اثر زاويه تزريق دراختلاط جتي

على صادق زاده نماور ، جعفر صادق مقدس *+

تبريز، دانشگاه صنعتی سهند، دانشکده مهندسی شیمی، مرکز تحقیقات یدیدههای انتقال، صندوق یستی ۱۹۹۶ ـ ۵۱۳۳۵

چکیده: امروزه مخلوط کنندههای جتی به علت داشتن برتریهایی در حال جایگزینی با سایر مخلوط کنندهها در بعضی از کاربردهای صنایع شیمیایی میباشند. از این رو بررسی پارامترهای تأثیر گذار در این مخلوط کنندهها دارای اهمیت میباشند. در این پژوهش، تأثیر قطر نازل در شدتهای حجمی متفاوت جریان جتشونده و تأثیر زاویه تزریق جت، به طور آزمایشگاهی مورد مطالعه قرار گرفتهاند. نتیجههای آزمایشگاهی نشان دهنده آن است که برای یک مخزن استوانهای با ضریب شکل برابر یک (ID=1) و تزریق جت از مرکز سقف مخزن، افزایش قطر نازل در یک جریان حجمی ثابت منجر به افزایش زمان اختلاط میشود، ولی روند بیشتر شدن با افزایش شدت حجمی جریان جتشونده، تفعیف می شود. همچنین نتیجهها نشان می دهند که زمان اختلاط به زاویه تزریق جت بستگی دارد. تزریق با زاویه ۲۰ و ۳۰ درجه از مرکز سقف مخزن، دارای بلندترین طولهای جت میباشند، که بر اساس پژوهش های انجام شده قبلی، مبنی بر کاهش زمان اختلاط با افزایش طول جت، کوتاه ترین زمان های اختلاط را نتیجه نمی دهند. این درحالی است که زاویههای تزریق ۱۰ و ۵۰ درجه دارای کمترین زمان اختلاط میباشند.

واژه های کلیدی: اختلاط، مخلوط کننده های جتی، زمان اختلاط، زاویه تزریق.

KEY WORDS: Mixing, Jet mixers, Mixing time, Angle of injection.

مقدمه

اختلاط (۱) یکی از فرایندهای مهم در صنایع شیمیایی می باشد. عمل اختلاط بیشتر برای تولید یک مخلوط همگن از دو یا چند بخش غیرمشابه انجام می شود، که فراورده ی نهایی باید دارای حد دلخواهی از یکنواختی شیمیایی یا فیزیکی باشد [۱]. فرایند اختلاط سیالات بیشتر بهوسیله همزنهای مکانیکی (۱) مخلوط کنندههای ایستایی (۱) و مخلوط کنندههای جتی (۱) انجام می شود. آنچه که مسلم است هر یک از این مخلوط کنندهها بر حسب شرایط فرایندی و ویژگیهای فیزیکی سیالات مخلوط شونده، مناسب و مؤثر خواهند بود. ولی مخلوط کنندههای جتی به علت داشتن برتریهایی مانند هزینههای ساخت، نگهداری و عملیاتی پایین تر برتریهایی مانند هزینههای ساخت، نگهداری و عملیاتی پایین تر

(به علت نبود قسمتهای متحرک درون مخزن) در بعضی از موارد به سایر مخلوط کننده ها بر تری داده می شوند [۳، ۲].

مخلوط کننده های جتی نسبت به سایر مخلوط کننده ها از بیشینه کوتاه تری برخوردارند و با پیدایش آنها مجموعه ای از تحولات در زمینه اختلاط مایع ها صورت گرفته است. این مخلوط کننده ها بهطور عموم از یک ساختار ساده شامل یک مخزن حاوی یک یا چندنازل در قسمت های مختلف که جریان جت از طریق آنها به مخزن وارد می شود، یک پمپ که جریان جت را تولید می کند و یک مجموعه لوله کشی های ساده تشکیل شده اند. درنتیجه، این مخلوط کننده ها نسبت به مخزن های همزن دار ارزان تر بوده این مخلوط کننده ها نسبت به مخزن های همزن دار ارزان تر بوده

*عهده دار مکاتبات

· نشانی فعلی: اراک، شرکت پالایش نفت امام خمینی (ره) شازند، صندوق پستی ۴۱۱۱ ـ ۳۸۶۷۱

+E-mail: jafar.moghaddas@sut.ac.ir

(٣) Static mixers

(Y) Mechanical miders

(1) Mixing

(۴) Jet mixers

علمی ـ پژوهشی

و نصب و راهاندازی آنها راحت ر میباشد [۴]. این نوع سامانههای اختلاط، ممکن است دارای یک منبع تغذیه جداگانهای بوده باشند، ولی به طور معمول پمپ کردن از درون مخزن اختلاط انجام میشود و جریان جت شونده دارای یک مسیر گردشی است [۲].

در مخلوط کننده های جتی حرکت سریع جریان جت تزریق شده به درون مخزن که منجر به "همراه برده شدن" توده مایع توسط جریان جت و ایجاد تنشهای برشی پرتوانی در مرز میان جت و مایع اطراف می شود، باعث اختلاط می شود [۵]. در واقع تفاوت سرعت جریان جت به سرعت توده مایع، یک لایه درهم را تولید می کند. ایین لایه که خطوط پرسرعت جریان را در بردارد در جهت جریان جت رشد کرده و با برخورد به دیواره مخزن و شکل گیری میدانهای جریان برگشتی، باعث حرکت و اختلاط توده مایع می شود. این بدان معناست که طول های بلندتر جت، اختلاط بهتر را گفته می دهند. طول جت به طور معمول به مسیر آزاد جت گفته می شود و با بیشینه فاصلهای که جت طی می کند تا به دیوار مقابل برخورد کند، تعیین می شود. پس برای یک جت در ته مخزن تزریق در طول قطر مخزن بلندترین طول جت را نتیجه می دهد. یعنی برای یک ضریب شکلی برابر یک زاویه نتیجه می دهد. یعنی برای یک ضریب شکلی برابر یک زاویه تزریق ۴۵ درجه بلندترین طول جت را دارد [۳].

یکی از قدیمی ترین مطالعه ها بر روی این مخلوط کننده ها توسط Fosset انجام شد. او مشاهده کرد که اختلاط توسط جتهای ساده در زمان کوتاهتری نسبت به سایر تجهیزات معمول اخـتلاط، انجـام مـيشـود [۶]. Fox & Gex بررسـي بـر روي هر دو الگوی آرام و درهم، جریان جت را توسعه دادند و همچنین مطالعههای مقایسهای بین این مخلوط کنندهها و مخزنهای همزندار را انجام دادند [۲]. Lane & Rice یک جت عمودی در یک مخزن با پایه نیم کروی را بررسی کردند و دریافتند که زمان اختلاط در الگوی اَرام جریان جت به شدت به رینولـدز جـت ورودی (Re_J) وابسته است و در الگوی درهم فقط یک وابستگی ضعیفی وجود دارد [۷]. این دو همچنین مطالعههای خود را در راستای طراحیهای متفاوت مخلوط کنندههای جتی گسترش دادند و به این نتیجه رسیدند که نیم کروی بودن ته مخزن باعث کاهش زمان اختلاط می شود [۸]. سی بردند که زمان اختلاط Maruyama, Ban & Mizushina به عمق مایع، ارتفاع نازل، زاویه نازل و رینولدز جت ورودی (Re_J) وابسته است [۹]. Yanneskis اثر زمان تزریق ردیاب^(۱) را بررسی کرد

و دید که محل میله حسگر^(۲) نقطه تزریـق ردیـاب تـأثیر چنـدانی بر روی زمانهای اختلاط نهایی ندارد [۲]. Grenvill & Tilton نشان دادند که زمان اختلاط توسط نرخ اتلاف انرژی در ناحیههای دور از جت که سرعتها و شدت درهم بودن ضعیف می شوند، کنترل می شود [۱۰] Simon & Fonade و تناوبی را به کار بردند و یی بردند که جتهای تناوبی کارایی انرژی بیشتری نسبت به جتهای پیوسته دارنـد [۲]. Lalane و همکاران دریافتند که زمان اختلاط با افزایش ویسکوزیته مایع، افزایش می یابد. آنها همچنین گزارش کردند که جتهای تناوبی نسبت به جتهای پیوسته در یک توان ورودی برابر، زمان اختلاط را ۱۵ درصد کاهش می دهند [۲]. Rahimi & Parvareh اختلاط در یک مخزن نیمه صنعتی را با تزریق جت مایل از گوشه کف مخزن، مورد مطالعه قرار دادند. نتیجههای آزمایشگاهی ایشان برای سه زاویه ۰، ۲۲/۵ و ۴۵ درجه نشان دهنده آن است که زاویه ۴۵ درجه دارای کمترین زمان اختلاط می باشد [۴]. این دو همچنین با مطالعه CFD اختلاط در یک مخزن صنعتی مجهز به یک همزن و یک جت نشان دادنـد زوج همـزن _ جـت کارایی بهتری نسبت به ترکیب چند همزن (حتی ۵ همـزن) دارد. این بدان علت است که در حالت اول یک جریان گردشی اضافی بهعلت انتقال سیال از قسمت مکش به نازل جت، به اختلاط بهتر کمک می کند. نتیجههای آنها با نتیجههای آزمایشگاهی توافق به نسبت خوبی داشتند [۱۱].

پدیدههای انتقال حاکم بر سیستمهای اختلاط، پدیدههای انتقال جرم و مومنتم هستند، که بهواسطه سه مکانیسم نفوذ مولکولی، نفوذ گردابه (۲) و جابهجایی تودهای انجام می شود در سیستمهایی که تلاطم شدیدی وجود دارد، از نفوذ مولکولی در مقایسه با دو مکانیسم دیگر صرفنظر می شود. برای اختلاط موثرتر و سریعتر، توان مصرفی برای اختلاط باید چنان اعمال شود که همزمان هر دو مکانیسم تقویت شود. بنابرین برای یک کاربرد خاص باید مکانیسم کنترل کننده (کندتر) شناسایی و تقویت شود [۲]. البته در این پژوهش به طور مستقیم به این مورد پرداخته نشده است، بلکه در یک توان مصرفی برابر، به این مورد پرداخته نشده است، بلکه در یک توان مصرفی برابر، قرار گرفتند. به تحوی که اختلاط مؤثرتر و سریعتر، با تقویت هر دو مکانیسم به در می نظور باید دوش لازم

(1) Tracer
(Y) Probe

⁽٣) Eddy

⁽F) Jet Sensor

را برای سنجش سرعت انتقال مومنتم و جرم و یا به عبارتی سنجش کیفیت و سرعت اختلاط به کار برد.

روشهای مختلفی از جمله روشهای نوری و اندازه گیریهای هدایت سنجی و دماسنجی توسط پژوهش گران برای امتحان کارایی مخلوط کنندهای جتی و رسیدن به یک درک اساسی از این سیستمها به کار برده شده است. روشی که در این کار برای سنجش کارایی اختلاط به کار برده شده است، سنجش هدایت الکتریکی سیال درون مخزن با استفاده از یک دستگاه هدایت سنج الکتریکی میباشد. به این روش که با تزریق یک ردیاب با هدایت الکتریکی بسیار بالا به درون مخزن و با ثبت تغییرات هدایت الکتریکی سیال درون مخزن نسبت به زمان به کمک یک حسگر(۱۱) زمان اختلاط اندازه گیری می شود. بر طبق پیشنهاد بسیاری از کارهای انجام شده، زمان اختلاط به صورت زمان لازم برای رسیدن غلظت ردیاب به همه، خطظت نهاییش در مخزن، تعریف می شود [۲].

پژوهش گران رابطههای بسیار زیادی برای محاسبه زمان اختلاط برای مخلوط کنندههای جتی پیشنهاد دادهاند. یک دسته از این رابطهها، رابطههایی هستند که زمان اختلاط را بهطور مستقیم به رینولدز جت ورودی (Re_I) مرتبط می کنند، و دسته دیگر رابطههایی هستند که هیچ وابستگی به رینولدز جت ندارند. رینولدز جت ورودی (Re_I) از معادله (۱) محاسبه می شود [۳].

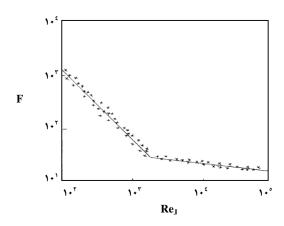
$$Re_{J} = \rho v_{J} d_{n} / \mu \tag{1}$$

که در این معادله ρ ، دانسیته سیال جت شونده، $v_{\rm J}$ ، سرعت جت، $d_{\rm h}$ ، قطر نازل و $d_{\rm h}$, ویسکوزیته سیال جت شونده می باشند.

یک حالت کلی زمان اختلاط برای تزریق عمودی جت از مرکز کف تخت مخزن استوانهای با پارامترهای ارتفاع ستون مایع (h) قطر مخزن (D)، و ویژگیهای سیال، توسط Rice ویژگیهای ارابه شد [۸]:

$$t_{_{\text{A}\Delta}} = F(h^{.\text{A}} D^{.\text{AYA}}) / (v_{\text{J}} d_{\text{n}})^{.\text{AYA}} g^{.\text{AYA}}$$
(Y)

که g همان شتاب جاذبه میباشد و ضریب تصحیح F تابعی از عدد رینولدز جت ورودی (Re_J) میباشد که دو روند متفاوت در ناحیههای اَرام و درهم دارد. به طوری که وابستگی F به F در ناحیه اَرام مشهودتر است، درحالی که در ناحیه درهم F تابع ضعیفی از F میباشد. نمودار تغییرات F بر حسب F در شکل F اَمده است F تابعیت F نسبت به F را با استفاده از نمودار شکل F در دو الگوی اَرام و درهم جریان جت به صورت معادله های F



شکل ۱_ نمودار تغییرهای F بر حسب Re_J [٦].

$$F=$$
 ۶۵۳۸۱ $Re_J^{-, v, v, v, v}$ الگوی اَرام (۳)
$$F=$$
 ۸۸,۸۷۸ $Re_J^{-, v, v, v}$ الگوی درهم

با تعریف پارامتر A به عنوان دامنه بی بعد نوسان های غلظت ردیاب در مخزن به صورت زیر، زمان اختلاط را به عنوان زمانی که مقدار این پارامتر به کمتر از ۰/۰۱ می رسد، بیان کردند [۹]:

$$A = \text{T} \exp \left\{ -\text{T} \pi^{\text{T}} \sigma^{\text{T}} c \cdot k \left(t/t_R \right) \left(L_J/d_n \right) \right\} \tag{\ref{f}}$$

که $\sigma_{\rm C}$ واریانس بی بعد زمان گردش، $r_{\rm R}$ زمان مانـد متوسط، $r_{\rm L}$ طول جت، $r_{\rm L}$ قطر نازل و $r_{\rm L}$ یـک عـدد ثابـت اسـت. ایشـان با استفاده از تعریفهای بالا، رابطههای سایر پژوهش گران را اصلاح کـرده و بهصورت زیر ارایه نمودند [۹]:

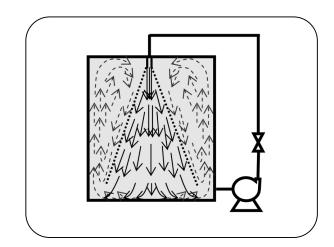
Fossett & Prosser:
$$(t_{\rm M}/t_{\rm R})(d_{\rm n}/H) = 9$$

Van de Vusse: $(t_{\rm M}/t_{\rm R})(d_{\rm n}\sin\theta/H) = A_{\rm N}V$
Okita & Oyama: $(t_{\rm M}/t_{\rm R})(d_{\rm n}/(HD)^{\gamma/\Delta}) = \Delta_{\rm N}\Delta$ (Δ)
Fox & Gex: $(t_{\rm M}/t_{\rm R})(d_{\rm n}/(HD)^{\gamma/\Delta}) = V_{\rm N}S$

که در اینجا $t_{\rm M}$ ، زمان اختلاط، H، ارتفاع ستون مایع، D، قطر مخزن و θ زاویه جت میباشند.

روش های هدایت سنجی برای اندازه گیری زمان اختلاط (ϵ_{0a}) درون یک مخلوط کننده جتی با جت مایل از گوشه کف مخزن استوانهای توسط ϵ_{0a} به کار برده شد. رابطه ایشان فقط شامل قطر مخزن (D)، قطر جت (ϵ_{0a}) و سرعت جت (ϵ_{0a}) می باشد که هیچ وابستگی به رینولدز جت ندارد [۶]:

على صادقزاده نماور، جعفرصادق مقدس



شکل ۲_نمای کلی سیستم مخلوط کننده جتی و میدانهای جریان شکل گرفته در مخزن: (--->) خطوط جریان ناشی از توسعه جریان جت و (--->) میدانهای جریان شکل گرفته توسط دیوارهها.

$$\mathbf{t}_{\mathsf{q}_{\mathsf{d}}} = \mathsf{q}_{\mathsf{d}} \mathbf{D}^{\mathsf{Y}} / \mathbf{v}_{\mathsf{J}} \mathbf{d}_{\mathsf{n}} \tag{5}$$

رلام بر طبق پیشنهاد تعدادی از پژوهش گران یک طول جت ($L_{\rm I}$) طولانی تر موجب اختلاط موثر تری شده و زمان اختلاط را برآورد زمان اختلاط برای مخلوط کنندهای جتی توسط زمان اختلاط برای مخلوط کننده است. در این معادله سرعت در این معادله سرعت در انتهای مسیر آزاد جت، میزان اختلاط در سراسر مخزن را کنترل می کند [۱۰]:

$$t_{qq} = \Upsilon_{/} \cdot (L_{J}/d_{n})^{\Upsilon} / (d_{n}/v_{J})$$
 (Y)

نتیجههای کار حاضر با این معادله توافق به نسبت خوبی را نشان میدهد.

بخش تجربي

دستگاه آزمایشگاهی به کار بردهشده در این کار از یک مخزن با ضریب شکل برابر یـک (H/D=1) و ابعـاد mz با ضریب شکل برابر یـک (H/D=1) و ابعـاد سیال درون تشکیل شده است. یک پمپ سانتریفیوژ از ته مخزن، سیال درون مخزن را مکش کرده و برای ایجاد جریان جـت بـه سـمت نـازل پمپ می کند و جریان سیال جت شونده دارای یک مسیر گردشـی است. یک شیر رابط بعد از پمپ برای تنظیم شدت حجمی جریان (سرعت جریان جـت) گمـارده شـده اسـت. شـمای کلـی سـامانه در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۳ـ نمای کلی زانویی متحرک طراحی شده در این کار و قسمتهای مختلف آن.

مهم ترین بخش سامانه، یک زانویی متحرک با قابلیت سوار کردن نازلهائیی با قطرهای مختلف و ایجاد زاویههای متفاوت برای جهتهای گوناگون تزریق جریان جت میباشد. قسمتهای مختلف این قطعه در شکل ۳ آورده شده است. این قطعه از چهار قسمت تشکیل شده است، که عبارتند از پیچ، مهره، مغزی با پایه کروی شکل و نازل. مغزی در درون این پیچ و مهره، جهت ایجاد زاویههای مورد نظر، قابلیت چرخش دارد و با محکم کردن پیچ، در زاویه مورد نظر ثابت میماند. همچنین و با محکم کردن پیچ، در زاویه مورد نظر ثابت میماند. همچنین مغزی دارای سر لولهای شکل است که نازلهای به کاربرده شده گوناگون بر روی آن پیچ میشوند. قطر نازلهای به کاربرده شده در این پژوهش شسه و شهر این پژوهش شسه و شهر این پژوهش شسه و شهر این پر

همانطور که گفته شد روش به کار برده شده برای سنجش اختلاط، روش هدایت سنجی الکتریکی است. در ایس پژوهش از دستگاه HI9812 شرکت HANNA استفاده شده است. این دستگاه دارای یک حسگر حساس به هدایت الکتریکی است که باید میله ویژهی آن درون مخزن قرار داده شود. پس از انجام تعدادی آزمایشهای اولیه مناسبترین محل برای قرار دادن حسگر، کنار نازل جت ساز در ارتفاعی بالاتر از خروجی نازل، تعیین شد. این مکان دیرتر از قسمتهای دیگر مخزن تحت تأثیر میدانهای جریان ایجاد شده توسط جریان جت قرار می گیرد. در این پژوهش، ردیاب به کار برده شده برای بررسی تغییرهای در این پژوهش، ردیاب به کار برده شده برای بررسی تغییرهای هدایت الکتریکی (۱) سیال درون مخزن با زمان، محلول آب نمک

(1) Electrical conductivity

در این پژوهش قطر جت، سرعت جت و ساختار میدانهای جریان $^{(1)}$ متأثر از زاویه تزریق جت $^{(1)}$ به عنوان پارامترهای تأثیر گذار بر روی زمان اختلاط، به طور آزمایشگاهی مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته اند.

برای انجام هر آزمایش، ابتدا مخزن از آب شهری پـر شـده و پمپ روشن می شود تا سیال به صورت جریان جت بـه درون مخـزن تزریق شود. بعد از راه اندازی سیستم اجازه داده می شود تا سامانه به حالت پایا برسد و میدانهای جریان شکل بگیرند. سپس ردیاب توسط سرنگ به صورت آنی (تابع ضربهای) به درون مخزن تزریـق شده و تغییرات هدایت الکتریکی سـیال درون مخـزن نسبت بـه زمان ثبت می شود. این کار در حالت زاویـه تزریـق صـفر درجـه نسبت به محور مخزن و برای نازلهای متفاوت با قطرهای گفته شده در شدت حجمی های مختلف جریان جت انجـام شـد. همچنـین این کار برای زاویههای تزریـق ۰، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۵ و ۶۰ درجـه نسبت به محور مخزن در قطر نازل ۵ میلیمتـر و شـدت حجمـی برابـر نسبت به محور مخزن در قطر نازل ۵ میلیمتـر و شـدت حجمـی برابـر نسبت به محور مخزن در قطر نازل ۵ میلیمتـر و شـدت حجمـی برابـر نازی و آزمایش سیال داخـل مخـزن تخلیه و از آب تازه شهری برای انجام آزمایش بعدی پر می شد.

شایان گفتن است که در تمام آزمایشهای این پژوهش تزریق جت از مرکز سقف مخزن انجام شده است. همچنین زانویی متحرک در جهت عکس خروجی جریان از مخزن برای ایجاد زاویههای لازم چرخش داده شده است.

نتيجهها و بحث

اثر زاویه تزریق جت برروی زمان اختلاط

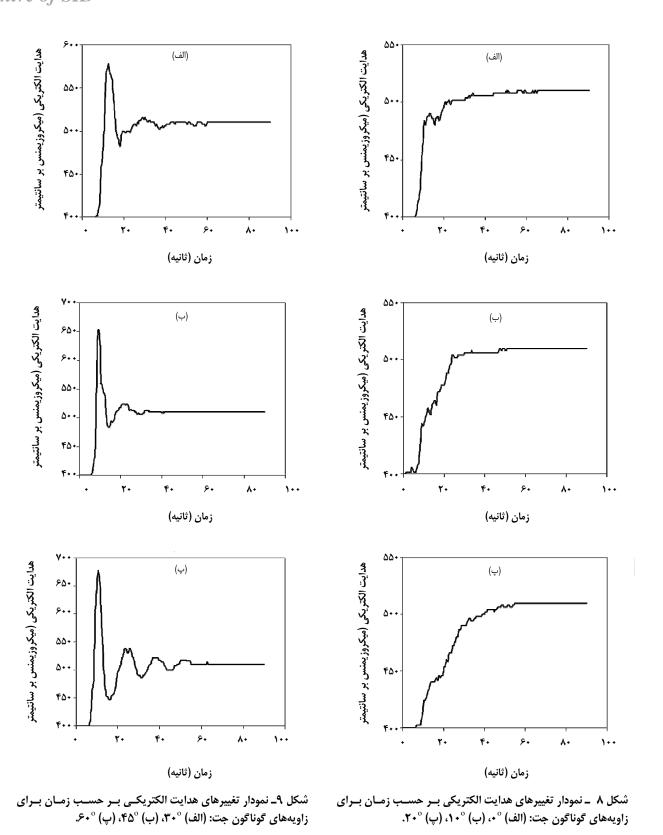
شکلهای ۸ و ۹ نمودار تغییرهای هدایت الکتریکی سیال درون مخرن بر حسب زمان، در یک جریان حجمی ثابت $(Q_{I}=0.136~L/s)$ و قطر نازل مشخص $(d_{n}=5mm)$ ، برای زاویههای مختلف تزریق نسبت به محور مخزن را نشان می دهند. همانطور که از نمودارها مشخص است، با افزایش زاویه از ۱۰ تا ۲۰ درجه، شیب نمودار و پیکهای مربوط به آن (پاسخ به تابع ضربهای تزریق ردیاب) تضعیف می شوند. این می تواند بدان علت باشد

که طول جت افزایش یافته، دیرتر به دیواره کف مخزن برخورد می کند و میدانهای جریان برگشتی (حاصل از برخورد جت به دیواره) که دارای ذرات ردیاب میباشند، دیرتر تشکیل شده و هدایت الکتریکی مربوط به آنها دیرتر توسط حسگر حس می شود. اما شیب و پیکهای منحنی زاویه ۳۰ درجه نسبت به زاویه ۲۰ درجه به شدت تقویت شدهاند که در اثر تغییر منطقه برخورد جت از دیواره کف مخزن به دیواره جانبی مخزن و شکل گیری سریع میدانهای جریان میباشد. با افزایش زاویه از ۳۰ تا ۶۰ درجه این روند شدیدتر می شود که ناشی از کاهش طول جت، برخورد و رودتر جریان جت به دیواره جانبی مخزن و شکل گیری سریع تر میدانهای جریان می باشد.

بر اساس نمودارهای شکلهای ۸ و ۹، زمان اختلاط برای زاویههای مختلف تزریق جت، در جدول ۲ اَمده است.

شکل ۱۰ نمودار تغییرهای زمان اختلاط برحسب زاویه تزریق جت را نشان می دهد. همانطور که دیده می شود ابتدا با افزایش زاویه از صفر درجه به ۱۰ درجه، به علت افزایش طـول جت که موجب می شود تا جریان جت فرصت بیشتری برای توسعه داشته باشد و دیرتر به دیواره مخزن برخورد کند، زمان اختلاط تا حدودی کاهش یافته است. در زاویه ۲۰ درجه با وجود اینکه طول جت نسبت به زاویـه ۱۰ درجـه افـزایش یافتـه ولـی زمـان اختلاط نه تنها كاهش نيافته بلكه افزايش نيز يافته است كه بهنظر می رسد به دلیل برخورد جت در انتهای مسیر به نزدیکی گوشههای مخزن (محل اتصال دیواره جانبی و کف مخزن استوانهای) و پیدایش میادین جریان نامنظم و ناخواسته که باعث به هدر رفتن انرژی جت میشوند، باشد. این اشکال برای زاویه ۳۰ درجه نیز مطرح است، ولی به علت تمایل جت به دیواره جانبی در این زاویه و برخورد مایل جت به دیواره مقابل بهجای برخورد قائم و شکل گیری میدانهای جریان منظمتر نسبت به زاویه ۲۰ درجه، زمان اختلاط کاهش یافته است. در زاویه ۴۵ درجه، این اشکال بهطور کامل برطرف شده و با وجود اینکه طول جت كاهش يافته ولى بهدليل برخورد مايل جت به ديواره مقابل، محدودیت کاهش طول جت تأثیر چندانی نداشته و زمان اختلاط بهطور چشمگیری کاهش یافته است. در زاویه ۶۰ درجه زمان اختلاط بهشدت افزایش یافته است که می تواند به علت برخورد زودهنگام و به تقریب قائم جت با دیواره جانبی مخزن و هدر رفتن انرژی جت، باشد.

(1) Flow pattern



بنابراین بر طبق نتایج آزمایشگاهی میتوان گفت که زاویه تزریق باید به گونهای باشد، که برای جلوگیری از هدررفت انرژی جت، برخورد مایل جت را به جای برخورد قائم به دیواره مقابل در انتهای مسیر جت منجر شود، از برخورد جت در انتهای مسیر به گوشههای مخزن جلوگیری به عمل آید و برای داشتن جت با طول بلندتر، به برخورد زود هنگام جریان جت به دیوارههای مخزن را منجر نشود.

نتيجهگيري

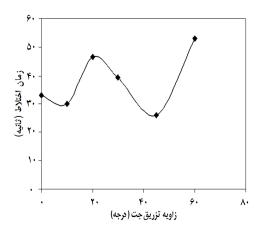
امروزه مخلوط کنندهای جتی به دلیل داشتن برتریهایی، در بعضی از موارد جایگزین سایر مخلوط کنندها در صنایع شیمیایی شدهاند

یکی از پارامترهای بسیار تأثیر گذار بر روی زمان اختلاط در مخلوط کنندههای جتی، زاویه تزریق جت میباشد که زمان اختلاط به شدت به آن وابسته است. بنابراین می توان نتیجه گرفت که به غیر از پارامترهایی که در رابطههای بسیاری از پژوهش گران منظور شده است، پارامترهای دیگری مانند چگونگی برخورد جت در انتهای مسیر و چگونگی تشکیل میدانهای جریان که توسط زاویه تزریق جت رقم میخورند، نیز می توانند برروی زمان اختلاط مؤثر باشند. بر اساس همین اصل، نتیجههای آزمایشگاهی نشان دادند که زاویههای تزریق ۱۰ و ۴۵ درجه به عنوان زاویههای بهینه می باشند. درحالی که زاویههای ۲۰ و ۳۰ درجه که طولانی ترین طولهای جت را تشکیل می دهند، کمترین زمانهای اختلاط را نتیجه نمی دهند.

تاریخ دریافت: ۱۳۸۷/۴٫۳۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۱۱٫۲۵

جدول ۲_ زمان اختلاط برای زاویههای مختلف تزریق جت.

						_
زاویه تزریق جت (درجه)	٠	١٠	۲٠	٣٠	۴۵	۶٠
زمان اختلاط (ثانیه)	٣٣	٣٠	48/0	٣٩	75	۵۳



شکل ۱۰ نمودار تغییرهای زمان اختلاط بر حسب زاویه تزریق جت.

بنابراین می توان گفت که در اینجا زاویههای تزریـق ۱۰ و ۴۵ درجـه دارای کمترین زمانهای اختلاط می باشند. این در حالی اسـت کـه زاویههای ۲۰ و ۳۰ درجه کـه طولانی تـرین طولهای جـت را تشکیل می دهند، نه تنها کمترین زمانهای اختلاط را نتیجـه نمی دهنـد، بلکه دارای یکی از بزرگترین زمانهای اختلاط می باشند. این مساله بـا نتیجـههای تعـدادی از پـژوهشگـران [۱۰] مینی بر کاهش زمان اختلاط با افزایش طول جت مغایر می باشد.

مراجع

[۱] شریعتی نیاسر، مجتبی؛ "مکانیک سیالات برای مهندسان شیمی" ، انتشارات دانشگاه تهران، تابستان ۱۳۸۰، فصل ۵، صفحههای ۱۹۱ و ۱۹۲.

- [2] Patwardhan A.W., Pandit A.B., Joshi J.B., The Role of Convection And Turbulent Dispersion in Blending, *Chemical Engineering Science*, **58**, p. 2951 (2003).
- [3] Zughbi H.D., Rakib M.A., Mixing In a Fluid Jet Agitated Tank Effect of angle And Elevation And Number of Jets, *Chemical Engineering Science*, **59**, p. 829 (2004).
- [4] Rahimi M., Parvareh A., Experimental and CFD Investigation on Mixing by a Jet in a Semi-Industrial Stirred Tank, *Chemical Engineering Journal*, **115**, p. 85 (2005).

علمي ـ پژوهشي

- [۵] حمیدی، علی اصغر؛ رشتچیان، داود؛ منتظر رحمتی، محمد مهدی؛ "عملیات واحد در مهندسی شیمی"، جلد اول، مرکز نشر دانشگاهی، چاپ اول ۱۳۸۰، فصل ۹، صفحه ۳۱۶–۳۱۸.
- [6] Fossett H., Prosser L.E., The Application of Free Jets to Mixing of Fluid in Bulk, *Journal of Institute of Mechanical Engineering*, **160**, p. 224 (1949).
- [7] Lane A.G.C., Rice P., "An Experimental Investigation of Liquid jet Mixing Employing a Vertical Submerged Jet", Industrial Chemistry Engineering Symposium Series No. 64, k1-k14, 1981.
- [8] Lane A.G.C., Rice P., Comparative Assessment of the Performance of the Three Designs for Liquid Jet Mixing, *ind. Eng. Chem. Process des. Dev.*, **21** (4), (1982).
- [9] Maruyama T., Ban Y., Mizushina T., Jet Mixing of Fluids in Tanks, Journal of Chemical Engineering of Japan, 15(5), (1982).
- [10] Grenville R.K., Tilton J.N., A New Theory Improves the Correlation of Blend Time Data From Turbulent Jet Mixed, *Transaction of the Institution of Chemical Engineers*, 74A, p. 390 (1996).
- [11] Rahimi M., Parvareh A., CFD Study on Mixing by Coupled Jet-Impeller Mixers in a Large Crude Oil Storage Tank, *Computers and Chemical Engineering*, (2006).

٦٠ علمي ــ پژوهشي