ بویلر پر از حلال باشد .

در ظرف استخراج نیز روی کیسه کتانی مقدار مشخصی حلال می ریزیم. هیتر را روشن کرده و روتامتر کندانسور را روی مقدار مشخصی (مثلاً ۵ لیتر بر دقیقه) تنظیم می کنیم. حلال درون دیگ تبخیر گشته، وارد کندانسور گشته و مایع می شود و سپس وارد ظرف استخراج یا ظرف نگهداری نمونه می شود. حلال از زیر وارد ظرف می شود و بعد از تماس با دانه ها ، از زیر ظرف نگهداری نمونه خارج شده و دوباره به داخل بویلر بر می گردد .

دستگاه به هوای آزاد راه دارد و تحت شرایط اتمسفر کار می کند و علت اینکه جسم جامد را درون کیسه قرار می دهند این است که جریان حلال، جسم جامد خرد شده را با خود حمل نکند. و خالی کردن دستگاه استخراج نیز راحت صورت پذیرد. جسم جامدی که در آزمایش به کار می رود دانه های خرد و آسیاب شده سویا می باشد. در این آزمایش حلال انتخابی هگزان نرمال ($C_{16}H_{12}$) است.

هیتر را روشن نموده

بعد از اینکه ۱ بار به طور کلی محتویات سیال ظرف نگهداری نمونه به طور کلی به داخل بویلر برگشت ، ۳۰ تا ۴۵ دقیقه صبر کرده ، سپس از زیر دیگ و زیر مخزن نمونه گیری کنید . صبر کنید تا نمونه ها خنک شوند و به دمای محیط برسند . (نمونه گیری مرحله ۱)

بعد از نمونه گیری مرحله اول ، دوباره ۴۵ تا ۶۰ دقیقه صبر کنید و به ترتیب بالا نمونه گیری کنید .

(نمونه گیری ۲)

بعد از نمونه گیری ۲ هیترها را خاموش کرده تا جریان حلال قطع شود . شیر زیر ظرف نگهداری دانه ها را باز نمایید . مدتی صبر کنید تا ، حتی الامکان حلال موجود در درون کیسه دانه سویا نیز به پایین ریخته شود و سپس کیسه را بیرون بیاورید .

تمام حلال را از طریق شیر خروجی زیر بویلر خارج کنید و میزان استخراج را بررسی نمایید . عمل استخراج طوری باید انجام شود که تا حد امکان از حلال چیزی کم نشده باشد

تعیین میزان استخراج :

۱. ۱۰۰ سی سی از حلال خالص را وزن کنید .
۲. ۱۰۰ سی سی از نمونه ای که در مرحله ی اول نمونه گیری از زیر بویلر تهیه کرده اید را وزن نمایید .
۳. ۱۰۰ سی سی از نمونه ای که در مرحله ی دوم نمونه گیری از زیر بویلر تهیه کرده اید را وزن نمایید .

۴. تفاوت وزنی مورد ۲ و ۳ با مورد ۱ میزان استخراج را نشان می دهد .

نتایج خواسته شده:

۱-دبی جریان حلال را محاسبه کنید؟

۲-مقدار روغن استخراج شده را در مدت آزمایش بدست آورید؟

۳-اطلاعات شیمیایی راجع به روغن سویا و چگونگی تصفیه آن را در صنعت به طور جامع بنویسید؟

۴-در مورد خطاهایی که در طول آزمایش باعث اختلاف بین اعداد تئوری و عمل بدست آمده می

شود، بحث کنید؟

۵-به نظر شما به چه علت باید دانه های روغنی خرد و آسیاب شده باشند؟

مشخصات جسم جامد	
نام	
مقدار مصرفی	
مشخصات حلال	
نام	
مقدار مصرفی	
دانسیته	

									زمان، دقیقه
									درجه حرارت دیگ تبخیر
									درجه حرارت آب ورودی به کندانسور
									درجه حرارت آب خروجی از کندانسور
									درجه حرارت ظرف نگهداری نمونه
									دبی آب کندانسور
									دبی حلال کندانس شده (بدست آورید)

	وزن محلول اولیه
	وزن نمونه ای از محلول
	وزن نمونه پس از تبخیر حلال

احتیاطهای لازم در هنگام کار کردن با برج استخراج جامد-مایع

۱- هنگام استفاده از حلال ها دقت نمایید .

۲- بعد از روشن کردن هیتر آب کندانسور را باز نمائید.

۳- فشارسنج همیشه باید عدد صفر را نشان دهد.

۴- در هنگام آزمایش از مشتعل کردن اجسام در مقابل دستگاه جداً خودداری نمائید.

۵- در هنگام روشن بودن هیتر از باز کردن شیر زیر دیگ خودداری نمائید.

۶- در هنگام آزمایش از باز کردن درب ورودی دیگ خودداری نمائید.

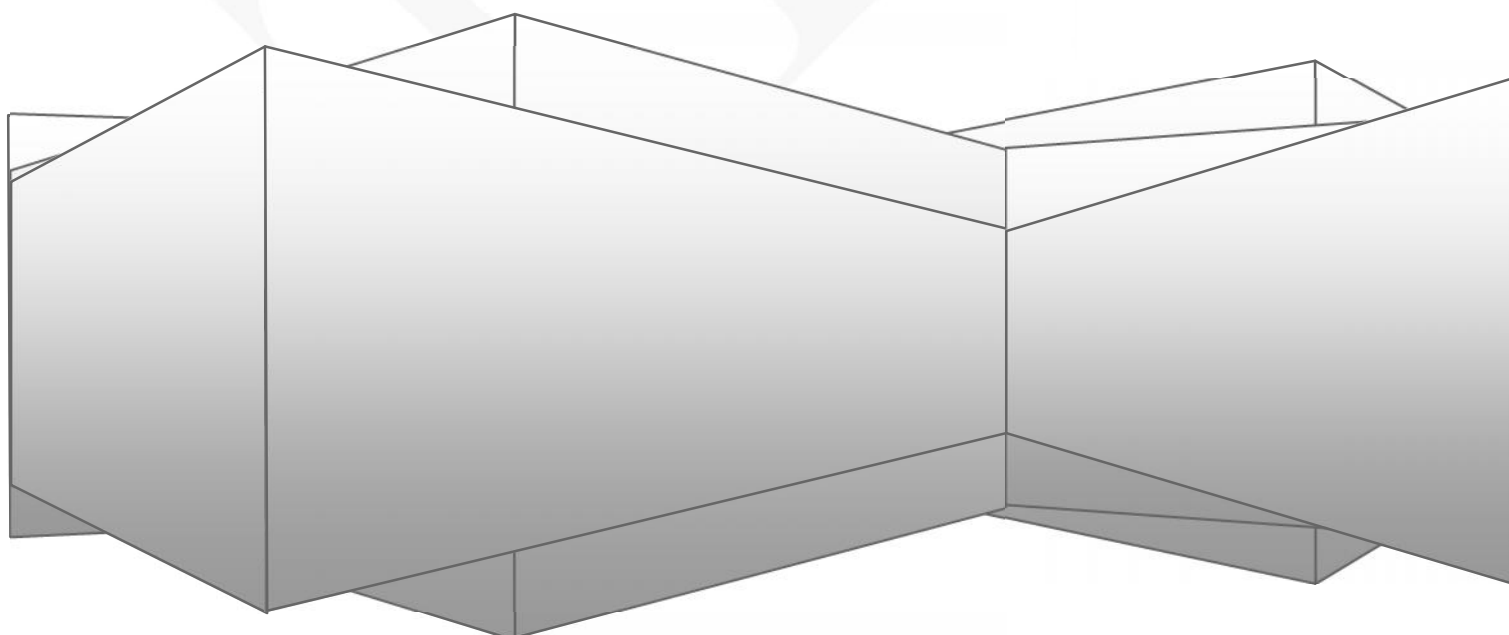
۷- در هنگام اضافه نمودن خوراک به مخزن از خاموش بودن هیتر مطمئن شوید.

۸- دقت نمائید شیر بالای کندانسور همیشه باز باشد. (یا روزنه ای روی قسمت بالای کندانسور تعبیه

شده باشد).

صل چهارم

دستکاری جامدات



فصل چهارم- دستکاری جامدات

۴-۱- دستکاری جامدات

به کلیه عملیاتی که برای شناخت و استفاده بهتر، یا بهبود کیفیت خواص توده جامد و نیز آسانی حمل و نقل جامدات بر روی آنها صورت می گیرد دستکاری جامدات گفته می شود.

بررسی ویژگیهای جامدات و آگاهی یافتن از خصوصیات و نحوه عملکرد آنها در ارتباط با دیگران ممنوع در بسیاری از فرایندهای فیزیکی و شیمیایی، بویژه در دستکاری آنها از اهمیت ویژه ای برخوردار است. جهت دستیابی به این ویژگیها، روشها و دستگاههای مختلفی رونق یافته اند که به معرفی و شرح اجمالی برخی از آنها می پردازیم.

۱- غربالها

۲- کاهش اندازه ذرات

۳- اختلاط جامدات و مواد خمیری شکل

۴- حمل و نقل و انتقال مواد

۵- سیکلونها

۶- اجکتورها

۴-۲- جداسازیهای ذرات جامد:

جداسازی در تولید مواد شیمیایی بسیار حائز اهمیت است، در واقع بیشتر تجهیزات فرورش به جداسازی یک فاز یا یک ماده، از فاز یا ماده ای دیگر اختصاص داده می شود. جداسازیها به دو دسته **جداسازیهای نفوذی** که انتقال ماده بین فازها را در بر می گیرد (عملیات واحد) و **جداسازیهای مکانیکی** که مبتنی بر اختلافهای فیزیکی بین ذرات مانند اندازه، شکل یا چگالی است و از آنها برای جداسازی جامدات از گازها، قطرات مایع از گازها، جامدات از جامدات و جامدات از مایعات استفاده می شود تقسیم بندی می شوند.

۴-۳- جداسازی مکانیکی:

برای جداسازی مکانیکی دو روش عمده وجود دارد:

۱- استفاده از غربال یا غشاء که یک جز را نگه می دارند و به دیگری اجازه عبور می دهند.

۲- استفاده از تفاوت در سرعت ته نشینی ذرات یا قطرات حین عبور از میان یک مایع یا گاز.

در این میان از غربالها در جداسازی مکانیکی به روش شماره ۱ و سیکلونها در جداسازی مکانیکی به روش شماره ۲ اشارتی مختصر خواهیم کرد.

۱- غربالها و تکان دهنده های نوسانی:

غربالهای وسایلی هستند که برای جداسازی ذرات (عموماً جامد) بر اساس صرفاً اندازه بکار می روند. در اکثر الکها

این کار بر اساس نیروی جاذبه یا بوسیله تکان دهنده ها، دوران دهنده ها یا مرتعش کننده های مکانیکی یا

الکتریکی شکل می گیرد.

روش الک کردن: عبارت است از لرزاندن خاک (هر نوع جامد) روی یکسری الک که اندازه های آنها بصورت نزولی از بالا به پایین کاهش می یابد و سپس با توجه به مقدار وزنی خاک مانده روی هر الک، توزیع اندازه دانه های یک خاک بصورت منحنی بر روی محورهای مختصات، خصوصاً مختصات نیمه لگاریتمی نشان داده می شود.

در الک کردن صنعتی جامدات را روی یک سطح می ریزند که ذرات با دانه های ریز از سوراخهای الک عبور میکند و در الکهای پایین توزیع می شود و ذرات درشتتر عبور نکرده یا در سری الکها در الکهای میانی باقی می ماند. یک الک عمل تفکیک را به دو جز مختلف انجام می دهد به این اجزا، اجزای بدون اندازه معین می گویند چون گر چه حد بالا یا پایین اندازه ذراتی که در آنها است معلوم می باشد ولی حد دیگر معلوم نیست و به همین جهت است که معمولاً برای بیان اندازه ذرات، اندازه غربال بالایی و پایینی را توأم ذکر می نمایم مثلاً ذره ای با مشخصات $\frac{11}{20}$ به این معناست که ذره از الک بامش ۱۴ عبور کرده و روی الک پایینی با مش ۲۰ باقیمانده است. مش: اگر روی غربالی ۱in طول در نظر بگیریم تعداد منفذهای موجود در این ۱in موید مقدار مش خواهد بود.

نحوه بیان اندازه ذرات بعد از غربال کردن:

بعد از غربال کردن نمونه، اندازه ذرات را با کمک اندازه غربال بالایی ذره و غربالی که ذره روی آن قرار گرفته است بیان می کنیم بطوریکه غربال درشت روزه (مش) را در بالا و غربال ریز را زیر آن بصورت $(A > B) \frac{A}{B}$ می نویسیم. و مفهوم آن این است که نمونه از غربال با اندازه (مش) A عبور کرده روی غربال با اندازه (مش) B باقیمانده است.

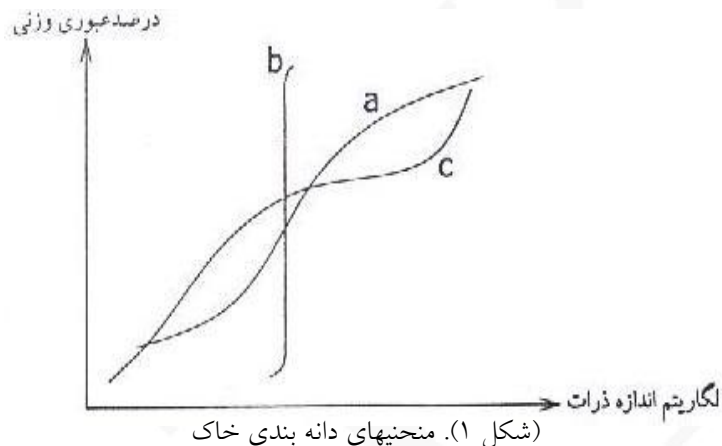
قطر غربالها: برای بیان قطر غربالها از واحد میکرون (و مشابه) و مش استفاده می شود و هر غربال از غربال قبلی

خود $2^{1/2}$ برابر کوچکتر است. صفحه مشبک غربالهای آزمایشی بوسیله سیم بافته می شود که مش و ابعاد آنها بدقت استاندارد شده اند. منافذ مربعی شکل هستند.

جهت تبدیل مش به میکرون و برعکس از جداول استاندارد استفاده می شود / در زیر ارائه شده است و همچنین بطور تقریبی از رابطه زیر بدست می آید.

منحنی های دانه بندی خاک:

پس از عملیات غربال کردن و ترسیم منحنیهای مربوطه (درصد خاک روی هر غربال بر حسب روزنه غربال) عموماً با یکی از سه نوع از این منحنی (شکل ۱) برخورد خواهیم کرد.



منحنی a خاک خوب دانه بندی شده نام دارد

یعنی از تمام اندازه در خاک موجود می باشد.

منحنی b خاک با دانه بندی یکنواخت یا میانی

نام دارد یعنی اکثریت اندازه ها متوسط می باشد.

منحنی c خاک با دانه بندی میان تهی می باشد

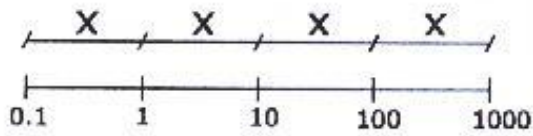
یعنی نمونه حاوی اندازه های ریز و درشت بوده و از اندازه های متوسط در آن خبری نیست. به خاکهایی که دارای دانه بندی میان تهی باشند خاک بد دانه بندی شده می گویند.

تبصره: منحنیهای دانه بندی را عموماً در کاغذهای نیمه لگاریتمی ترسیم می کنند.

دلایل رسم منحنیهای دانه بندی بر روی کاغذ های نیمه لگاریتمی

دو دلیل عمده ما را به این کار وادار می نماید؛

۱- به علت محدوده وسیع اندازه دانه ها و برای عملی شدن ترسیم منحنی دانه بندی بر روی کاغذ.



(شکل ۲). بزرگنمایی مقادیر کوچک در اشل لگاریتمی

۲- طبیعت خاکها به گونه ای است که رفتار

و خصوصیات مهندسی آنها نسبت به تغییر

قطر ذرات کوچکتر (لای و رس) حساستر

است لذا از مختصات نیمه لگاریتمی استفاده می کنیم خصوصیات این دستگاه در این است که نسبت به تغییر قطر

دانه به ازای قطرهای کوچکتر حساستر است، لذا تغییرات منحنی بازای مقادیر کوچک را بزرگنمایی می کند (

شکل ۲).

نمودارهای تجمعی: از ترسیم داده های بالای اندازه و زیر اندازه بر حسب روزنه غربال بدست می آیند. بالای

اندازه و زیر اندازه معمولاً بر حسب درصد مقدار اولیه نمونه بیان می شوند.

بالای اندازه: مقدار (g) نمونه ای که روی الک مفروض موجود است + مجموع مقدار نمونه الکهای بالایی.

زیر اندازه: صد منهای بالای اندازه.

پس از ترسیم نمودارهای تجمعی با استفاده از داده های بالا اندازه و زیر اندازه پارامترهای بسیار مهم اندازه موثر

(D_{10})، ضریب یکنواختی (Cu^1) و ضریب خمیدگی (Cc^2) از نمودار زیر اندازه بدست می آید.

اندازه ای که $n\%$ وزنی دانه ها از آن کوچکتر باشد را با D_n نشان می دهیم، مثلاً " $D_{60}, D_{30}, D_{10}, \dots$ "

¹ Uniformity Coefficient

² Coefficient of Curvature

D_{10} : به اندازه‌ای که ده درصد وزنی ذرات از آن کوچکتر است، اصطلاحاً اندازه موثر گفته می‌شود.

ضریب یکنواختی (C_u): معیاری از همگن بودن ذرات یک مخلوط می‌باشد.

ذرات با اندازه‌های مشابه ضریب یکنواختی ۱ خواهند داشت چنین نمونه‌هایی معمولاً کیفیت ظاهری بسیار بالا و قیمت بالایی خواهند داشت.

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad (1)$$

هر چه ضریب یکنواختی بزرگتر باشد، حدود تغییرات اندازه دانه های خاک نیز بیشتر خواهد بود (که بهتر است آنرا ضریب غیر یکنواختی بیان کنیم).

ضریب خمیدگی { انحنای } (C_c):

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} * D_{60}} \quad (2)$$

ضریب خمیدگی خاکهای خوب دانه بندی شده بین ۱ تا ۳ است.

روش هیدرومتری؛ جدا کردن ذرات ریز (ته نشینی)

چون خاکهای ریز دانه را نمی توان با الک از هم جدا کرد، از روش هیدرومتری برای جداسازی آنها استفاده می شود. روش هیدرومتری مبتنی بر قانون «استوکس» است. مطابق این قانون، ذراتی که دارای قطر بزرگتری هستند درون یک سیال زودتر ته نشین می شوند. البته لازم به ذکر است که قانون "استوکس" را نمی توان برای ذرات کوچکتر از ۰/۰۰۰۲ میلیمتر بکار برد، زیرا ته نشینی این ذرات تابع قانون حرکتی "برونین" (حرکت ناشی از

جنبش مولکولها) می باشد.

هیدرومتر وسیله‌ای است که اساساً برای سنجش چگالی مایعات ساخته شده است. در مورد مخلوط آب و خاک، از آنجا که عمل ته نشینی صورت می‌گیرد، چگالی مخلوط در هر عمق نسبت به زمان تغییر کرده و اساس این آزمایش بر مبنای این تغییرات استوار است. در این آزمایش به مخلوط آب و خاک ماده پراکنده ساز (هگزا متافسفات سدیم) اضافه کنند تا باعث جدایی ذرات کلوخه شده رس از یکدیگر شود و دقت آزمایش بالاتر رود.

۲- کاهش اندازه ذرات

عبارت کاهش اندازه ذره به تمام روشهایی اطلاق می‌شود که در آنها ذرات جامد به قطعات کوچکتر بریده یا شکسته می‌شوند. جامدات را به اشکال متنوع می‌توان شکست ولی در دستگاههای کاهش اندازه تنها چهار روش معمول است که عبارتند از ۱- از تراکم (له کردن) ۲- ضربه ۳- سایش و مالش ۴- برش. فندق شکن، چکش، سوهان و قیچی از این چهار مکانیزم تبعیت می‌کند.

دلایل کاهش اندازه ذرات: ۱- افزایش سرعت واکنشها ۲- افزایش درصد استخراج ۳- افزایش سرعت خشک شدن ۴- بهبود خواص فیزیکی ۵- سهولت حمل و نقل.

تجهیزات کاهش اندازه ذره: این تجهیزات به خردکنها، آسیابها و دستگاههای برش تقسیم می‌شوند.

۱- خرد کن: جهت کاهش اندازه ذرات بکار می‌رود(سنگ شکنها). خرد کننده ها قطعات درشت را به قطعات متوسط تبدیل می‌کند.

انواع خردکنها: فکی، ژیراتوری و غلطکی

۲- آسیابها: آسیابها جهت تبدیل ذرات متوسط حاصل از کار خردکنها به ذرات ریز مورد استفاده قرار می گیرند.

انواع آسیابها:

۱- فرا ریز: برای تولید ذرات خیلی ریز (پودر) بکار میرود.

۲- آسیاب سایشی (پارماداشی یا دستاس).

۳- آسیاب گلوله‌ای: آسیاب کارخانه های سیمان از این نوع است. فشار- سایش و ضربه مکانیسم کار این دستگاه

است. گلوله های بزرگ و کوچکتر (سنگی- سرامیکی- فولادی) موقع چرخش استوانه روی جامدات مورد نظر

می افتند و با سه مکانیزم ذکر شده سبب خرد شدن آنها می شوند. سرعت باید بهینه باشد تا گلوله ها در اثر نیروی

گریز از مرکز به دیواره آسیاب نچسبد و در نتیجه کار خود را بخوبی انجام دهند. معمولاً در این یک سوم حجم

آسیاب با گلوله‌ها، یک سوم دیگر با نمونه قابل آسیاب و بقیه فضا جهت عملیات خالی می ماند.

خواص یک آسیاب ایده ال: ۱- ظرفیت زیاد ۲- احتیاج به انرژی کمتر به ازای واحد جرم مخصوص ۳- تولید

محصول یکنواخت.

۳- اختلاط جامدات و مواد خمیری شکل

مخلوط کنها: همانطوری که از نامشان پیداست برای مخلوط کردن مایعات، مواد خمیری شکل، پلاستیکها،

جامدات، پودها یا ترکیبی از اینها بکار می رود. مخلوط کردن جامدات و مایعات گرچه در عمل به نتیجه مشابهی

منجر می شود اما تفاوت های فاحشی از هم دارند. در اختلاط مایعات معمولاً محصولی با یک فاز کاملاً همگن بدست

می آید ولی هنگام اختلاط خمیرها و گردها، اغلب محصول مشتمل بر دو یا چند فاز قابل تشخیص است.

خواص ماده مخلوط شده نظیر یکنواختی قابل رویت، استحکام زیاد یا هر خاصیت مطلوب دیگر عملکرد یک مخلوط کن را نشان می‌دهد. مخلوط کن خوب بایستی چنین مخلوطی را با کمترین هزینه کلی تولید کند.

اختلاط خمیر های سنگین، جامدات پلاستیکی و لاستیک بیشتر هنر است تا علم. و معمولا انتخاب مخلوط کن مواد سنگین اغلب مصالحه ای بین نقاط قوت و ضعف است. بسته به نیاز، این مخلوط کن ها گسترش یافته اند و می توان به انواع مخلوط کنهای خمیر با حرکت دو گانه، خمیر گیر دو بازو، مخلوط کن بنبوری، مخلوط کن له کننده، مخلوط کن نواری، مخلوط کن دارای مار پیچ داخلی و مخلوط کن غلطکی [V شکل از این نوع] اشاره کرد.

۴- حمل و نقل و انتقال مواد

انتقال مواد، به مجموعه عملیاتی که به طور دستی یا با وسایل مکانیکی مواد را منتقل می کند و کار انسانی را کاهش می دهد اطلاق می شود. هدف از بکار بردن وسایل مکانیکی سبک کردن نیروی کار انسانی است. متداولترین وسایل مکانیکی جهت جابجایی مواد دانه ای شکل عبارتند از:

۱- نقاله تسمه ای ۲- بالابر سبیدی ۳- نقاله ماریپیچی ۴- نقاله بادی

که از این میان مختصری به نقاله بادی که در مجموعه کاری ما قرار دارد اشاره می رود.

نقاله بادی:

نقاله بادی مواد گرانولی را با استفاده از جریان هوا با سرعت بالا در یک مجرای بسته انتقال می دهد. انتقال بادی

یک روش انتقال پیوسته و قابل انعطاف است. مواد در اثر مکش یا دمش جریان هوا در داخل خطوط لوله حمل می

شوند. مواد گرانولی به علت فشار زیاد هوا به صورت معلق منتقل می شوند. سرعت هوا برای معلق کردن مواد باید بین ۱۵ تا ۳۰ متر بر ثانیه باشد.

سیستم انتقال بادی به یک منبع مکش یا دمش هوا، تجهیزات انتقال محصول به داخل نقاله، لوله ها و یک سیکلون یا قیف دریافت برای جمع آوری محصول نیاز دارد. سه سیستم اصلی برای انتقال بادی وجود دارد که شامل سیستم دمش یا فشار، سیستم مکش یا خلا و سیستم ترکیبی دمش - مکش می باشند.

در سیستمهای دمشی یا فشار مثبت، محصول با استفاده از فشار بیشتر از فشار اتمسفر منتقل می شود این سیستم از یک فن یا دمنده، یک تغذیه کننده که با جریان هوا باز و بسته می شود، مجاری لوله و تجهیزات مناسب برای جداسازی محصول از هوا تشکیل شده است.

انتخاب سیستم به حرکت در آورنده هوا مهمترین مساله در طراحی یک سیستم انتقال بادی است. در طراحی، دو عامل فشار هوای منبع تغذیه و شدت جریان حجمی هوا را باید در نظر گرفت.

مقدار فشار منبع تغذیه به افت فشار در طول خط انتقال و در حین عبور از فیلتر بستگی دارد. اندازه فشار هوا به طول انتقال و خواص محصولی که منتقل می شود بستگی دارد. شدت جریان حجمی هوا به سرعت هوا و اندازه لوله مورد استفاده در سیستم وابسته است. در سیستمهای انتقال بادی، از فنها و دمنده هایی با شدت جریان حجمی بالا و فشار پایین و متراکم کننده هایی با جابه جایی مثبت که فشار بالا تولید می کنند، استفاده می شود.

برای جدا کردن ذرات محصول از هوا از جدا کننده های مخصوص (سیکلون) استفاده می شود. سیکلون وسیله ای است که با استفاده از نیروی سانتریفوژی توده ذرات محصول را از جریان هوای انتقال دهنده جدا می کند. در بعضی از سیکلونها برای حذف غبار باقیمانده و ذرات ریز محصول از جریان هوا از یک فیلتر پارچه ای استفاده

می شود. هوای انتقال دهنده ابتدا از سیکلون عبور می کند و سپس برای جداسازی ذرات ریزتر هوای خروجی از سر سیکلون را از فیلتر پارچه ای عبور می دهند تا ذرات گرد و غبار احتمالی تفکیک نشده در سیکلون در آن جمع آوری گردد.

محدودیت‌های انتقال بادی

۱- فرسایش سطوح تجهیزات به وسیله ذرات جامد همراه با جریان هوای انتقال دهنده. شدت فرسایش سطوح با انتقال محصولات زبر افزایش می یابد.

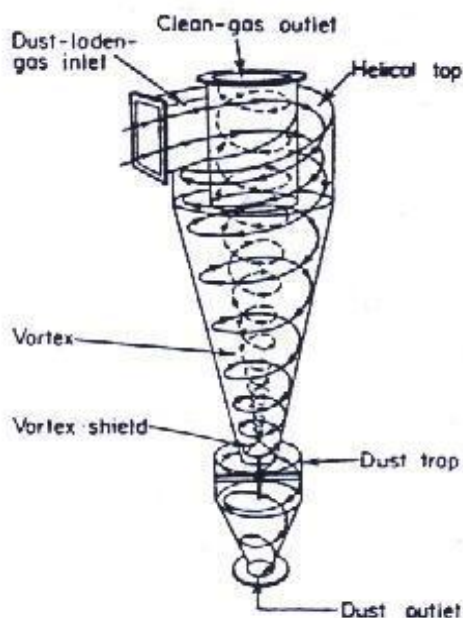
۲- در قسمتهایی که در یک ردیف نیستند و در خمیدگیها، مشکل فرسایش جدیتر می شود. در واحدهای صنعتی، فرسایش سیستم لوله ها در عمل سیستم انتقال بادی مشکل جدی به وجود می آورد.

۳- در یک سیستم انتقال بادی احتمال برخوردهای مکرر بین ذرات و سطوح زیاد است. در نتیجه این برخوردها محصول از بین می رود و به دلیل تغییر توزیع اندازه محصول، ارزش بازاری محصول کاهش می یابد.

۵- فرآیندهای ته نشینی گریز از مرکز (جداکننده های

سیکلونی)

جداکننده سیکلونی^۱



جداکننده سیکلونی یکی از عمده ترین و پرمصرف ترین تجهیزات برای جمع آوری محصول نهایی در عملیات

فراوری است. این جداکننده معمولاً برای جمع‌آوری گرد و غبار و ضایعات و ذرات در حین فراوری دانه‌ها،

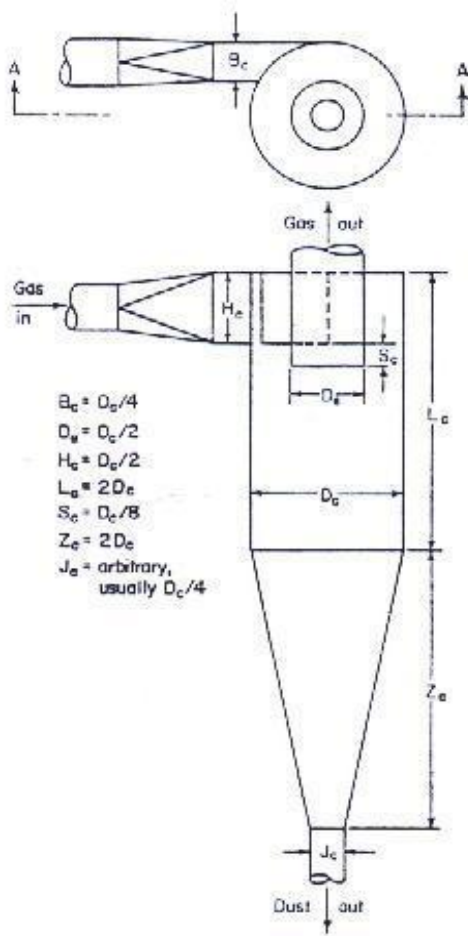
جداسازی مایع - بخار در تبخیر کننده‌ها، جدا کردن مواد خشک شده از هوای داغ در خشک‌کنهای پاششی و

سیستمهای مشابه بکار می‌رود. شکل (۳) شماتیک نوعی از این دستگاه را نشان می‌دهد.

در این واحد گاز حامل مملو از ذرات معلق^۲، بصورت مماسی^۳ یا مارپیچی^۴ [حلزونی] از یک یا چند نقطه به قسمت استوانه‌ای^۵ یا مخروطی^۶ سیکلون وارد می‌شوند، سپس نیروی مارپیچی معکوسی حرکت مواد را به سمت دیواره عوض می‌کند. در داخل سیکلون فشار افت کرده و هوا یک حالت گردابی در مرکز محفظه سیکلون ایجاد می‌کند. هوای گردابی که سبکتر می‌شود در مرکز جمع می‌گردد و مطابق شکل (۳) از قسمت بالای سیکلون خارج می‌شود. مواد سنگینتر روی دیواره‌های سیکلون سرخورده و از کف سیکلون تخلیه می‌شوند. شکل (۴) نمایی از طراحی یک سیکلون نوعی را نشان می‌دهد اما هرگز نمی‌تواند الگوی یک طراحی ایده‌آل با کارایی بالا باشد.

- 1- Evaporators
- 2- dust laden gas
- 3- Tangentially
- 4- Volutely
- 5- Cylindrical
- 6- Conical

یک ذره مشخص در یک سیال معین بر اثر نیروی گرانش با سرعت بیشینه ثابتی ته نشین می شود. برای افزایش سرعت ته نشینی می توان به جای نیروی گرانش وارد بر ذره از نیروی گریز از مرکز بسیار قویتری استفاده کرد. جداسازهای گریز از مرکز به میزان قابل ملاحظه ای جای جداسازهای گرانشی را در عملیات تولید گرفته اند، زیرا بازده جداسازی ذرات و قطرات ریز در آنها بسیار زیاد تر است و با یک ظرفیت مشخص اندازه آنها بسیار کوچکتر است.

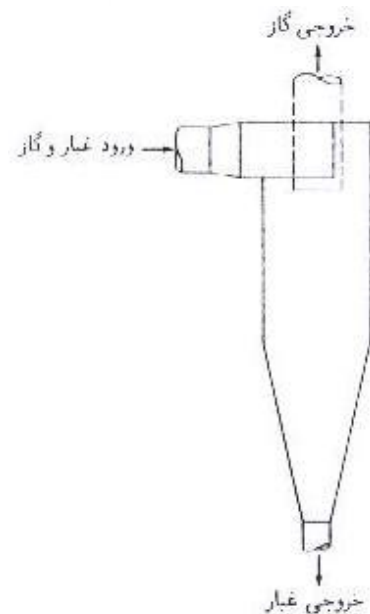


(شکل ۴). شمایی از طراحی یک سیکلون

جداسازی جامدات از گازها

بیشتر جداسازهای گریز از مرکز ذرات جامد از جریانهای گازی، فاقد اجزاء متحرک اند. نوع معمول آنها جداساز

سیکلونی نشان داده شده در شکل (۵) است. این دستگاه شامل یک استوانه عمودی با کفی مخروطی، یک ورودی مماسی در نزدیکی سقف و یک خروجی گرد و خاک در کف مخروط است. ورودی معمولاً مستطیل شکل است. به منظور جلوگیری از میان بردن هوا از ورودی به خروجی، لوله ورودی به درون استوانه امتداد داده می شود.



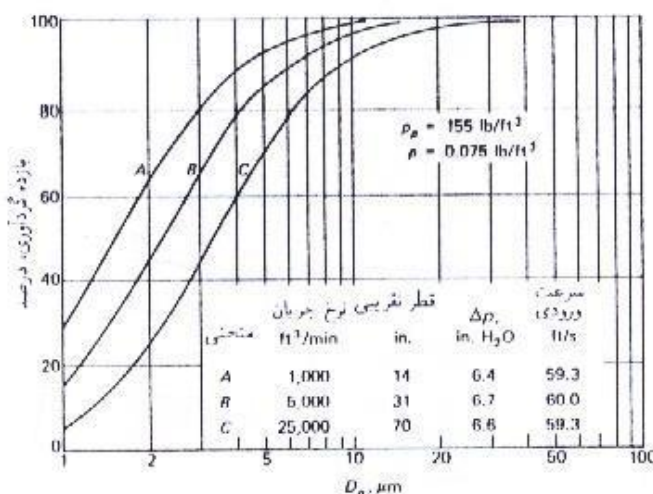
(شکل ۵). نوعی جداساز سیکلونی

دستکاری جامدات

هوای ورودی پر از غبار در یک مسیر مارپیچی حول بدنه استوانه ای سیکلون به سمت پایین حرکت می کند. نیروی گریز از مرکز ایجاد شده در گرداب تمایل دارد ذرات را به صورت شعاعی به طرف دیواره حرکت دهد. ذراتی که به دیواره می رسند به سمت پایین دیواره به درون مخروط سرخورده و گردآوری می شوند. سیکلون اصولاً یک دستگاه ته نشینی است که در آن یک نیروی گریز از مرکز که به صورت شعاعی عمل می کند، به جای یک نیروی نسبتاً ضعیف گرانشی که به صورت عمودی عمل می کند، مورد استفاده قرار می گیرد. نیروی گریز از مرکز F_c در شعاع r مساوی $\frac{m u_{\tan}^2}{r g_c}$ است، که در آن m جرم ذره و u_{\tan} سرعت مماسی است. آنگاه نسبت نیروی گریز از مرکز به نیروی گرانش برابر است با:

$$\frac{F_c}{F_g} = \frac{\frac{m u_{\tan}^2}{r g_c}}{\frac{m g}{g_c}} = \frac{u_{\tan}^2}{r g} \quad \text{معادله (۳)}$$

برای سیکلونی به قطر $1\text{ft}(0.3\text{m})$ با سرعت مماسی $50\text{ft/s}(15\text{m/s})$ در نزدیکی دیواره، نسبت F_c/F_g که ضریب جداسازی خوانده می شود، برابر است با $155 = \frac{2500}{(0.5 * 32.2)}$. ضریب جداسازی سیکلون قطور د رهمان سرعت بسیار کمتر است و معمولاً سرعتهای بیش از $70\text{ft/s}(20\text{m/s})$ تا $50\text{ft/s}(15\text{m/s})$ به علت افت فشار زیاد و افزایش فرسودگی سایشی امکان ناپذیر است. ضریب جداسازی سیکلونهاى کم قطر ممکن است به ۲۵۰۰ برسد. برای جابجایی حجم زیادی از جریانهای گازی، تعدادی سیکلون کوچک را می توان در یک محفظه جای



شکل (۶). بازده گردآوری نوعی از سیکلونها

داد، به طوری که چند راهه گازهای خوراک و محصول مشترک باشد و از یک قیف تخلیه غبار استفاده شود.

ذرات غبار ورودی به سیکلون به صورت شعاعی شتاب داده می شوند، ولی به علت تغییر، و همچنین به این علت که سرعت مماسی در گرداب با r و فاصله از زیر ورودی تغییر می کند، نیروی وارد بر ذره ثابت نیست. محاسبه مسیر ذره مشکل است و بازده یک سیکلون عموماً از روابط تجربی بیش بینی می شود. نمونه ای از داده های سیکلونهاى تجارى در شکل (۶) نشان داده شده است که آثار قوی اندازه ذره و قطر سیکلون را بر بازده گردآوری نشان می دهد.

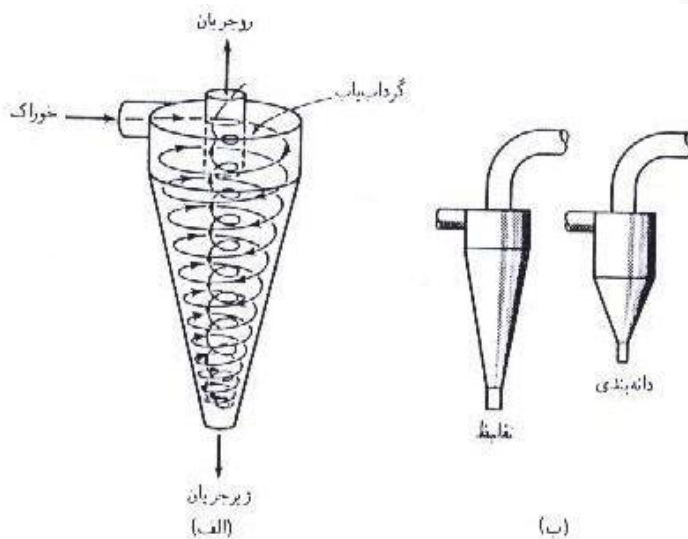
نسبت ابعاد این سه سیکلون با قطرهای حدود $70in., 31, 14$ (مشابه است و بازده کمتر $1.78m, 0.79, 0.36$) سیکلونهاى بزرگتر عمدتاً ناشی از کاهش نیروی گریز از مرکز است. اما، در یک نرخ جریان هوا و سرعت ورودی مشخص، افزایش معقول قطر و طول سیکلون بازده جمع آوری را بهبود می بخشد، زیرا افزایش مساحت سبب می شود که نیروی گریز از مرکز کاهش یافته جبران شود. نتایج در شکل (۶) برای سیکلونهایی با اندازه متوسط نشان داده شده است و برای واحدهای بزرگتر یا کوچکتر با همان نرخ جریان و سرعت ورودی، بازده های کمتر یا بیشتری پیش بینی می شود.

در حقیقت کاهش بازده با کاهش اندازه ذره تدریجیتر از آن است که نظریه های ساده آن را پیش بینی کنند. سرعت شعاعی و بازده جمع آوری ذرات کوچک باید تابعی از D_p^2 ($\sim m$) باشد، ولی ممکن است بر اثر تجمع ذرات بازده افزایش یابد. به علت تاثیر اندازه ذره، اندازه متوسط غباری که همراه با گاز خارج می شود بسیار کوچکتر از غبار ورودی است. اندازه متوسط غبار خروجی ممکن است هنگام وضع قوانین گازهای خروجی حائز اهمیت باشد. همچنین، بازده کلی تابعی از توزیع اندازه ذره خوراک است و نمی توان آن را تنها از اندازه متوسط پیش بینی کرد.

بازده جمع آوری یک سیکلون با چگالی ذره افزایش می یابد و با افزایش دمای گاز به علت افزایش گرانیوی گاز

کاهش می یابد. بازده به علت وجود جمله u_{tan}^2 در معادله (۳) کاملاً وابسته به نرخ جریان است. سیکلون از معدود دستگاههای جداسازی است که هنگام بارگیری کامل بهتر از بارگیری ناقص کار میکند. گاه از دو سیکلون یکسان به طور متوالی استفاده می شود تا جامدات به طور کامل جدا شوند، ولی بازده واحد دوم کمتر از واحد اول است، زیرا اندازه متوسط ذرات خوراک ورودی به واحد دوم بسیار کوچکتر است.

جداسازیهای مایع- جامد؛ هیدروسیکلونها



(شکل ۷). هیدروسیکلونها: الف- الگوی جریان؛ ب- هماهنگی شکل هیدروکلون با نوع کار آن

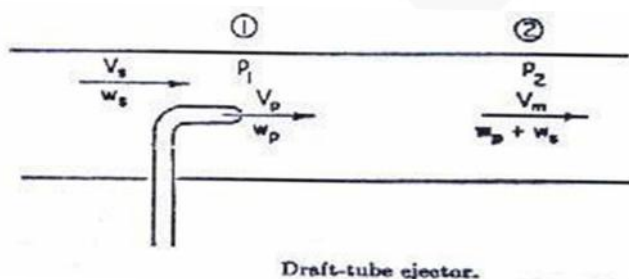
سیکلونها همچنین برای جدا کردن جامدات از مایعات، گاه به عنوان تغلیظ کننده ولی عمدتاً به عنوان دستگاه دانه بندی، به کار می روند. در این موارد به آنها هیدروسیکلون یا هیدروکلون گفته می شود. عملکرد یک هیدروکلون در شکل (۷ الف) نشان داده شده است. خوراک با سرعت زیاد به صورت مماسی تقریباً از بالا وارد می شود. مایع یک مسیر مارپیچ را در نزدیکی دیواره دنبال می کند که گردابی قوی و رو به پایین را تشکیل می دهد. ذرات جامد بزرگ یا سنگین به سمت دیواره حرکت می کنند و به طرف پایین کشیده می شوند و به صورت دوغاب یا خمیر،

سیکلون را ترک می کنند. اریفیس تخلیه متغیر یکنواختی زیر جریان را کنترل می کند. بیشتر مایع ضمن چرخش در یک گرداب داخلی به طرف بالا باز می گردد و از طریق یک لوله تخلیه مرکزی که به گرداب یاب معروف است، خارج می شود. در یک هیدروکلون نمی توان هم جامدات را به خوبی جدا کرد و هم زیر جریانی با غلظت زیاد به دست آورد. در عملیات تغلیظ که تقریباً تمام جامدات به همراه رو جریان خارج می شوند، غلظت زیر جریان باید کمتر از حدود ۱۲ درصد حجمی باشد. در هیدروکلونهای دانه بندی کننده زیر جریان می تواند غلیظتر باشد و برای دوغابهای سنگ آهک یا زغال سنگ می تواند حداکثر به حدود ۵۰ درصد حجمی برسد. شکل (۷) نشان می دهد که چگونه شکل یک هیدروکلون بسته به نقش واحد تغییر می کند.

هیدروکلونها در عملیات شن زدایی تولید آلومین، جداکردن کربن از سنگ گچ به منظور افزایش مرغوبیت آن برای تولید فسفریک اسید، طبقه بندی رنگدانه ها و ماگماهای بلورین و مراحل فرآیندی مشابه کاربرد دارند. این دستگاهها تا حدود زیادی جای دستگاههای دانه بندی را در عملیات آسیاب کردن مدار بسته گرفته اند. نمونه ای از اجکتور با راندمان جداسازی بالا در دستگاه دستکاری جامدات طراحی و نصب شده است.

۶- اجکتورها:

یک اجکتور وسیله ای است که در آن انرژی ستیکی یک سیال (سیال اولیه) برای پمپ کردن سیال دیگر (سیال ثانویه) استفاده می شود. کار آرایی این وسیله را می توان با بکار بردن معادله مومتم محاسبه کرد. این



(شکل ۸). اجکتور طرح لوله ای

روش برای اجکتور طرح لوله ای در شکل (۸) شرح داده شده است.

سیال اولیه با سرعت زیاد وارد قسمت ۱ شده و با سیال ثانویه کم سرعت مخلوط می شود، اختلاط در قسمت ۲ تکمیل می شود. در اثر این اختلاط قسمت عمده مومنتم سیال اولیه به سیال دوم منتقل می شود. در نتیجه این عمل

فشار استاتیکی در قسمت ۲ خیلی بیشتر از قسمت ۱ می شود. این افزایش در فشار استاتیکی با برابری نیروهای فشاری و مومنتم در طول اجکتور طرح لوله ای نموده می شود. برای سیالات غیر قابل تراکم این افزایش از p_1 تا p_2 با معادله (۴) بررسی می شود.

معادله (۴)

$$(P_2 - P_1)g_c A = W_p(V_p - V_m) + W_s(V_s - V_m)$$

که در آن:

فشار در قسمت ۱: P_1 (lb. force / sq. ft.)

فشار در قسمت ۲: P_2 (lb. force / sq. ft.)

شدت جریان جرمی سیال اولیه: W_p (lb. / sec.)

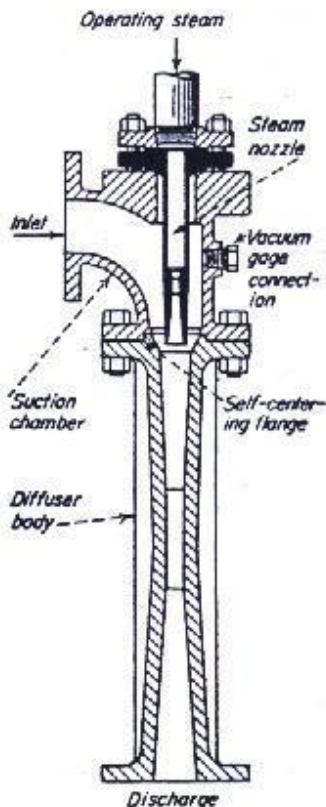
شدت جریان جرمی سیال ثانویه: W_s (lb. / sec.)

مساحت بخش عرضی: A (sq. ft.)

سرعت سیال اولیه: V_p (ft. / sec.)

ثابت ابعادی: $g_c [32.17 (lb.) (ft.) / (lb. force) (sec.^2)]$

سرعت سیال ثانویه: V_s (ft. / sec.)



شکل (۹). اجکتور جت بخار

یک اجکتور نوع ساده شده ای از یک پمپ خلاء یا کمپرسوری است که فاقد پیستون، شیرها یا قسمت های متحرک دیگر می باشد. شکل (۹) نوعی از اجکتور جت بخار صنعتی را نشان می دهد.

آن ضرورتاً از یک نازل بخار که جت با سرعت زیاد را در عرض محفظه مکش تخلیه می کند تشکیل شده است که آن نیز به دستگاهی که عمل خلا را انجام میدهد متصل شده است. گاز توسط بخار همراهی می شود و به داخل پخش کننده و نتوری مانندی که انرژی سرعتی بخار را به انرژی فشاری تبدیل می نماید منتقل می شود. دو یا چند اجکتور ممکن است بصورت سری یا چند مرحله ای بهم وصل شوند همچنین تعدادی از اجکتورها ممکن است بطور متوالی برای انتقال مقادیر زیادی از گاز یا بخار بهم وصل شوند. نمونه ای از اجکتور به عنوان قسمتی از سیستم انتقال بادی در دستگاه دستکاری جامدات طراحی و نصب شده است.

کارایی اجکتور:

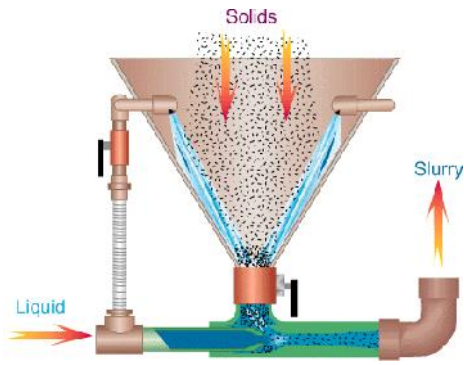
کارایی بسیاری از اجکتورها به نقش سطح نازل گاز حرکت دهنده و دهانه و نتوری فشار گاز حرکت دهنده، فشار

مکش و تخلیه و نسبت های حرارت ویژه، وزن مولکولی و دما بستگی دارد.

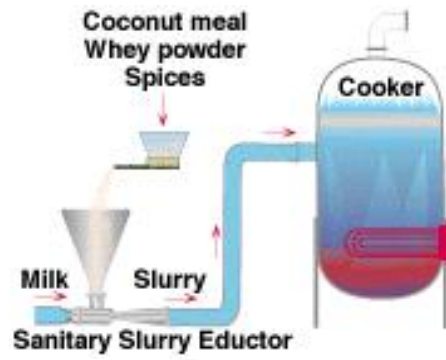
کاربردهای اجکتورها

اجکتورهای جت بخار بطور فراگیر در صنایع شیمیایی برای کارهای تخلیه ای مورد استفاده قرار می گیرد. آنها بطور کلی برای کسب فشارهای مطلق پایین تر و خلاء بالاتر که پمپهای خلاء پیستونی ایجاد می کنند بسیار مناسب هستند. همچنین اجکتورها فشار و ظرفیت لازم جهت مکش و تخلیه را فراهم می نمایند. در موارد بسیاری آنها برای تولید بخار فشرده شده بالاتر از بخار اتمسفریک طراحی می شوند. در چنین مواردی آنها معمولاً کمپرسورهای گرمایی نامیده می شوند. به اجکتورها همچنین سیفون، آگروز (تخلیه کننده) یا اداکتور نیز گفته می -

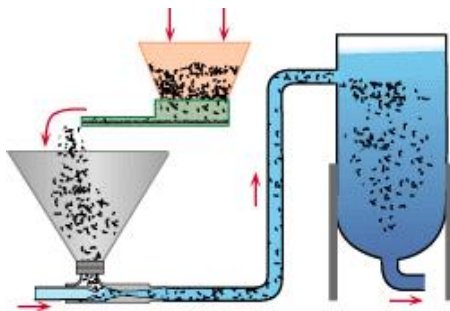
شود. اجکتورها برای استفاده ساده بوده و به مراقبت چندانی نیاز ندارند. هزینه های نصبشان پایین بوده و بخاطر اینکه قسمتهای متحرک ندارند عمر زیاد، کارآیی بالای تحمل و دوام زیاد و هزینه نگهداری پایینی دارند. در شکل (۱۰ الف، ب، ج، د، ه، و، ز) عملکرد و کاربرد اجکتورها و اداکتورها ارائه شده است، که خود تصاویر گویاتر از هر توصیفی است.



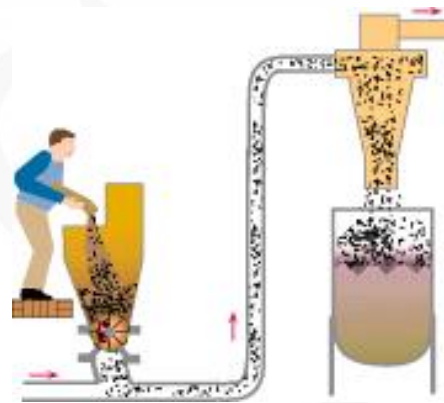
ب



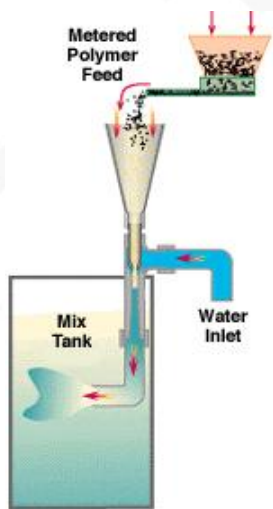
الف



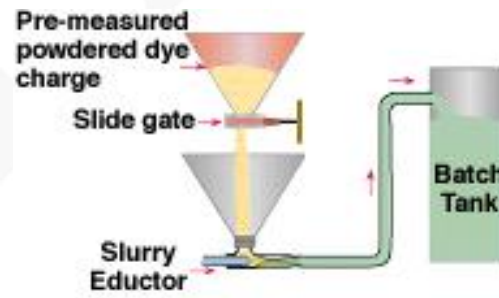
د



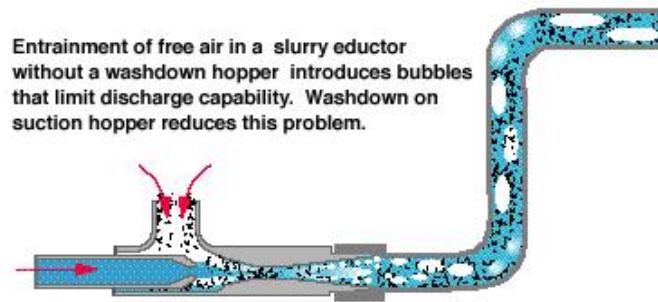
ج



و



ه



شکل (۱۰). تصاویری از عملکرد اجکتورها

۷- دستگاه مطالعه دستکاری جامدات

مقدمه

ویژگیهای جریان مواد جامد به بسیاری از فرایندهای صنعتی، بویژه در دستکاری پودرها، ساچمه‌ها یا گلوله‌ها^۱، بلورها^۲ و کلوخه‌ها^۳ مربوط است. هر بخش دستگاه جنبه‌ای از رفتار جامدات را معرفی و مشخص می‌کند. آزمایشها ممکن است مستقل از یکدیگر انجام گیرند که شامل بخشهای زیر است:

۱- غربالها^۴ و تکان‌دهنده نوسانی^۵: دانشجویان خواهند توانست از روشهای استاتیکی استفاده کنند تا توزیع اندازه^۶ را تشخیص داده، کسرهای زیر اندازه^۷ و بالای اندازه^۸ را تعیین کرده و کارایی غربال کردن را به اندازه غربال، زمان نوسان، بار غربال و شدت نوسان و ... مربوط کنند.

۲- قیف استوانه‌ای^۹: سرعتهای تخلیه جامدات اندازه‌گیری می‌شوند و با اندازه روزنه^۱ خروجی قیف و بار اولیه

- 1- Pellets
- 2- Crystals
- 3- Aggregates
- 4- Sieves
- 5- Vibratory shaker
- 6- Size distribution
- 7- Undersize
- 8- Oversize
- 9- Cylindrical hopper

ارتباط می یابند.

۴- آسیای گلوله‌ای^۲: ظرف استوانه‌ای با ماده خرد شونده پر می‌شود و اندازه ذرات جامد خرد شده با تعیین اندازه بررسی می‌شود. بار و سرعت چرخش تغییرپذیر است.

۵- سیکلون و انتقال بادی^۳: کمپرسور، هوا را به پاشنده^۴ وارد می‌کند که به بازوی مکش آن لوله‌ای برای انتقال ذره متصل شده است. خروجی پاشنده از سیکلون شیشه‌ای می‌گذرد. ترتیب نمایش دیدنی انتقال و عمل سیکلون، با اتصال لوله‌کشی به ظرف دارای ذرات جامد ریز انجام می‌گیرد.

آزمایش ۶: غربال کردن مواد جامد

تعیین و تحلیل توزیع اندازه جامدات ذره‌ای با استفاده از دستگاه غربال و تکان دهنده نوسانی.

خلاصه تئوری

هر غربال آزمایش تور سیمی بافته شده با سوراخهای مربع، به اندازه معین دارد، و برای اندازه‌گیری اندازه ذره به کار می‌رود. اندازه غربالها سری بزرگ شونده است، که اگر پشت سر هم انتخاب شوند از رابطه $\sqrt{2}$ تبعیت می‌کنند. حرکت نوسانی لازم به کمک تکان دهنده مکانیکی، برای اطمینان از نتایج تکرارپذیر^۵ در زمان کوتاهی انجام می‌گیرد.

اندازه ذره را می‌توان با تعیین اندازه دو غربال، یکی غربالی که ذرات از آن گذشته اند و دیگری غربالی که ذرات

¹- Orifice

²- Ball mill

³- Pneumatic conveying

⁴- Ejector

⁵- Reproducible

در آن نگهداشته شده اند، تعیین کرد. ولی معمولاً از غربال کردن، برای اندازه‌گیری پخش اندازه^۱ یا توزیع اندازه ذره^۲ استفاده می‌شود. نتایج آزمایش غربال را می‌توان به راه‌های مختلف به شکل جدول و نمودار ارائه کرد. شکل نموداری معمولاً مفیدترین روش بوده و نمایش نیمه لگاریتمی اطلاعات مفیدتری می‌دهد.

روش آزمایش

پس از تمیز کردن تک تک غربال‌ها با نوک انگشتان (از کوبیدن غربال به میز یا استفاده از خودکار، ناخن و وسایل نوک تیز جهت تمیز کردن غربال به علت آسیب رسیدن به آن خودداری فرمایید) تک‌تک آنها را به اتفاق Receiver توزین کرده و یادداشت می‌نمایید. غربال‌ها را به ترتیب روزه روی هم سوار کرده و روی دستگاه لرزاننده می‌گذارید. ۲۵۰ گرم مخلوط شن توزین کرده و روی اولین غربال می‌ریزید و درپوش غربال‌ها را قرار داده و آنها را به دستگاه لرزاننده محکم می‌کنید. کلید دستگاه لرزاننده را روشن کرده و به مدت ۳۰ دقیقه عملیات غربال را اجرا می‌کنید پس از اتمام این مدت غربال‌ها را از شیکر (لرزاننده) جدا کرده، هر کدام از غربالها و سپس ظرف جمع‌کننده را به دقت و به ترتیب خارج کرده و برای توزین مقدار ماده نگهداشته شده توسط هر غربال، محتویات را به دقت در کفه ترازو بریزید. (توزین دقیق اهمیت داشته و باید مجموع وزنه‌های غربالها و ظرف برابر وزن نمونه اولیه باشد). مقدار ماده نگهداشته شده به وسیله هر غربال را به صورت درصد وزن نمونه کل محاسبه کرده و نتایج را به صورت درصدی، به همراه درصد جمع‌آوری شده بالای اندازه^۳ و زیر اندازه^۴ جدول بندی کنید. نتایج حاصل همچنین بصورت نمودارهایی که نمونه‌هایی از آن در زیر ارائه شده است ترسیم خواهد شد و بهره‌برداری لازم از آنها بعمل خواهد آمد.

¹- Size spread

²- Particle size distribution

³- Cumulative oversize

⁵- Cumulative undersize

آزمایش را می توان برای مواد مختلف تکرار کرد.

نتایج

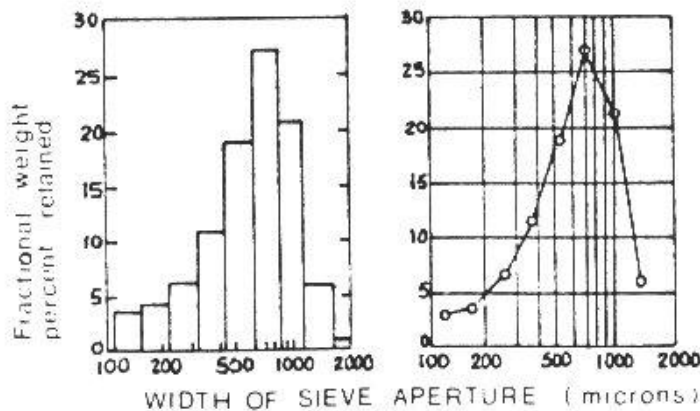
نوع نمونه جامد: وزن اولیه نمونه: kg

درصد وزنی %		نگهداری شده	روزنه غربال (میکرون)	وزن ماده در غربال (kg)
زیر اندازه	بالای اندازه			

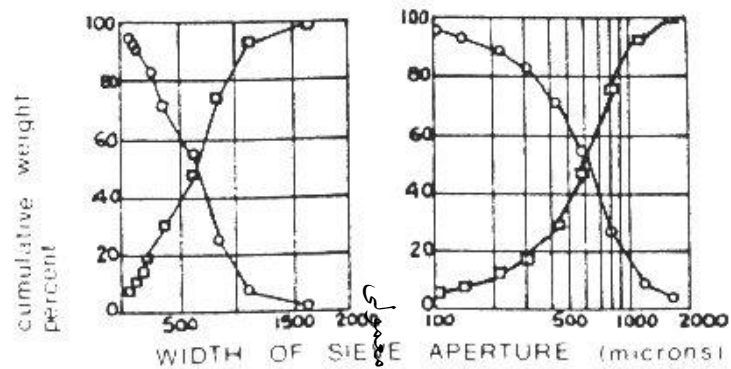
نتایج را در کاغذهای معمولی و نیمه لگاریتمی به صورت نمودار (۱) رسم کنید.

(الف) - هیستوگرام

(ب) - فرکانسی



داده های کسری - رسم شده در کاغذ نیمه لگاریتمی؛ (الف) هیستوگرام، (ب) فرکانسی



(ب)

(الف) - نیمه لگاریتمی

داده‌های جمعی بالای اندازه و زیر اندازه؛ رسم شده در کاغذ: (الف) - نیمه لگاریتمی ، (ب) - معمولی

بالای اندازه = ، زیر اندازه = نمودار (۱).

نتایج حاصل را توضیح داده و توزیع اندازه نمونه را تحلیل کنید.

آزمایش ۷: جریان از قیف

بررسی اینکه سرعت جریان تخلیه جامدات از یک قیف با قطر روزنه چگونه مربوط می‌شود و آیا ارتفاع فشاری^۱ ماده بالای روزنه تاثیری بر سرعت جریان دارد؟

خلاصه تئوری

اگر جامدات از درون روزنه ای از یک قیف خارج شوند، ذرات تمایل به غلتیدن در لایه‌هایی بر روی لایه‌های زیرین که کندتر حرکت می‌کنند، پیدا می‌کنند و به ناحیه مرکزی متمایل می‌شوند، که در آنجا به سرعت به طرف پایین و درون روزنه حرکت می‌کنند. در یک ظرف باریک، قسمت بالای توده ماده^۲ به صورت قالبی^۳ حرکت می‌کند، ولی در یک ظرف مخروطی شکل وارونه نسبت به سطح آزاد، حرکت سریع قسمت مرکزی ماده مشاهده می‌شود (شکل ۱۱). عموماً سرعت جریان تخلیه (Q) توسط معادله (۵) به قطر روزنه (D) بستگی دارد:

^۱- Head

^۲- Mass

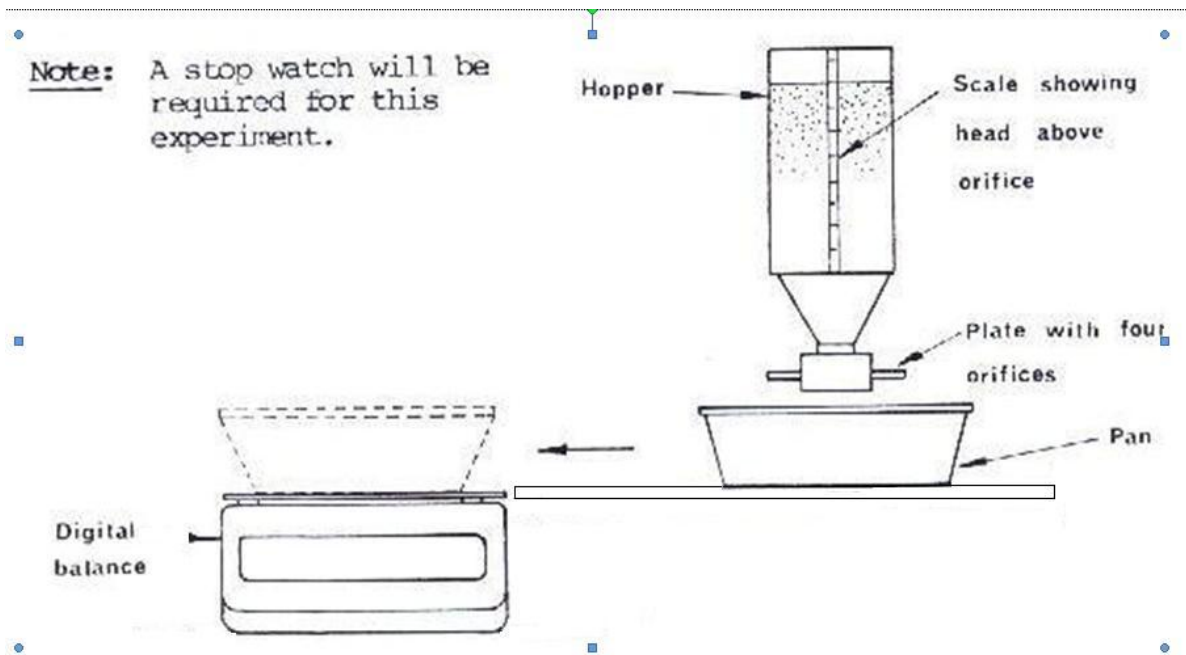
^۳- Plug

$$Q = k \cdot D^n$$

معادله (۵)

k ، ثابت تناسب و n نمایی در حدود ۳-۲/۵ است. معمولاً بیان می‌شود که ارتفاع ماده بالای روزنه تاثیر قابل توجهی بر سرعت جریان تخلیه ندارد. شما صحت و سقم این بیان را عملاً اثبات کنید

TKS



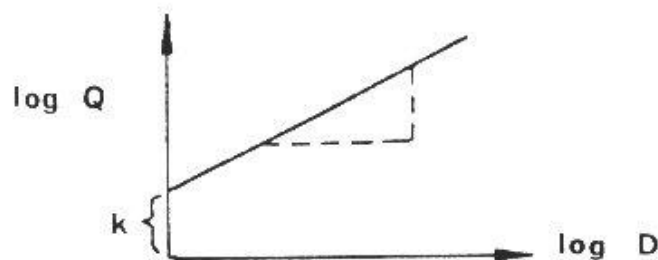
شکل (۱۱). شمایی از دستگاه دستکاری جامدات با تشریح قسمت‌های مختلف قیف استوانه‌ای

روش آزمایش

در این آزمایش وابستگی دبی جرمی را به هد فشاری، قطر سوراخ خروجی قیف و اندازه ذره مطالعه می‌شود. برای اینکار به سه نمونه شن ۱۰۰۰ میکرون، ۷۰۷ میکرون و ۳۵۴ میکرون (و یا نمونه‌های دیگر با سایزهای مشخص) نیازمندید. از این‌ها به اندازه‌ای نیاز است تا قیف را به ارتفاع ۲۰ سانتیمتر پر کند. ابتدا قیف را از شن ۱۰۰۰ میکرون پر می‌کنیم و سپس زمان خروج این مقدار شن را از این ارتفاع برای هر ۴ سوراخ صفحه زیرین قیف به ترتیب بررسی می‌کنیم (جرم خروجی در واحد زمان دبی جرمی را می‌دهد). برای بررسی اثر هد فشاری آزمایش را از ارتفاع ۱۵ سانتیمتر و ۱۰ سانتیمتر برای هر ۴ سوراخ تکرار می‌نماییم. آزمایش را برای شن ۷۰۷ و ۳۵۴ میکرون به شرح شن ۱۰۰۰ میکرون تکرار می‌نمایید. کارهای تکمیلی روی نتایج را از دستورالعمل مربوطه دنبال می‌کنید.

..... = ارتفاع فشاری اولیه ماده

سرعت جریان (kg / Sec)	وزن ماده (kg)	زمان صرف شده (sec)	قطر روزنه (mm)



نمودار (۲). تغییرات سرعت تخلیه با قطر روزنه در قیف استوانه ای

همین جدول برای سایر آزمایشها تنظیم شود.

سرعتهای جریان تخلیه محاسبه شده را در مقابل قطر روزنه در کاغذ $\log - \log$ مطابق نمودار (۲) رسم کنید.

از رسم این نمودار خط مستقیمی بدست می آید که می توان از آن k و n را تعیین کرده و معادله Q را نسبت به

D برآورد کرد. نتیجه را با رابطه تئوری پیشنهاد شده مقایسه کرده و دلیل هر اختلاف مشخصی را بیان کنید. هر

گونه مشاهدات عمومی مربوط به تخلیه جامدات را از قیف توضیح دهید.

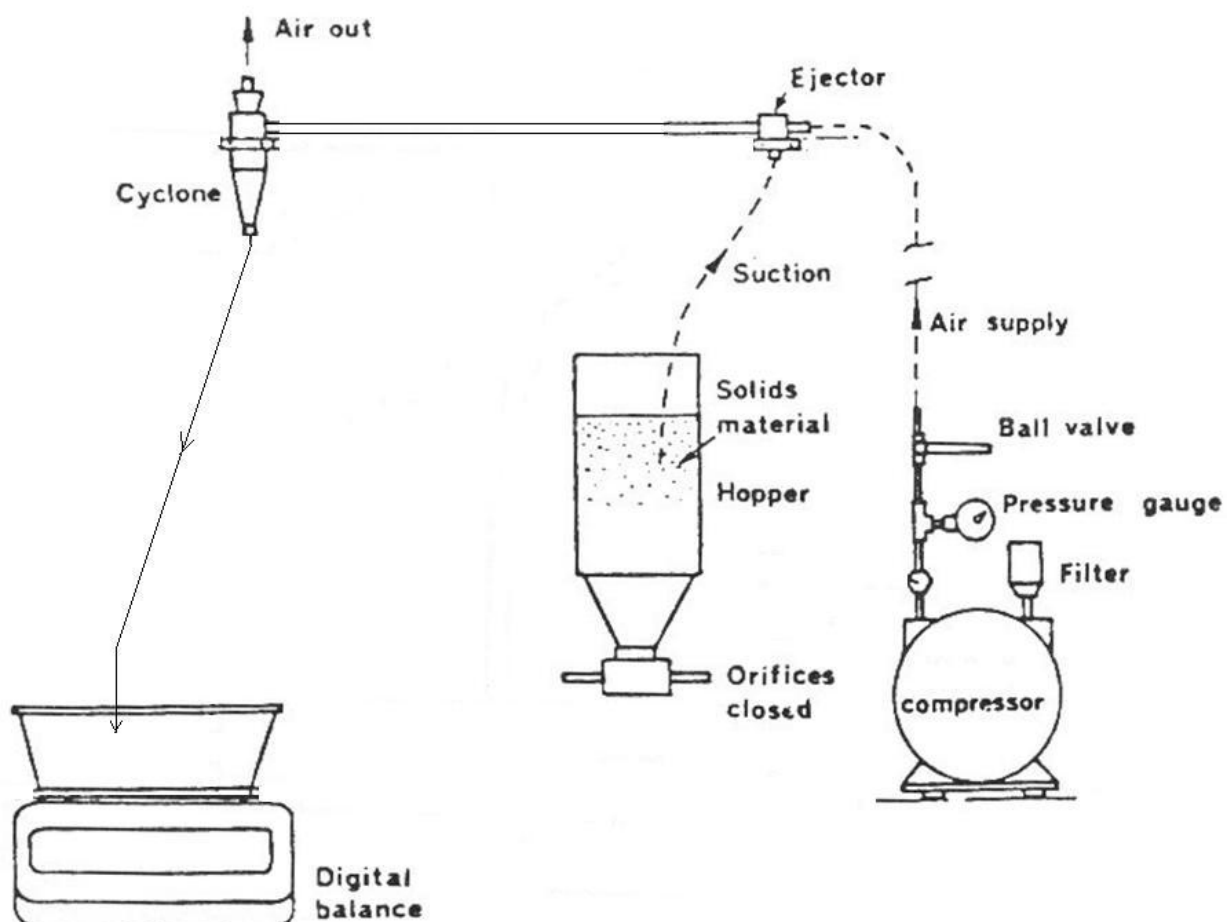
آیا ارتفاع اولیه مواد از بالای صفحه روزنه تاثیری بر سرعت جریان اندازه گیری شده تخلیه دارد؟

آزمایش ۸: سیکلون و انتقال بادی^۱

نمایش عمل سیستم انتقال بادی برای جامدات و نشان دادن چگونگی کار یک سیکلون برای جداسازی جامدات از جریان هوا.

خلاصه تئوری

نقاله‌های بادی، بوسیله جریان سریع هوا یا بوسیله انرژی انبساط هوای متراکم، در درون برج نسبتاً فشرده‌ای از ذرات سیال شده^۲ یا دمیده شده با هوا^۳، ذرات خرد و خشک معلق درون لوله را که آزادانه جریان می‌یابند، منتقل



شکل (۱۲). شمایی از دستگاه دستکاری جامدات برای نمایش سیکلون و نقاله بادی

^۱- Pneumatic

^۲- Fluidised

^۳- Aerated

می‌کنند. از این نقاله‌ها به طور عمده برای جمع‌آوری گرد و غبار^۱، انتقال مواد نرم مانند غلات، آرد یا خاک اره^۲ و انتقال مواد سخت مانند خاکستر و سیمان استفاده می‌شود.

جامدات معلق، بوسیله جداکننده سیکلونی، از جریان هوا جدا می‌شوند. در اینجا با ورود نیروی مماسی^۳ به سیکلون که باعث حرکت چرخشی در جریان هوا می‌شود، ذرات جامد تحت تاثیر نیروی مرکز گریز (سانتریفوژی)، به سطح خارجی حرکت می‌کنند. سپس جامدات در یک حرکت مارپیچی^۴ تحت تاثیر نیروی گرانش^۵، به طرف پایین حرکت کرده و جمع می‌شوند، درحالی که هوا با یک جریان گردبادی^۶ مرکزی خارج می‌شود؛ شکل‌های (۳ و ۷).

روش آزمایش

قیف (یا ظرف دیگر) را با ذرات ریز ماده آزمایش شونده مانند شن، نمک و هر نمونه دلخواه دیگر (حتماً باید مش ذرات مشخص شود) پر کرده و لوله مکش^۷ پاشنده را در درون ماده وارد کنید. لوله خروجی سیکلون باید بر کفه ریخته شود و کمپرسور روشن شود. شیر گلوله‌ای^۸ را باز کنید تا هوای فشرده به واحد پاشنده سیکلون تامین شود و به فشارهای داده شده توجه کنید؛ شکل (۱۲). عملکرد جداسازی سیکلون را در حال تعیین وزن جامدات منتقل شده به کفه جمع‌آوری در حین آزمایش، مشاهده کنید.

برای تعیین اثر ماهیت ماده منتقل شونده بر سرعت جریان، آزمایش را می‌توان با استفاده از مواد دیگر آزمایش

¹- Dust

²- Sawdust

³- Tangential

⁴- Spiral

⁵- Gravity

⁶- Vortex

⁷- Suction

⁸- Ball- Valve

شونده مانند شن، آرد، سیمان یا خاک اره در شرایط یکسان تامین هوا، تکرار کرد. همچنین مفیداست که آزمایشهای مشابهی در فشارهای دیگر هوا یا سرعتهای دیگر جریان بترتیب باتنظیم شیر فشارشکن یا دریچه^۱ شیر گلوله‌ای انجام داد.

نتایج

.....bar = فشار هوای داده شده

ماده آزمایش شده	مدت زمان (min)	وزن جمع شده (kg)	سرعت جریان جامدات (kg/min)

آزمایش ۹: آسیاب گلوله‌ای

برای کاهش اندازه ذرات نمونه (شاهدانه، نمک، قند، گندم، ماش و ...) با استفاده از آسیاب گلوله‌ای

خلاصه تئوری

اندازه ذره^۲ یک ماده ذره‌ای^۳ را می‌توان بوسیله غلتاندن^۴ گلوله‌های سرامیکی روی نمونه، کاهش داد. فشارهای موضعی بالا در نقاط تماس گلوله‌ها، ذرات را به اندازه‌های کوچکتر خرد می‌کند.

1- Opening
2- Particle
3- Particulate
4- Tumbling

توزیع اندازه ذره جامد انتخاب شده، با استفاده از تکان دهنده غربالی^۱ تعیین می‌شود، که شامل یک سری شش تایی غربال سیمی بافته شده و محکم است، که هر کدام با روزنه‌هایی به اندازه مشخص دارند. تمامی دستگاه به کمک یک نوسان کننده^۲ در زیر آن نوسان می‌کند. بنابراین توزیع اندازه ذره با قرار دادن نمونه‌ای به وزن معینی در بالاترین (درشت‌ترین) غربال، تکان دادن و اندازه‌گیری وزنهای نگهداشته شده در غربالها پس از ۲۰ دقیقه تکان دادن، تعیین می‌شود.

آسیاب گلوله‌ای، با حدود ۱ kg از دانه‌های جامدی که قبلاً اندازه‌گیری شده است و گلوله‌های سرامیکی پر می‌شود.

آسیاب گلوله‌ای را با کمترین سرعت روشن کرده و به بالاترین سرعت برسانید. توجه کنید که نیروی مرکز گریز از غلتیدن گلوله‌ها جلوگیری می‌کند. سرعت را در حدی تنظیم کنید که گلوله‌ها آزادانه بغلتند. به مدت ۳۰ دقیقه این عمل را انجام دهید.

نمونه را از آسیاب خارج کرده و دوباره آنرا با تکان دهنده نوسانی مورد تجزیه قرار دهید. (عمل آسیاب کردن را می‌توان تا ۳۰ دقیقه‌هایی تکرار کرد که نمونه کاملاً پودر شده و در سینی انتهای غربالها تجمع یابد).

^۱- Sieve shaker

^۲- Vibrator

ماده نمونه:.....kg: وزن اولیه نمونه قبل از آسیاب

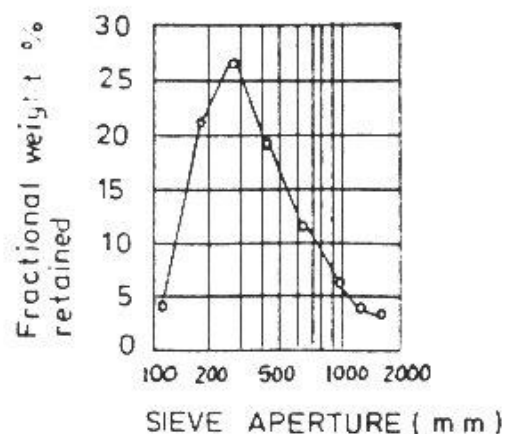
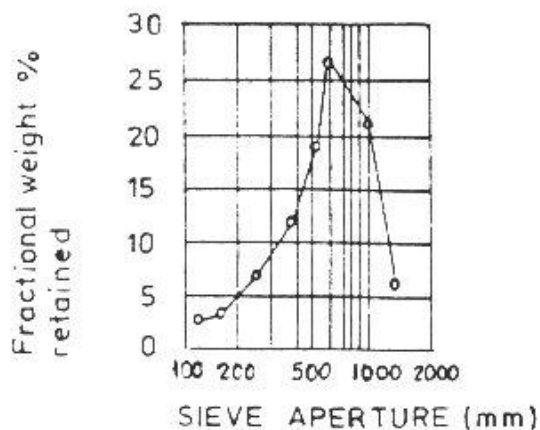
روزنه غربال (میکرون)	وزن ماده در غربال (kg)	درصد وزن نگهداشته شده (%)

.....kg: وزن نمونه بعد از آسیاب

روزنه غربال (میکرون)	وزن ماده در غربال (kg)	درصد وزن نگهداشته شده (%)

نتایج را در کاغذ خطی یا خطی - log، برای نشان دادن تاثیر آسیاب گلوله‌ای مطابق نمودارهای فرضی (۳) رسم کنید.

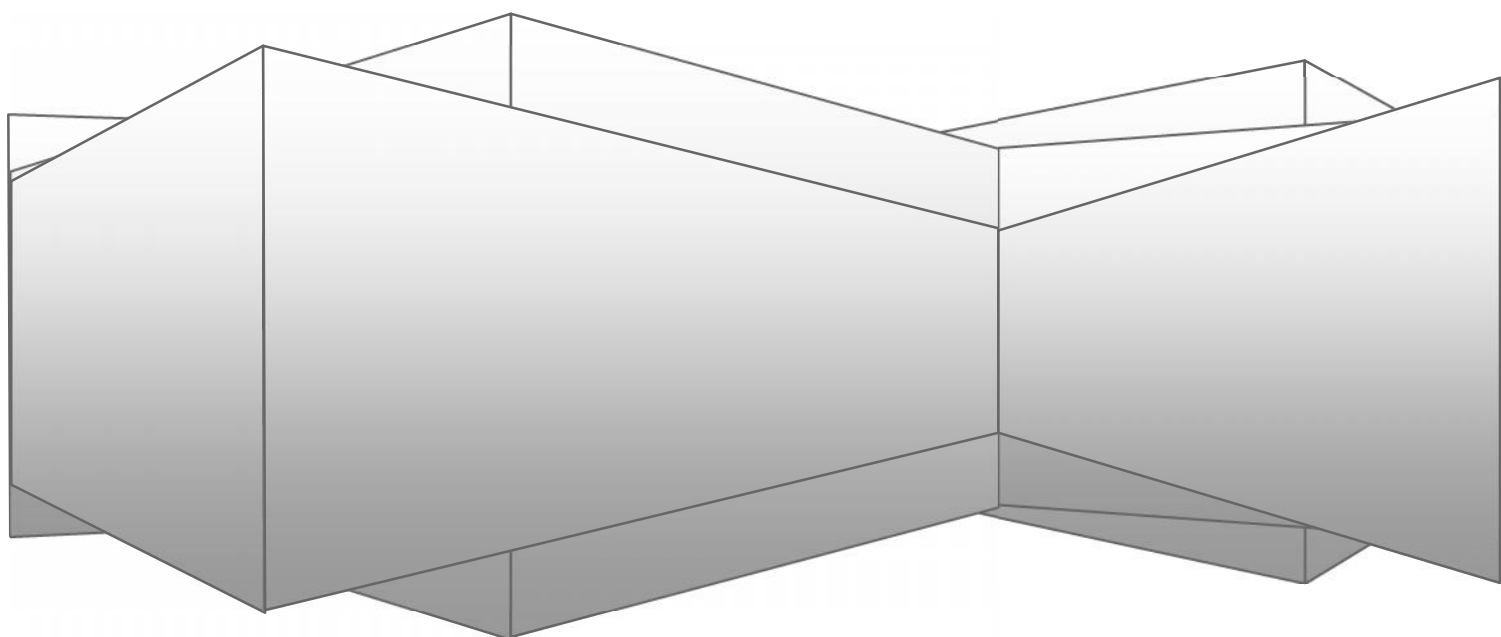
توزیع اندازه‌ها را مقایسه کرده و تاثیر آسیای گلوله‌ای را توضیح دهید.



نمودار (۳). تغییرات درصد کسر وزنی بر حسب روزنه غربال قبل و بعد از آسیاب شدن

صلب محم

قطر



فصل پنجم - تقطیر

۵-۱- مقدمه:

روش‌های مختلفی برای جداسازی مواد اجزای سازنده یک محلول وجود دارد که یکی از این روش‌ها فرایند تقطیر می‌باشد. تقطیر در واقع جداسازی فیزیکی برش‌های نفتی است که اساس آن، اختلاف در نقطه جوش هیدروکربن‌های مختلف است. هر چه هیدروکربن سنگین‌تر باشد، نقطه جوش آن زیاد است و هرچه هیدروکربن سبکتر باشد، زودتر تبخیر می‌شود. تقطیر، معمول‌ترین روشی است که برای تخلیص مایعات به کار می‌رود. در این عمل مایع را به کمک حرارت تبخیر می‌کنند و بخار مربوطه را در ظرف جداگانه‌ای متراکم می‌کنند و محصول تقطیر را بدست می‌آورند.

تقطیر در عمل به دو روش انجام می‌شود. روش اول شامل تولید بخار از طریق جوشاندن یک

مخلوط مایع، سپس میعان بخار، بدون اینکه هیچ مایعی مجدداً به محفظه تقطیر بازگردانده شود. در

روش دوم قسمتی از بخار مایع شده، به دستگاه تقطیر باز می‌گردد و این مایع برگشتی در مجاورت

بخاری که به طرف مبرد می‌رود قرار می‌گیرد. هر کدام از این روشها می‌توانند پیوسته یا ناپیوسته

باشند. چنانچه ناخالصی‌های موجود در مایع اولیه فرار نباشند، در باقیمانده تقطیر بجا می‌مانند و

تقطیر ساده جسم را خالص می‌کند. در صورتی که ناخالصی‌ها فرار باشند، تقطیر جزء به جزء مورد

احتیاج خواهد بود. اگر فقط یک ماده فرار بوده و اختلاف نقطه جوش این ماده با ناخالصی‌های

موجود در آن زیاد باشد (حدود ۳۰ درجه) می‌توان برای جدا کردن این ماده از ناخالصی‌ها از تقطیر

ساده استفاده نمود. از تقطیر ساده معمولاً در جداسازی مخلوط مایعاتی استفاده می‌شود که نقطه ی

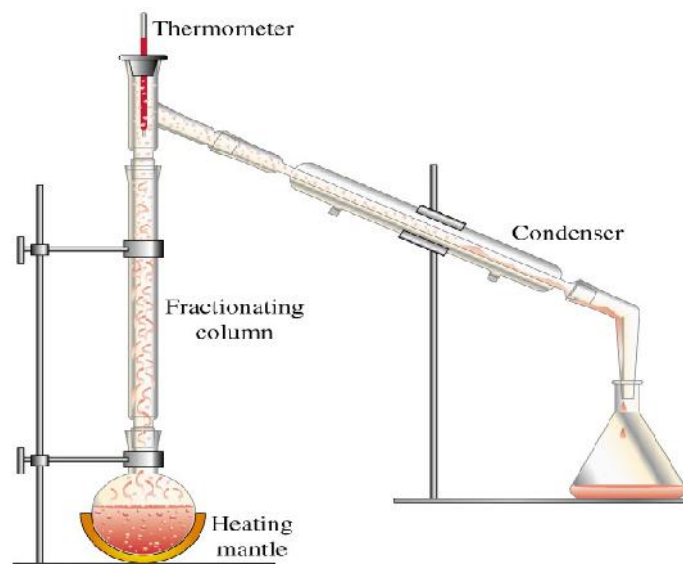
جوشی در محدوده ۴۰ تا ۱۵۰ درجه دارند زیرا در دمای بالاتر از ۱۵۰ درجه بسیاری از ترکیبات

آلی تجزیه می شوند و در دمای جوش کمتر از ۴۰ درجه مقدار زیادی از مایع در ضمن تقطیر هدر می رود.

فشار بخار کل یک مخلوط تابعی از فشار بخار هر یک از اجزا و کسر مولی آنها می باشد. بر اساس قانون راولت فشار بخار جزیی یک ترکیب فرار در یک محلول ایده آل با حاصلضرب فشار بخار در کسر مولی آن برابر است. بنابراین در بخار موجود بر سطح محلول فرار، ذرات کلیه اجزا شرکت کننده در محلول یافت می شود. رابطه بین فشار بخار کل (P_t) با فشار جزیی (P_i^{sat}) و کسر مولی اجزا (X_i) به صورت زیر است:

$$P_t = P_a^{sat} X_a + P_b^{sat} X_b + P_c^{sat} X_c + P_d^{sat} X_d + \dots$$

اگر در محلولی شامل دو ماده شیمیایی فرار باشد که یک جز دارای فشار بخار بیشتری از جز دیگر باشد بخار حاصل از آن در مقایسه با مایع دارای درصد بیشتری از جسم فرارتر خواهد بود. در شکل (۱) نمایی ساده از تقطیر نشان داده شده است.



شکل ۱: نمایی ساده از تقطیر ساده.

۵-۲- انواع تقطیر

۵-۲-۱- تقطیر ساده

هنگامی که ناخالصی غیرفراری مانند شکر به مایع خالصی اضافه شود فشار بخار مایع تنزل می یابد. زیرا وجود جز غیر فرار به مقدار زیادی غلظت ماده فرار را پایین می آورد یعنی دیگر تمام

مولکول‌هایی که در سطح مایع موجودند مولکولهای جسم فرار نیستند و بدین ترتیب قابلیت تبخیر

مایع کم می شود. تقطیر ساده را می توان به دو صورت تعریف کرد:

الف- تقطیر ساده غیرمداوم: در این روش تقطیر، مخلوط حرارت داده می شود تا بحال جوش درآید بخار حاصل غنی از جزء سبک مخلوط می باشد که پس از عبور از کندانسور تبدیل به مایع شده و از سیستم تقطیر خارج می گردد. به تدریج غلظت جزء سنگین مخلوط در مایع باقیمانده زیاد می شود و نقطه جوش آن بالا می رود. به این ترتیب، هر لحظه از عمل تقطیر، ترکیب فاز بخار حاصل و مایع باقی مانده تغییر می کند.

ب- تقطیر ساده مداوم: در این روش، مخلوط اولیه (خوراک دستگاه) بطور مداوم با مقدار ثابت در واحد زمان، در گرم کننده گرم می شود تا مقداری از آن بصورت بخار درآید، و به محض ورود به ستون تقطیر، جزء سبک مخلوط بخار از جزء سنگین جدا می شود و از بالای ستون تقطیر خارج می گردد و بعد از عبور از کندانسور به صورت مایع در می آید جزء سنگین نیز از ته ستون تقطیر خارج می شود. قابل ذکر است که همیشه جزء سبک مقداری جزء سنگین و جزء سنگین نیز دارای مقداری از جزء سبک است.

۵-۲-۲- تقطیر تبخیر آنی (ناگهانی)

وقتی محلول چند جزئی مانند نفت خام حرارت داده شود اجزای تشکیل دهنده آن بترتیب وزن مولکولی (از سبک به سنگین) زودتر بخار می‌شود. برعکس وقتی بخار حاصل سرد شود، جز سبک-تر دیرتر مایع می‌گردد. با توجه به این خاصیت، می‌توان نفت خام را به روش دیگری که به آن "تقطیر آنی" گفته می‌شود، تقطیر نمود. در این روش، نفت خام حرارت داده می‌شود سپس با کاهش ناگهانی فشار اجزای آن تبدیل به بخار می‌گردد. با سرد کردن مایع، به ترتیب سنگینی، اجزا مایع می‌شوند یعنی هرچه جزیی سنگین‌تر باشند، زودتر مایع می‌گردد تا اجزای نفت خام از هم جدا شود.

۵-۲-۳- تقطیر در خلا

با توجه به اینکه نقطه جوش مواد سنگین نفتی نسبتاً بالاست و نیاز به دما و انرژی زیادی دارد، و از طرفی ممکن است مقاومت این مواد در مقابل حرارت بالا کم باشد و تجزیه گردد، لذا برای جداکردن آنها از خلا نسبی استفاده می‌شود. در این صورت مواد در دمای پایین‌تر از نقطه جوش معمولی خود به جوش می‌آیند. پس تقطیر در خلا به انرژی و دمای کمتر نیاز دارد و همچنین مولکول‌ها تجزیه نمی‌شوند. امروزه در بیشتر موارد در عمل تقطیر، از خلا استفاده می‌شود. یعنی هم تقطیر جزء به جزء و هم تقطیر آنی را در خلا انجام می‌دهند.

۴-۲-۵- تقطیر به کمک بخار آب

یکی دیگر از روش‌های تقطیر استفاده از بخار آب می‌باشد. در این روش بخار آب را به دستگاه تقطیر وارد می‌کنند و بدون آنکه خلا ایجاد گردد، اجزای نفت خام در درجه حرارت کمتری تبخیر می‌شوند. این مورد معمولا در زمانی انجام می‌شود که در نقطه جوش آب، فشار بخار اجزای جدا شونده بالا باشد تا به همراه بخار آب از مخلوط جدا گردند. غالبا به کمک تقطیر با بخار آب می‌توان ترکیبات آلی فراری را که با آب مخلوط نمی‌شوند یا تقریبا با آن غیرقابل اختلاط هستند تفکیک و تخلیص کرد. در این روش مخلوط آب و جسم آلی با هم تقطیر می‌شوند. عمل تقطیر یک مخلوط غیرقابل امتزاج در صورتی که یکی از اجزای آن باشد تقطیر با بخار آب نامیده می‌شود.

۵-۲-۵- تقطیر آزنوتروپی

از این روش تقطیر معمولا در مواردی که نقطه جوش اجزاء مخلوط بهم نزدیک باشند

استفاده می‌شود جداسازی مخلوط اولیه، با افزایش یک حلال خاص که با یکی از اجزای کلیدی،

آزنوتوپ تشکیل می‌دهد امکان‌پذیر است. آزنوتروپ محصول تقطیر یا ته مانده ستون می‌باشد و

بعد حلال و جزء کلیدی را از هم جدا می‌کند. معمولا، ماده افزوده شده آزنوتروپی با نقطه جوش

پایین تشکیل می‌دهد که به آن شکننده آزنوتروپ می‌گویند. آزنوتروپ اغلب شامل اجزای خوراک

است، اما نسبت اجزای کلیدی به سایر اجزای خوراک خیلی متفاوت بوده و بیشتر است.

۶-۲-۵- تقطیر استخراجی

جداسازی اجزای با نقطه جوش تقریباً یکسان از روش تقطیر ساده مشکل و حتی اگر مخلوط ایده‌آل باشد به دلیل تشکیل آزنوتروپ، جداسازی کامل آنها غیر ممکن است برای چنین سیستم‌هایی با افزایش یک جزء سوم به مخلوط که باعث تغییر فراریت نسبی ترکیبات اولیه می‌شود، جداسازی ممکن می‌شود. جزء افزوده شده باید مایعی با نقطه جوش بالا باشد، قابلیت حل شدن در هر دو جزء کلیدی را داشته و از لحاظ شیمیایی به یکی از آنها شبیه باشد.

۵-۲-۷- تقطیر جزء به جزء

اجزای سازنده محلول شامل دو یا چند فرار را که از قانون راولت پیروی می‌کنند، می‌توان با فرایند تقطیر جزء به جزء از هم جدا کرد. طبق قانون راول، فشار بخار محلول برابر با مجموع اجزای سازنده آن است و سهم هر جزء برابر با حاصلضرب کسر مولی یک جزء در فشار بخار آن در حالت خاص است. در تقطیر محلولی از A و B غلظت A در بخاری که خارج شده و مایع می‌شود، بیش از غلظت آن در مایع باقی مانده است. با ادامه عمل تقطیر، ترکیب درصد اجزا در بخار و مایع دائماً تغییر می‌کند و این در هر نقطه عمومیت دارد. با جمع‌آوری مایعی که از سرد شدن بخار حاصل می‌شود و از تقطیر مجدد آن و با تکراری پی در پی این عمل، سرانجام می‌توان اجزای سازنده مخلوط اصلی را به صورتی واقعاً خالص بدست آورد. از نظر سهولت در اینجا فقط محلول‌های ایده‌آل دو تایی را که محتوی دو جز فرار R و S باشند در نظر می‌گیریم. محلول ایده‌آل به محلولی اطلاق می‌شود که در آن اثرات بین مولکول‌های متجانس مشابه با اثرات بین مولکول‌های غیر متجانس باشد. گرچه فقط محلول‌های ایده‌آل به طور کامل از قانون راولت پیروی می‌کنند ولی بسیاری از محلول‌های آلی به محلول‌های ایده‌آل نزدیک هستند.

۵-۲-۸- تقطیر جزبه جز محلول های غیر ایده آل

گرچه بیشتر مخلوط‌های یکنواخت مایع به صورت محلول‌های ایده‌آل عمل می‌کنند ولی نمونه‌های بسیاری وجود دارد که نحوه عمل آنها ایده‌آل نیست. در این محلول‌ها مولکول‌های غیرمتجانس در مجاورت یکدیگر به طور یکسان عمل نمی‌کنند انحراف حاصل از قانون راولت به دو روش انجام می‌گیرد.

بعضی از محلول‌ها فشار بخار بیشتری از فشار بخار پیش بینی شده ظاهر می‌سازند و گفته می‌شود که انحراف مثبت دارند. بعضی دیگر فشار بخار کمتری از فشار پیش بینی شده آشکار می‌کنند می‌گویند که انحراف منفی نشان می‌دهند. در انحراف مثبت نیروی جاذبه بین مولکول‌های مختلف دو جز سازنده ضعیف‌تر از نیروی جاذبه بین مولکول‌های مشابه یک جز است و در نتیجه در حدود ترکیب درصد معینی فشار بخار مشترک دو جز بزرگتر از فشار بخار جز خالصی می‌شود که فرارتر است. بنابراین مخلوط‌هایی که ترکیب درصد آنها در این حدود باشد درجه جوش کمتری از هر یک از دو جز خالص دارند. مخلوطی که در این حدود حداقل درجه جوشش را دارد باید به صورت جز سوم در نظر گرفته شود. این مخلوط نقطه جوش ثابتی دارد زیرا ترکیب درصد بخاری که در تعادل با مایع است با ترکیب درصد خود مایع برابر است. چنین مخلوطی را آزئوتروپ یا مخلوط آزئوتروپ با نقطه جوش مینیمم می‌نامند. از تقطیر جز به جز این مخلوط‌ها، محصول خالص به دست نمی‌آید بلکه جزیی که ترکیب درصد آن از ترکیب درصد آزئوتروپ بیشتر باشد تولید می‌شود. در انحراف منفی از قانون راولت نیروی جاذبه بین مولکول‌های مختلف دو جز قویتر از نیروی جاذبه بین مولکول‌های مشابه یک جز است و در نتیجه ترکیب درصد معینی فشار بخار مشترک دو جز کمتر از فشار بخار جز خالص می‌شود که فرارتر است. بنابراین مخلوط‌هایی که

ترکیب درصد آنها در این حدود باشد حتی نسبت به جز خالصی که نقطه جوش بیشتری دارد در درجه حرارت بالاتری می جوشند. در اینجا ترکیب درصد به خصوصی وجود دارد که به آزئوتروپ با جوشش ماکزیمم مربوط می شود. تقطیر جز به جز محلول هایی که ترکیب درصدی غیر از ترکیب درصد آزئوتروپ دارند باعث خروج جزیی مخلوط می شود که ترکیب درصد آن از آزئوتروپ بیشتر باشد.

۵-۳- ستونهای تقطیر جز به جز

این ستون ها انواع متعددی دارد ولی در تمام آنها ویژگی های مشابهی وجود دارد. این ستون ها مسیر عمودی را به وجود می آورند که باید بخار در انتقال از ظرف تقطیر به مبرد از آن بگذرد. این مسیر به مقدار قابل ملاحظه ای از مسیر دستگاه تقطیر ساده طویل تر است. هنگام انتقال بخار از ظرف تقطیر به بالای ستون مقداری از بخار متراکم می شود. چنان چه قسمت پایین این ستون نسبت به قسمت بالای آن در درجه حرارت بیشتری نگهداری شود مایع متراکم شده و در حالی که به پایین ستون می ریزد دوباره به طور جزیی تبخیر می شود. بخار متراکم نشده همراه بخاری که از تبخیر مجدد مایع متراکم شده حاصل می شود و در داخل ستون بالاتر می رود. این اعمال باعث تقطیر مجدد مایع می شود و به طوریکه در هر یک از مراحل فاز بخاری که به وجود می آید نسبت به جز فرارتر غنی تر می شود. ماده متراکم شده ای که به پایین ستون می ریزد در مقایسه با بخاری که با آن در تماس است در هر یک از مراحل نسبت جزیی که فراریت کمتری دارد غنی تر می شود. در شرایط ایده آل بین فازهای مایع و بخار در سراسر ستون تعادل برقرار می شود و فاز بخار بالایی تقریباً به طور کامل از جز فرارتر تشکیل می شود و فاز مایع پایینی نسبت به جزیی که

فراریت کمتری دارد غنی‌تر می‌شود. مهم‌ترین شرایطی که برای ایجاد این حالت لازم است عبارتند:

✓ باید تماس کامل و مداوم بین فازهای بخار و مایع در ستون وجود داشته باشد.

✓ طول ستون کافی باشد.

چنانچه این دو شرط وجود داشته باشد می‌توان با یک ستون طویل ترکیباتی که اختلاف کمی در نقطه جوش دارند به طور رضایت بخش از هم جدا کرد زیرا طول ستون مورد لزوم و اختلاف نقاط جوش اجزا با هم نسبت عکس دارند. معمول‌ترین راه ایجاد تماس لازم بین فازهای مایع آن است که ستون با مقداری ماده بی‌اثر مانند شیشه یا سرامیک یا تکه‌های فلزی به اشکال مختلف که سطح تماس وسیعی را فراهم می‌کند پر شود. یکی از راه‌های بسیار موثر ایجاد این تماس بین مایع و بخار آن است که نوار چرخانی از فلز یا تفلون که با سرعت زیادی در داخل ستون بچرخد به کار رود. این عمل نسبت به ستون‌های پر شده‌ای که قدرت مشابهی دارند این مزیت را دارد که ماده کمی را در داخل ستون نگاه می‌دارد (منظور از این نگه‌داری مقدار مایع و بخاری است که برای حفظ شرایط تعادل در داخل ستون لازم است).

۴-۵- تقطیر با مایع برگشتی

در این روش تقطیر قسمتی از بخارات حاصله در بالای برج، بعد از میعان به صورت محصول

خارج شده و قسمت زیادی به داخل برج برگردانده می‌شود. این مایع به مایع برگشتی موسوم

است. مایع برگشتی با بخارات در حال صعود در تماس قرار داده می‌شود تا انتقال جرم و انتقال

حرارت صورت گیرد. از آنجا که مایعات در داخل برج در نقطه جوش خود هستند، لذا در هر تماس مقداری از بخار، تبدیل به مایع و قسمتی از مایع نیز تبدیل به بخار می‌شود. نتیجه نهایی مجموعه این تماس‌ها، بخاری اشباع از هیدروکربن‌ها با نقطه جوش کم و مایعی اشباع از مواد نفتی با نقطه جوش زیاد می‌باشد. در تقطیر با مایع برگشتی با استفاده از تماس بخار و مایع، می‌توان محصولات مورد نیاز را با هر درجه خلوص تولید کرد، مشروط بر اینکه به مقدار کافی مایع برگشتی و سینی در برج موجود باشد. بوسیله مایع برگشتی یا تعداد سینی‌های داخل برج می‌توانیم درجه خلوص را تغییر دهیم. لازم به توضیح است که ازدیاد مقدار مایع برگشتی باعث افزایش مصرف انرژی خواهد شد. چون تمام مایع برگشتی باید دوباره به صورت بخار تبدیل شود. امروزه به علت گرانی سوخت، سعی می‌شود برای بدست آوردن خلوص بیشتر محصولات، به جای ازدیاد مایع برگشتی از سینی‌های بیشتری در برج‌های تقطیر استفاده شود. در هنگام راه‌اندازی سیستم ابتدا مایع برگشتی را صد درصد انتخاب کرده و بعد مرتباً این درصد را کم می‌کنند و به صورت محصول خارج می‌کنند تا به این ترتیب دستگاه تنظیم شود.

۵-۵- انواع مایع برگشتی

مایع برگشتی سرد: این نوع مایع برگشتی با درجه حرارتی کمتر از دمای بالای برج تقطیر برگردانده می‌شود. مقدار گرمای گرفته شده، برابر با مجموع گرمای نهان و گرمای مخصوص مورد نیاز برای رساندن دمای مایع به دمای بالای برج است.

مایع برگشتی گرم: مایع برگشتی گرم با درجه حرارتی برابر با دمای بخارات خروجی برج مورد استفاده قرار می‌گیرد.

مایع برگشتی داخلی: مجموع تمام مایع‌های برگشتی داخل برج را که از سینی‌های بالا تا پایین در حرکت است، مایع برگشتی داخلی گویند. مایع برگشتی داخلی و گرم فقط قادر به جذب گرمای نهان می‌باشد. چون اصولاً طبق تعریف اختلاف دمایی بین بخار و مایع در حال تماس وجود ندارد.

مایع برگشت دورانی: این نوع مایع برگشتی، تبخیر نمی‌شود. بلکه فقط گرمای مخصوص معادل با اختلاف دمایی حاصل از دوران خود را از برج خارج می‌کند. این مایع برگشتی با دمایی زیاد از برج خارج شده و بعد از سرد شدن با درجه حرارتی کمتر به برج برمی‌گردد. معمولاً این نوع مایع برگشتی در قسمت‌های میانی یا درونی برج بکار گرفته می‌شود و مایع برگشتی جانبی هم خوانده می‌شود. اثر عمده این روش، تقلیل حجم بخارات موجود در برج است.

نسبت مایع برگشتی

حجم مایع برگشتی به داخل برج نسبت به محصول خروجی از بالای برج را نسبت مایع برگشتی یا رفلاکس گویند. از آنجا که محاسبه مایع برگشتی داخلی نیاز به محاسبات دقیق دارد لذا در پالایشگاه‌ها، عملاً نسبت مایع برگشتی بالای برج به محصول بالایی را به عنوان نسبت مایع برگشتی بکار می‌برند.

۵-۶- شرح دستگاه

اجزای دستگاه:

در پایین دستگاه یک جوش آورنده از جنس استیل به حجم ۱۰ لیتر قرار دارد. برای پر کردن این مخزن درپوش سفید رنگ روی آنرا در خلاف جهت عقربه‌های ساعت بگردانید و پس از پر کردن

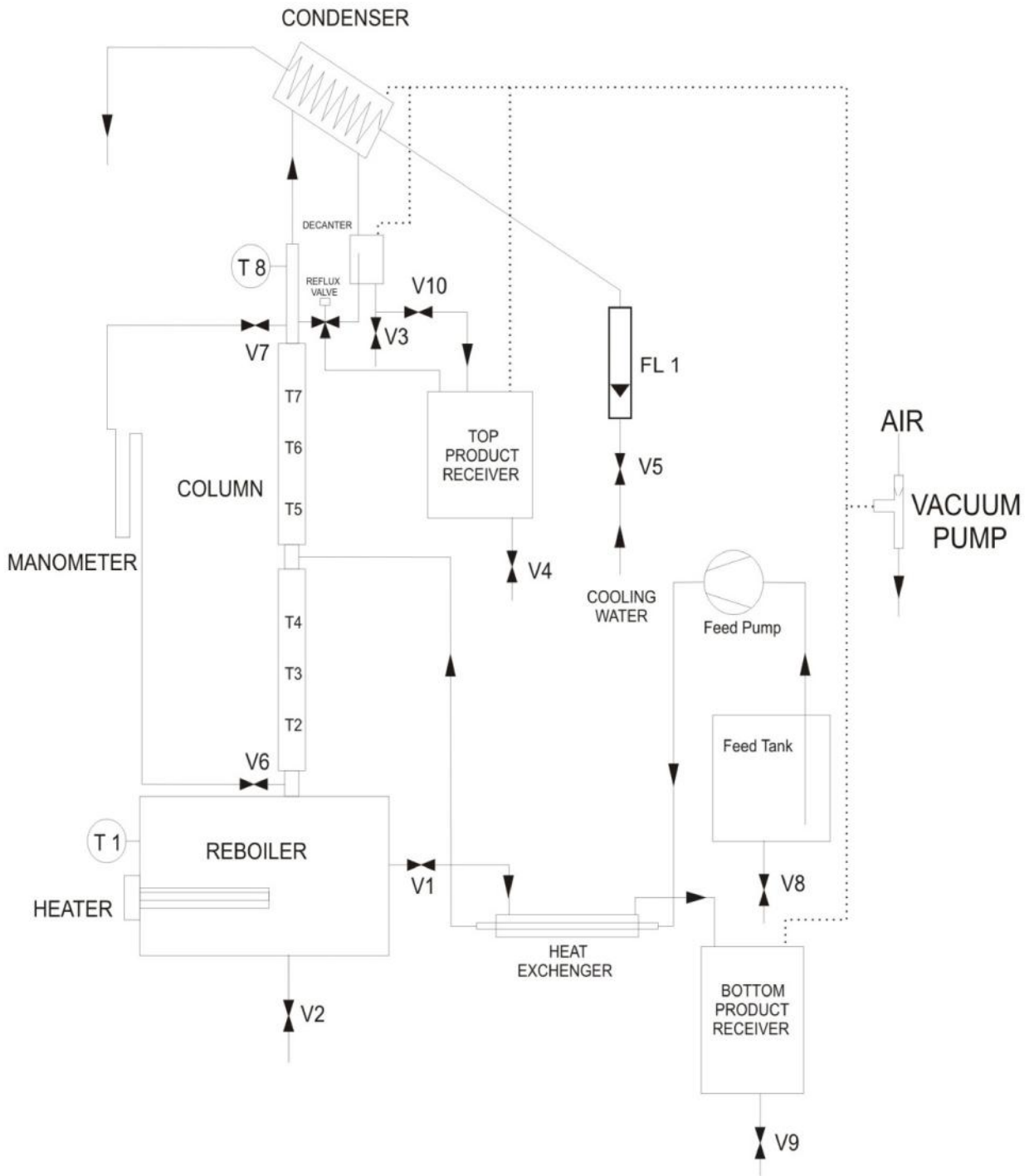
مخزن دوباره آنرا ببندید و سفت کنید. برای تخلیه این مخزن بعد از سرد شدن دستگاه، شیر زیر مخزن را باز کنید.

در سمت راست جوش آورنده و در پایین ترین قسمت، مخزن محصول پایین برج قرار دارد. این مخزن از جنس شیشه و به حجم ۵ لیتر می باشد.

در بالای این مخزن یک مخزن دیگر قرار دارد که مخزن اصلی خوراک می باشد. این مخزن در زمانی که برج به صورت پیوسته کار می کند مورد استفاده قرار می گیرد. در بالای این مخزن یک مخزن دیگر به حجم ۵ لیتر قرار دارد که مخزن محصول بالای برج نام دارد. در بالای مخزن جوش آورنده یک ستون شیشه ای قرار گرفته که در بین آن شش عدد سینی غربالی قرار گرفته است. بر روی سه سینی یک سنسور دمایی دقیق قرار دارد که دمای سیال روی سینی را نمایش می دهد و می توان جای آنها را عوض کرد.

بالتر از این ستون شیشه ای، کندانسور استیل نصب شده است. بخار پس از وارد شدن به کندانسور چگالیده شده و به داخل یک مخزن نیم لیتری ریخته می شود که یک نوع جداکننده فاز می باشد. سپس درصد رفلاکس تعیین خواهد کرد که چه مقدار از این سیال دوباره به ستون برگردد و چه مقدار از این سیال به مخزن محصول بالای برج جاری شود اگر شیر رفلاکس خاموش باشد با باز کردن شیر V10 سیال داخل جداساز به مخزن محصول بالای برج جاری می شود.

در زیر مخزن جداساز یک شیر برای نمونه گیری قرار دارد (V3). شیرهای V4-V8-V9 به ترتیب برای تخلیه مخازن. محصول بالای برج، خوراک و محصول پایین برج استفاده می شود.



خلاصه شیرهایی که در طول آزمایش زیاد استفاده می‌شوند.

ورودی روتامتر	V5	تعیین فشار ستون بوسیله	V6 و V7 مانومتر
ورودی اجکتور برای ایجاد خلا	V12	تخلیه مخزن زیر کندانسور	V3
تخلیه مخزن جمع‌آوری الکل	V4	ورودی مخزن جمع‌آوری اتانول	V10

هشدار: پس از انجام آزمایش دستگاه از مواد تخلیه گردد.

آشنایی با قسمت‌های الکترونیکی دستگاه:

۱- برای نمایش دمای جوش آورنده و بالای برج و دمای سینی‌ها، ۶ عدد دماسنج بر روی برج تعبیه شده است. یک دماسنج مربوط به جوش‌آور، سه تا به سینی‌ها و دوتای دیگر به ورودی و خروجی کندانسور متصل شده است. که در جدول زیر خلاصه شده است.

T4	T3	T2	T1
آب خروجی از کندانسور	آب ورودی به کندانسور	دمای بخار ورودی به کندانسور	دمای جوش‌آور

دماسنج‌های روی سینی‌ها را به راحتی می‌توان از محل خود خارج کرد و به سینی دیگر منتقل داد، بدین ترتیب که به آرامی کلاهک مشکی نگهدارنده دماسنج را بچرخانید و باز نمایید، سپس، درپوش تعبیه شده برای قرار دادن دماسنج، در سینی موردنظر را باز کنید و سنسور را در داخل آن

قرار دهید و کلاهک آن را دوباره بچرخانید و کمی سفت نمایید. به طور خلاصه سنسور را از یک سینی به سینی دیگر جابجا نمایید.

۲- برای روشن کردن پمپ خوراک بر روی تابلو یک کلید قرار دارد با قرار دادن این کلید در حالت روشن، پمپ خوراک روشن شده و خوراک را به وسط برج می فرستد. برای جوش آورنده و رفلاکس نیز دو کلید بر روی تابلو تعبیه شده است.

۳- در پایین جعبه برق دستگاه یک ولوم قرار دارد که برای تنظیم مقدار برگشتی (Reflux) بکار برده می شود. دو عدد بر روی این ولوم قابل خواندن است یکی دور دایره و یکی داخل یک مربع و در ضمیمه سیاه رنگ قرار دارد عددی که دور دایره قرار دارد رقم یکان و عددی که داخل مربع سیاه رنگ قرار دارد رقم دهگان است که جمعا مقدار درصد را نمایش میدهند. در صد درصد مقدار رفلاکس کل محصول به داخل ستون برگردانده می شود و در صفر درصد مقدار رفلاکس کل محصول به مخزن محصول بالای برج ریخته می شود.

۴- بر روی تابلو فرمان این دستگاه یک ولیوم قرار دارد که برای تنظیم توان جوش آورنده از آن استفاده می شود. برای تغییر توان، به آرامی ولیوم را بچرخانید و برای محاسبه توان الکتریکی اعمال شده توسط جوش آورنده، مقادیر ولتاژ و آمپراژ که بر روی نمایش دهنده های دیجیتالی نشان داده می شود را در هم ضرب کنید.

در کنار جعبه برق کلید خاموش و روشن کردن کلی دستگاه قرار دارد.

قبل از روشن کردن دستگاه به موارد زیر توجه کنید:

- حتما داخل جوش آورنده به اندازه کافی خوراک ریخته شود. (از وسط آبنا بالاتر باشد)

- از وصل شدن آب سرد و تخلیه به محل مناسب مطمئن شوید.

- برای راه‌اندازی دستگاه، بیش از نصف مخزن باید از آب و اتانول پر شود. ولیوم را بچرخانید تا ولت‌متر عدد ۲۰۰ (حدودی کافی است) را نشان دهد و با دقت به دمای جوش آورنده توجه نمایید تا وقتی که دما به ۶۰ درجه رسید، ولیوم را کاهش دهید تا ولت‌متر حدوداً عدد ۱۷۰ را نشان دهد.

آزمایش ۱۰

هدف: تعیین افت فشار در طول ستون

یک مخلوط ۱۰ لیتری از ۵۰ مول درصد آب و ۵۰ مول درصد اتانول تهیه نمایید که این مخلوط شامل ۲/۳۶ لیتر آب و ۷/۶۴ لیتر اتانول خواهد بود.

$$V_w + V_{Et} = 10 \text{ Liter}$$

$$v_{Et} = \text{Volume of 1 mol Ethanol} = \frac{1 \text{ cm}^3}{0.7895 \text{ gr}} \times \frac{46.069 \text{ gr}}{1 \text{ mol}} = 58.35 \frac{\text{cm}^3}{\text{mol}}$$

$$v_w = \text{Volume of 1 mol Water} = \frac{1 \text{ cm}^3}{1 \text{ gr}} \times \frac{18.0153 \text{ gr}}{1 \text{ mol}} = 18.0153 \frac{\text{cm}^3}{\text{mol}}$$

$$V_w = n_w \times v_w$$

$$V_{Et} = n_{Et} \times v_{Et}$$

$$V_{Total} = n_{Et} \times 58.35 + n_w \times 18.0153 = 10000 \text{ cm}^3, \quad \frac{n_{Et}}{n_{Et} + n_w} = 0.50$$

با حل دو معادله داریم:

$$V_w = n_w \times v_w = 130.95 \times 18.0153 = 2360 \text{ cm}^3 = 2.36 \text{ Liter Water}$$

$$V_{Et} = n_{Et} \times v_{Et} = 130.95 \times 58.35 = 7640 \text{ cm}^3 = 7.64 \text{ Liter Ethanol}$$

مخزن را با ۱۰ لیتر از مخلوط آماده شده پر کنید. درب مخزن را محکم ببندید و دستگاه را روشن کنید و نمایش دهنده دمای T1 را نگاه کنید. سپس شیر V5 را باز کنید تا فلوی ۳ لیتر در دقیقه بر روی روتامتر دیده شود. ویوم مربوط را بچرخانید تا ولت‌متر روی ۱۸۰ تنظیم گردد.

دمای T1 نشان دهنده گرم شدن مخلوط داخل جوش آور است. شیر V6 و V7 را باز کنید. این شیرها بالا و پایین برج را به مانومتر متصل می‌کند. در این حالت اختلاف فشاری دیده نخواهد شد. مجددا شیرهای V6 و V7 ببندید.

وقتی مخلوط داخل جوش آور گرم شد بخار شروع به بالا آمدن می‌کند. در این حالت بخار وارد کندانسور می‌شود و بعد از میعان وارد مخزن جداساز می‌گردد. در این حالت کلید رفلاکس را در حالت روشن قرار دهید و ولوم مربوط به رفلاکس را تماما در جهت عقربه‌های ساعت بچرخانید تا رفلاکس کامل حاصل شود.

پس از رسیدن محصول به سر ریز موجود در مخزن جداساز تمام محصول به داخل برج سرازیر خواهد شد این محصول پس از سرازیر شدن به بالای برج بر روی سینی‌ها می‌لغزد و به پایین می‌رود زمانی که دماها (دمای روی سینی‌ها) به حالت ثابت رسیدند می‌توان گفت شرایط موازنه در برج برقرار گشته است و حالت پایا برقرار گردیده است.

نرخ تبخیر بوسیله شیر V3 قابل اندازه‌گیری می‌باشد. برای این منظور ابتدا رفلاکس را خاموش کنید (کلید رفلاکس را در وضعیت خاموش قرار دهید) و کل محصول جمع شده در زیر کندانسور را به مخزن پایین‌تر هدایت کنید و شیر آن را ببندید... سپس در فواصل مشخص (مثلا ۵ دقیقه) با استفاده از کرنومتر، شیر V3 را باز کنید و محصول را داخل یک ظرف مدرج ۲۵۰ سی‌سی بریزید. این عمل را تا جایی تکرار کنید که به یک عدد تقریبا واحد برای اندازه‌گیری دبی

ایجاد محصول برسید در این حالت شیر V6 و V7 را باز کرده و میزان اختلاف فشار را یادداشت کنید. مجددا شیرهای V6 و V7 را ببندید.

این عمل را برای ولیوم‌های ۱۷۰ و ۱۸۰ ولت‌متر تکرار کنید و در هر مرحله میزان نرخ تبخیر و اختلاف فشار و دمای سیال روی هر سینی را یادداشت کنید.

POWER I*V (Kw)	Boilup rate (litrs/hr)	Pressure drop (cm H2O)	Degree of Foaming on Trays

آزمایش ۱۱

تعیین بازده کل ستون :

یک مخلوط ۱۰ لیتری از ۵۰ مول درصد آب و ۵۰ مول درصد اتانول با توجه به روش قبل تهیه نمایید که این مخلوط شامل ۲/۳۶ لیتر آب و ۷/۶۴ لیتر اتانول خواهد بود.

برای انجام این آزمایش به یک ارلن مدرج ۲۵۰ سی‌سی، یک کرنومتر و یک دانسیته‌متر نیاز می‌باشد. جوش آورنده را از مخلوط ۱۰ لیتری پر کرده و درب سفید رنگ آنرا محکم ببندید. رفلاکس را روشن کرده و در حالت صد درصد قرار دهید هیترا را با حداکثر توان روشن کنید و سپس ولیوم را به ۱۸۰ کاهش دهید. دستگاه را برای ۱۰ دقیقه رها کنید تا به موازنه در برج برقرار گردد.

همانطور که در آزمایش قبل گفته شده نرخ تبخیر را بدست آورید. ابتدا رفلاکس را قطع کنید و محتویات مخزن جداساز را به وسیله V3 خالی کنید. سپس در فواصل مساوی مقدار محصول را به وسیله نمونه گیری با شیر V3 اندازه گیری کنید تا به عدد واحدی برسید. به خاطر داشته باشید قبل از نمونه گیری ۱۰ میلی لیتر از ماده داخل لوله را دور بریزید.

به مقدار زیاد نمونه گیری نکنید زیرا این عمل باعث برهم خوردن موازنه جرم در طول ستون خواهد شد از مخزن جوش آور نیز یک نمونه تهیه کنید. سپس خلوص نمونه های تهیه شده را بوسیله دانسیته متر اندازه گیری کنید. از پایین و بالای برج هر ۱۰ دقیقه یک نمونه گرفته و این کار را ۲ بار تکرار کنید. دماها را یادداشت کرده و میانگین دمای ستون را محاسبه کنید. این عمل را برای نرخ تبخیرهای گوناگون انجام دهید تا تمام محدوده عملکردی ستون را پوشش دهید.

محاسبه راندمان:

Boil-up rate = Litres/hr

Over Composition (XA)d (mol percent methanol) =

- a)
- b)
- c)
- d)
- e)

Average = (mol percent methanol)

Bottom Composition (XA)b (mol percent methanol) =

- a)

- b)
- c)
- d)
- e)

Average top column temorage = °C

Average bottom column temorage = °C

Average column temorage = °C

مثال:

$$(X_A)_d = 0.75, (X_B)_d = 0.25$$

$$(X_A)_b = 0.43, (X_B)_b = 0.57$$

A اتانول و B آب است.

حال مقدار معادل y را از equilibrium data بیابید.

$$r_d = 1.168, r_b = 1.3405$$

$$r_{av} = \sqrt{1.168 \times 1.3405} = 1.25$$

از معادله Fenske

$$n + 1 = \frac{\log \left[\left(\frac{0.75}{0.25} \right) \left(\frac{0.57}{0.43} \right) \right]}{\log 1.25}$$

$$= 6.2$$

$$n = 5.2$$

تعداد سینی ها از روش تئوری برابر 5.2 است.

$$\text{بازده} = \frac{5.2}{8} \times 100 = 65\%$$

همینطور برای هر نمونه بازده را محاسبه کنید و میانگین آن بازده کلی برج است.

Summary of Theory

To calculate the number of theoretical plates for a given separation at total reflux, Fenske developed the following formula:

$$n + 1 = \frac{\log \left[\left(\frac{x_A}{x_B} \right)_d \left(\frac{x_B}{x_A} \right)_b \right]}{\log(\alpha_{AB})_{av}}$$

where n = number of theoretical plates
 x_A = mole fraction of more volatile component
 x_B = mole fraction of least volatile component
 α_{av} = average relative volatility

Subscripts D, B indicate distillate and bottom respectively

$$\alpha_{av} = \sqrt{\alpha_d \cdot \alpha_b}$$

The efficiency is given by,

$$E = \frac{\text{Number of theoretical plates}}{\text{Number of actual plates}} \times 100\%$$

Knowing the composition of distillate and bottom and the corresponding volatilities, the column efficiency can be determined.

آزمایش ۱۲**هدف: تقطیر به میزان ثابت رفلاکس**

یک مخلوط ۱۰ لیتری از ۵۰ مول درصد آب و ۵۰ مول درصد اتانول تهیه نمایید که این مخلوط شامل ۲/۳۶ لیتر آب و ۷/۶۴ لیتر اتانول خواهد بود.

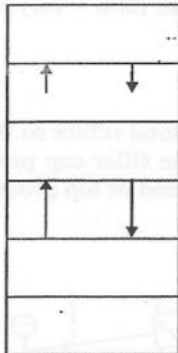
برای انجام این آزمایش به یک ارلن مدرج ۲۵۰ سی‌سی، یک کرنومتر و یک دانسیته‌متر نیازمند هستید. جوش آور (Evaporator tank) را از مخلوط ۱۰ لیتری پر کنید و درب آنرا محکم ببندید. ابتدا توان هیتر را روی صد درصد تنظیم کنید و به محض جاری شدن رفلاکس توان را با کم کردن ولیوم تا مقدار ۱۸۰ کم کنید. دستگاه را روی حالت رفلاکس کامل قرار دهید و حدود ۱۰ دقیقه دستگاه را رها کنید تا شرایط موازنه در ستون ایجاد شود.

این آزمایش در نرخ‌های مختلف رفلاکس انجام گردد برای این منظور ابتدا مقدار رفلاکس را روی ۸۳٪ تنظیم نمائید. در این حالت محصول به نسبت ۵ به ۱ وارد ستون و وارد مخزن محصول بالای برج می‌گردد. از بالا و پایین ستون به وسیله شیرهای V2 و V3 نمونه تهیه کنید. هیچ گاه بیش از حد نمونه برداری نکنید. توجه داشته باشید نمونه‌ها ممکن است داغ باشند. این نمونه برداری را هر ۱۰ دقیقه و ۲ بار از بالا و پایین برج انجام دهید و دماها را یادداشت کنید. پس از آنکه دمای نمونه‌ها به دمای مجاز دانسیته‌متر رسید (دمای نوشته بر روی دانسیته‌متر) درصد آن را تعیین نمایید. و دمای میانگین برج را محاسبه کنید. این آزمایش را با توان‌های مختلف هیتر تکرار کنید تا رنج کامل عملکرد برج را پوشش دهد.

Top product composition (mol percent methanol)	Bottom product composition (mol percent water)

Summary of Theory

Since there is no feed, no bottom product or no top product, the liquid flow in the column is equal to the vapour flow in the column.



$$V = L$$

A material balance over the M.V.C. (most volatile component) gives

$$V y_n = L x_{n+1}$$

Since $V = L$ this gives

$$y_n = x_{n+1}$$

آزمایش ۱۳

حالت دائمی تقطیر در حالت پیوسته :

۵ لیتر از مخلوط ۶۵ مول درصد اتانول در مخزن خوراک بریزید به مقدار کافی مخلوط دو جزئی حاوی ۲۵ مول درصد اتانول و ۷۵ مول درصد آب (۴/۸ لیتر آب و ۵/۲ لیتر اتانول) تهیه کنید و داخل جوش آور بریزید تا به سطح سرریز شیر V1 برسد درب آن را محکم ببندید. شیر V1 را باز کنید.

برای انجام این آزمایش به یک ارلن مدرج ۲۵۰ سی سی، یک کرنومتر و یک دانسیته متر نیاز می-باشد.

کلید Boiler را در حالت روشن قرار دهید نمایشگر دمای T1 که دمای جوش آورنده است، نگاه کنید. سپس شیر V5 را باز نموده تا آب سرد در کندانسور جریان یابد و فلوی فلومتر را روی 3lit / min تنظیم نمایید.

ولیوم مربوط به تنظیم توان هیتر را کاملا در جهت عقربه های ساعت بگردانید تا توان هیتر صد درصد گردد. وقتی بخار بالا آمد دمای سنسورها به سرعت بالا می‌رود در اینجا آزمایش را با رفلاکس کامل شروع می‌کنیم دکمه رفلاکس را در حالت روشن قرار دهید و ولوم آن را در جهت عقربه‌های ساعت بگردانید تا رفلاکس صد در صد حاصل شود. توان هیتر را روی نصف قرار دهید.

وقتی ستون ۱۵ دقیقه به حال خود ماند رفلاکس را روی ۸۳ درصد تنظیم نمایید پمپ خوراک را روشن نمایید و آن را روی یک سوم تنظیم کنید چون پمپ در بیشترین حالت شش لیتر بر ساعت را می‌دهد وقتی ولوم آن را روی یک سوم تنظیم کنید دو لیتر بر دقیقه خواهیم داشت. شیر V1 پایین برج را باز کنید.

وقتی حدود ۳ لیتر از مخزن خوراک به داخل ستون منتقل شد بوسیله شیر V3 از محصول بالای برج نمونه تهیه کنید بوسیله شیر V2 از پایین ستون نمونه تهیه کنید این عمل را هر ۱۰ دقیقه تا ۵ بار تکرار کنید.

می‌توانید این آزمایش را برای توان‌های مختلف (مثلا ولیوم بر روی ۱۶۰، ۱۷۰ و ۱۸۰ تنظیم شود) انجام دهید به طوریکه بازه عملکرد برج را پوشش دهد. برای این آزمایش تعداد سینی‌های تئوری را به وسیله داده‌های موجود به دست آورده و راندمان برج را محاسبه کنید.

دانسیتته (g/cm ³)	فرمول	وزن مولکولی (g/mol)	
۰/۷۸۹	C ₂ H ₆ O	۴۶/۰۷	اتانول
۱/۰۰۰	H ₂ O	۱۸	آب

آزمایش ۱۴

حالت دائمی تقطیر در حالت پیوسته و خلا (در صورت وقت کافی آزمایش ۵ هم انجام شود):
این مرحله مشابه مرحله قبل است با این تفاوت که کمپرسور باید به اجکتور برج وصل شود و خلا ۰/۲ بار در برج ایجاد گردد و در توان‌های حرارتی پایین آزمایش انجام شود.
برای انجام این آزمایش به یک ارلن مدرج ۲۵۰ سی سی، یک کرنومتر و یک دانسیته‌متر نیاز می‌باشد.

۵ لیتر از مخلوط ۶۵ مول درصد اتانول در مخزن خوراک بریزید به مقدار کافی مخلوط دو جزئی حاوی ۲۵ مول درصد اتانول و ۷۵ مول درصد آب (۴/۸ لیتر آب و ۵/۲ لیتر اتانول) تهیه کنید و داخل جوش‌آور بریزید تا به سطح محلول به لوله خروجی ته‌ماند که بر روی ریپویلر نصب شده است، برسد درب آن را محکم ببندید. شیر لوله‌ای که بر روی جوش‌آور نصب شده است را باز نمایید تا ریختن محلول از جوش‌آور به داخل مخزن شیشه‌ای را مشاهده کنید. و آن را مجدداً ببندید.

کلید Boiler را در حالت روشن قرار دهید نمایشگر دما را روی دمای T1 که دمای جوش آورنده است، تنظیم کنید سپس شیر زیر روتامتر را باز نموده تا آب سرد در کندانسور جریان یابد و فلوی فلومتر را روی 2 lit / min تنظیم نمایید.

ولوم مربوط به تنظیم توان هیتر را کاملاً در جهت عقربه‌های ساعت بگردانید تا توان هیتر صد درصد گردد. وقتی بخار بالا آمد دمای سنسورهای سینی‌ها به سرعت بالا میرود در اینجا آزمایش را با رفلاکس کامل شروع میکنیم دکمه رفلاکس را در حالت روشن قرار دهید و ولوم آن را در جهت عقربه‌های ساعت بگردانید تا رفلاکس صد در صد حاصل شود. توان هیتر را روی نصف قرار دهید.

وقتی ستون ۱۰ دقیقه به حال خود ماند رفلاکس را روی ۸۳ درصد تنظیم نمایید پمپ خوراک را روشن نمایید و آن را روی یک سوم تنظیم کنید چون پمپ در بیشترین حالت شش لیتر بر ساعت را می‌دهد وقتی ولوم آن را روی یک سوم تنظیم کنید دو لیتر بر دقیقه خواهیم داشت. شیر خروجی ته‌ماند پایین برج را باز کنید.

وقتی حدود ۱ لیتر از مخزن خوراک به داخل ستون منتقل شد از محصول بالای برج نمونه تهیه کنید بوسیله شیر زیر جوش‌آور نیز از پایین ستون نمونه تهیه کنید. این عمل را هر ۱۰ دقیقه تا ۲ بار تکرار کنید. می‌توانید این آزمایش را برای توان‌های مختلف هیتر انجام دهید به طوریکه بازه عملکرد برج را پوشش دهد. اکنون جدول زیر کامل نمایید.

		درصد حجمی اتانول		دما	دمای آب کندانسور	
آمپر	ولت متر	بالا	پایین	جوش آور	ورودی	خروجی
	۱۷۰					
	۱۸۰					
	۱۸۰					
	۱۸۰					

ادامه جدول (درج ولیوم خوراک حدودا روی ۳/۵ درجه باشد.)

آب دبی سرد	دبی خوراک	T1	T2	T3	T4	ولیوم رفلاکس
۲ L/min	۰ L/hr					۵۰
۲ L/min	۲ L/hr					۵۰
۲ L/min	۲ L/hr					۵۰
۲ L/min	۲ L/hr					۸۳

محاسبات

برای این آزمایش تعداد سینی‌های تئوری را به وسیله داده‌های موجود به دست آورده و راندمان

برج را محاسبه کنید.

یک نمونه داده برای این چند آزمایش

ولیم رفلاکس	T4	T3	T2	T1	دبی خوراک	دبی آب سرد	فشار نسبی
۰	۴۱	۳۰	۷۷	۸۴	۰ L/hr	۲ L/min	۰
۵۰	۴۱	۳۰	۷۷	۸۵	۰ L/hr	۲ L/min	۰
۵۰	۴۱	۳۰	۷۶	۸۳	۲ L/hr	۲ L/min	۰
۸۳	۳۸	۳۱	۷۱	۷۹	۲ L/hr	۲ L/min	بار ۰/۳-

دمای آب کندانسور		درصد حجمی اتانول		دما	خروجی	
ورودی	جوش آور	پایین	بالا	ولت متر	آمپر	
	۸۴	۵۰	۹۴	۱۷۰		
	۸۵	۴۸	۹۶	۱۸۰		
	۸۳	۵۵	۹۵	۱۸۰		
	۷۹	۵۰	۹۶	۱۵۵		

منابع و مراجع

۱. شیمی صنعتی، تالیف محمد معین، انتشارات دانشگاه گیلان ۱۳۸۰.
۲. عملیات واحد مهندسی شیمی جلد ۲، تالیف وارن ال، مک کیب، جولیان سی، اسمیت، پیتز هریوت، ترجمه علی اصغر حیدری، داود رشتچیان، محمدمهدی منتظر رحمتی، انتشارات مرکز نشر دانشگاهی ۱۳۸۰.
۳. وسایل اندازه گیری و کنترل در فرآیندهای شیمیایی، متالوژی و معدنی، تالیف و.ر.راداکریشنان، ترجمه جمشید بهین، انتشارات دانشگاه رازی ۱۳۸۶.
۴. طراحی راکتورهای شیمیایی، تالیف اوکتا لوین اشپیل، ترجمه مرتضی سهرابی، انتشارات دانشگاه امیرکبیر ۱۳۸۱.

با تشکر از شرکت های پژوهاک پژوه صنعت، ایرانیان سیستم دقیق، کیمیا پویا صنعت تبریز.