

اثر زمان ریزش مواد اولیه و نوع همزن در تهیه سدیم پربورات

مجتبی سمنانی رهبر*⁺، شهام انوشه

تهران، دانشگاه امام حسین (ع)، دانشکده فنی مهندسی، گروه مهندسی شیمی

زهرا دهقان، فهیمه کمره‌ای

تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، دانشکده شیمی

نیما یزدان پناه

تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، دانشکده فنی، گروه مهندسی شیمی

چکیده: سدیم پربورات به عنوان یک سفیدکننده، نقش بسیار مهمی در صنایع متفاوت دارد و یکی از اجزای مهم در فرمول بندی پودرهای شوینده است. این ماده از واکنش سدیم متابورات با هیدروژن پراکسید به دست می آید که سدیم متابورات نیز از اثر بوراکس بر سود حاصل می شود. در این تحقیق واکنش تهیه سدیم متابورات و سدیم پربورات مورد توجه قرار گرفته است. در واکنش تهیه سدیم متابورات، اثر زمان افزایش بوراکس (شدت جریان) نسبت به سود، در مجاورت سه نوع همزن متفاوت مورد آزمایش قرار گرفته است که نتیجه ها نشان می دهد کمترین تغییر در ویسکوزیته محلول واکنش با وجود تغییر زمان ریزش بوراکس هنگامی وجود دارد که از همزن لنگری در اختلاط مواد واکنش استفاده شده است، حتی اگر عمل اختلاط در دماهای متفاوت صورت پذیرد. در واکنش تهیه سدیم پربورات، اثر زمان ریزش متابورات بر آب اکسیژنه در مجاورت سه نوع همزن متفاوت روی دانه بندی و تخلخل دانه های سدیم پربورات حاصل مورد آزمایش قرار گرفته است. نتیجه ها نشان می دهد که افزایش سدیم متابورات در مدت زمان طولانی تر (شدت جریان کم تر) و استفاده از همزن لنگری باعث رسوب بیشتر سدیم پربورات و در نتیجه افزایش بازده عمل و یکنواختی ابعاد دانه ها می شود. تخلخل دانه ها زمانی افزایش می یابد که افزایش سدیم متابورات در مدت زمان کوتاه تری صورت گرفته (حداقل شدت جریان ۰/۵ g/min) و همزدن مخلوط واکنش به وسیله همزن لنگری صورت گیرد.

واژه های کلیدی: سدیم پربورات، همزن، سدیم متابورات، بوراکس، دانه بندی.

KEY WORDS: Sodium perborate, Agitator, Sodium metaborate, Borax, Size distribution.

مقدمه

سفیدکننده ها^(۱) به طور گسترده در رنگبری و شستشو مورد استفاده قرار می گیرند که می توان آنها را به دو دسته تقسیم کرد:

- ۱- ترکیب های آزادکننده ی کلر
- ۲- ترکیب های پراکسید (آزادکننده ی اکسیژن)

*E-mail: msmnani@mail.ihu.ac.ir

*عهده دار مکاتبات

(۱) Bleachs

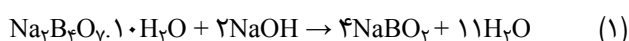
جدول ۱- ویژگی‌های انواع پربورات‌های سدیم [۳].

نام ترکیب	فرمول شیمیایی	حلالیت (g/lit)	محدوده pH	خلوص مورد استفاده صنعتی	درصد اکسیژن فعال (wt%)
سدیم پربورات چهارآبه	$\text{NaBO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ یا $\text{NaBO}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	۳۰ (در ۲۵ °C)	۹/۹-۱۰/۳	۹۶ درصد >	۱۰/۴
سدیم پربورات سه آبه	$\text{NaBO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ یا $\text{NaBO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	۲۳ (در ۲۵ °C)	۹/۵-۱۰/۵	۹۵ درصد >	۱۱/۸
سدیم پربورات یک آبه	$\text{NaBO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}_2$ یا $\text{NaBO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	۱۶ (در ۲۰ °C)	۹/۵-۱۰/۵	۹۵ درصد >	۱۶

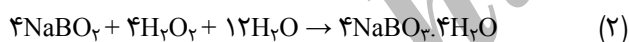
و خشک کن بستر سیال به دست می‌آید. در صنعت شوینده، پربورات چهار آبه و یک آبه به طور معمول با ابعاد کمتر از ۴۰۰ میکرون مورد استفاده قرار می‌گیرند [۴-۶].

روش تهیه سدیم پربورات چهار آبه

نمودار جعبه‌ای شکل ۱ روش متداول تهیه این ماده را از ارایه می‌نماید. ابتدا طی واکنش (۱) بوراکس ده‌آبه به وسیله سود به سدیم متابورات و آب تبدیل می‌شود:



این عمل در مجاورت سدیم سیلیکات به عنوان پایدار کننده صورت می‌گیرد [۷]. در مرحله بعد واکنش (۲) انجام می‌شود که طی آن سدیم متابورات با آب اکسیژنه در مجاورت کلرید منیزیم شش آبه به عنوان پایدارکننده واکنش داده و به سدیم پربورات چهارآبه تبدیل می‌شود.



فرایند تولید سدیم متابورات در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد انجام می‌شود ولی در تهیه سدیم پربورات چهار آبه به منظور رسوب دهی سدیم پربورات با توجه به حلالیت کم آن در آب و یا مخلوط آب و متابورات، دما به ۵ تا ۱۰ درجه سانتی‌گراد کاهش داده می‌شود. در این حالت سدیم پربورات چهارآبه به صورت بلور رسوب می‌کند که به وسیله صافی از محلول جدا شده و مادرآب حاصل می‌تواند برای رقیق سازی و انجام واکنش (۱) به کار رود.

در واکنش تولید سدیم پربورات چهارآبه (واکنش ۲) زمان ریزش محلول سدیم متابورات، شدت جریان و نوع ماده پایدارکننده مورد استفاده و چگونگی ریزش آن به درون محلول واکنش، سرعت و نوع همزن و فوق اشباعیت محلول پربورات حاصل در محیط

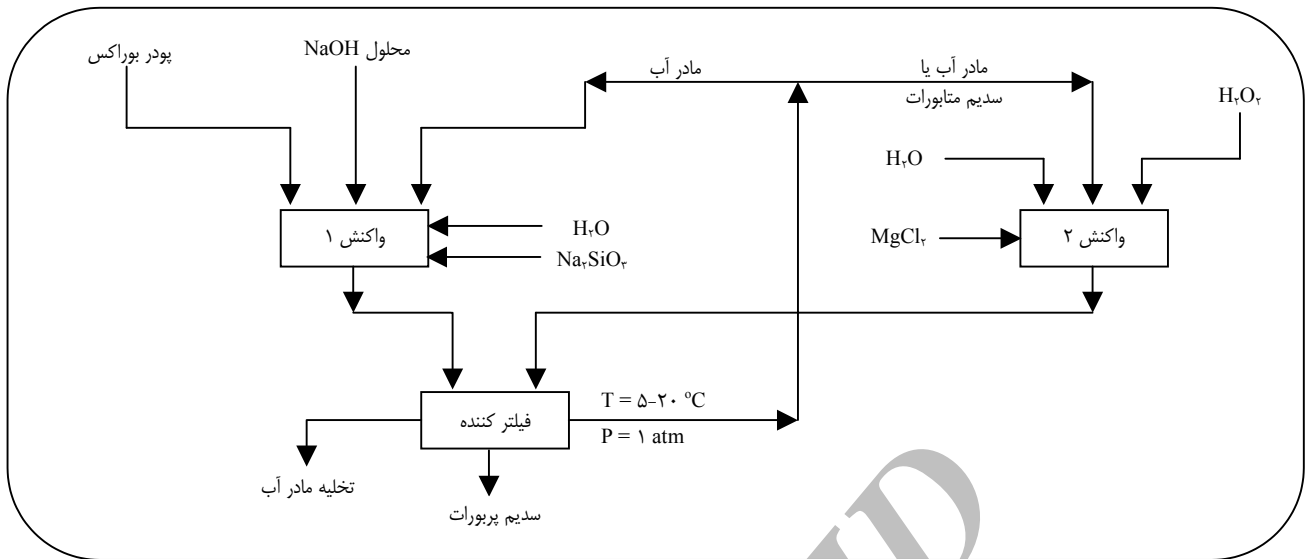
ترکیب‌های پراکسید به طور عمده شامل مشتقات هیدروژن پراکسید و انواع پربورات‌های سدیم است. سدیم پربورات با فرمول شیمیایی، $\text{NaBO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ ، به شکل بلورهای سفید رنگ، قابل حل در آب، پایدار و ماده‌ی جامد منبع ایجاد اکسیژن فعال است. سدیم پربورات در انواع چهار آبه، سه آبه، یک آبه و بدون آب^(۱) یافت می‌شود که نوع چهار آبه و یک آبه آن کاربرد صنعتی بیشتر و مهم‌تری دارند. به انواع سدیم پربورات متبلور (آبدار) "سدیم متابورات پرهیدرات" نیز گفته می‌شود.

با انحلال پربورات‌ها در آب، هیدروژن پراکسید آزاد می‌شود و به همین دلیل می‌توان آن را شکل جامد هیدروژن پراکسید دانست که عامل اکسید کننده بسیار فعالی به‌ویژه در صنایع شوینده است. در مقایسه با هیدروژن پراکسید، ترکیب‌های پربورات سدیم دارای پایداری بیشتر و سهولت حمل و نقل هستند و می‌توان به راحتی از آنها در فرمول بندی پودرهای شوینده جامد استفاده کرد.

سدیم پربورات یک آبه در مقایسه با انواع دیگر پربورات‌های سدیم متبلور دارای اکسیژن فعال بیشتری است به طوری که اکسیژن فعال آن معادل با اکسیژن فعال محلول ۳۲ درصد هیدروژن پراکسید و ۱/۵ برابر اکسیژن فعال پربورات چهار آبه هم وزن خود است، این امر باعث می‌شود که این ماده در صنایع متفاوت کاربرد داشته باشد. در صنایع شوینده از سدیم پربورات یک آبه به مقدار حداکثر ۱۰ درصد وزنی و از سدیم پربورات چهار آبه به مقدار حداکثر ۱۵ درصد وزنی استفاده می‌شود. به دلیل سرعت انحلال بالاتر و پایداری بیشتر سدیم پربورات یک آبه در دمای بالا، استفاده از آن ترجیح داده می‌شود. جدول ۱ برخی از خواص پربورات‌های سدیم متبلور را ارایه کرده است [۱-۳].

سدیم پربورات یک آبه از آب‌گیری سدیم پربورات چهارآبه به روش‌های متفاوت از جمله استفاده از خشک کن دوار تحت خلاء

(۱) Anhydrous



شکل ۱- نمودار جعبه‌ای فرایند تهیه پرپورات سدیم.

بر ابعاد بلورها تأثیر می‌گذارد اما این تأثیر در سرعت‌های بالای همزن کاهش می‌یابد. برای دستیابی به بلورهای بزرگ با توزیع پهن‌تر می‌باید از همزدن در شرایطی که تنش برشی کم ایجاد نماید و غلظت کمتر مواد اولیه، استفاده شود [۱۰].

ورهنگ و همکارانش نیز چگونگی رسوب بلورهای سدیم پرپورات در مقیاس صنعتی را مورد بررسی قرار دادند و با استفاده از روش متوسط‌گیری آماری توزیع ذره‌ها را در هنگام مرحله‌های متفاوت عملیات رسوب‌دهی بررسی کردند. نتیجه‌ها نشان می‌دهد که افزایش ابعاد بلورها به‌طور عمده در مراحل اولیه رسوب‌دهی انجام می‌شود [۵].

در ثبت اختراع شرکت سلوی نیز اثر برخی از پارامترها در تهیه سدیم پرپورات مورد بررسی قرار گرفته است. نتیجه‌های ارائه شده نشان می‌دهد که همزدن باید به‌گونه‌ای صورت پذیرد که از ایجاد اغتشاش در طی عمل جلوگیری شود. صاحبان این ثبت اختراع از یک همزن لنگری استفاده کردند و مطابق شکل ۲ نشان دادند که نمی‌توان ارتباط منطقی بین سرعت همزن و چگالی سدیم پرپورات تشکیل شده برقرار نمود. آنها همچنین نشان دادند که افزایش زمان ریزش متابورات (کاهش شدت جریان ریزش آن) سبب افزایش چگالی سدیم پرپورات حاصل می‌گردد (شکل ۳). آنها همچنین اثر استفاده افزودنی‌هایی مانند سدیم سیلیکات و نمک فلزی قلیایی خاکی مانند منیزیم سولفات، منیزیم کلرید و پتاسیم کلرید را روی عمل ترسیب پرپورات مورد بررسی قرار دادند [۱۱].

واکنش، از پارامترهای تأثیرگذار روی ابعاد بلورها و میزان تخلخل آنهاست که تحقیقات بسیاری روی چگونگی تأثیر این پارامتر انجام شده است. همچنین تخلخل را می‌توان با رابطه‌ی زیر ارایه کرد [۸ و ۹]:

حجم توده / حجم ذره‌ها - حجم توده = ε

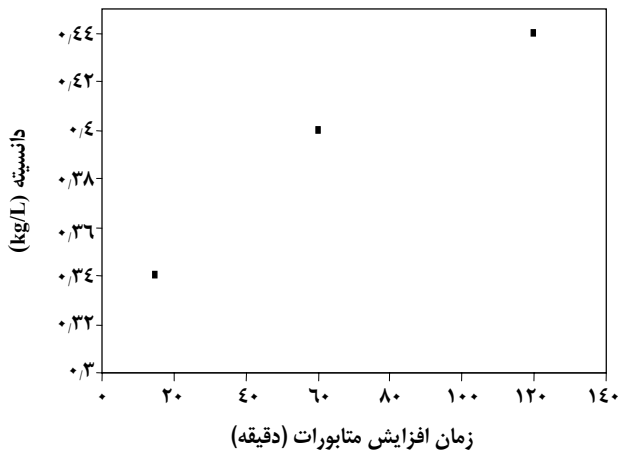
$$= 1 - \frac{\text{حجم ذره‌ها}}{\text{حجم توده}} = 1 - \frac{m}{\rho} \times \frac{\rho_b}{m_b}$$

از آنجایی که جرم ذرات (m) با جرم توده‌ای m_b برابر است پس:

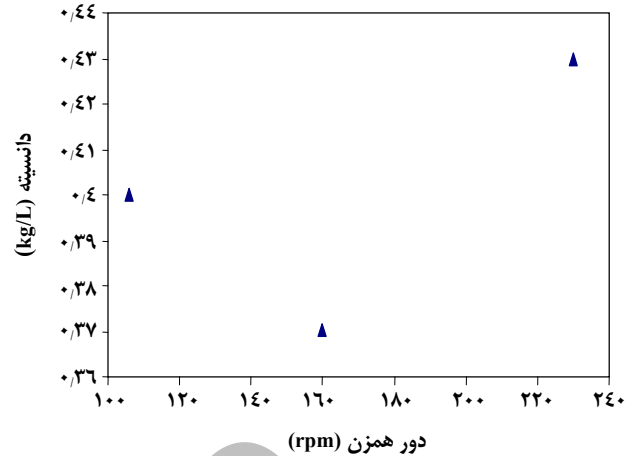
$$\varepsilon = \left(1 - \frac{\rho_b}{\rho} \right) \quad (3)$$

در این رابطه ρ_b دانسیته توده‌ای سدیم پرپورات چهارآبه و ρ دانسیته آن است. سونل و همکارانش سینتیک رشد بلورهای سدیم پرپورات را در یک بلورکننده ناپیوسته مورد بررسی قرار دادند. نتیجه‌های بررسی آنها نشان می‌دهد که برای بلورهای بزرگ‌تر از $150 \mu\text{m}$ ، سینتیک رشد از درجه اول و مستقل از نرخ رشد است، اما بلورهایی که ابعاد $20-150 \mu\text{m}$ دارند، نرخ رشد ابعاد آنها بسیار کند خواهد بود [۹].

ماندار و پانگارکار اثر پارامترهای هیدرودینامیکی و غلظت مواد اولیه ابعاد بلورهای سدیم پرپورات را مورد بررسی قرار دادند. همزن مورد استفاده به‌وسیله‌ی آنها از نوع توربینی با پره‌های تخت بود. نتیجه‌ها نشان می‌دهد که تغییر شدت جریان مواد اولیه



شکل ۳- اثر زمان افزایش سدیم متابورات روی چگالی سدیم پربورات [۱۱].



شکل ۲- اثر دور همزن روی چگالی سدیم پربورات [۱۱].

ویسکومتر استوالد مدل ۵۲۵۱۳/IC ساخت شرکت Schott و پکنومتر اندازه‌گیری شده است.

مواد

- بوراکس صنعتی با خلوص ۹۹/۵ درصد به شکل پودر سفید رنگ بلوری ساخت کشور ترکیه (جدول ۳).
- محلول سود ۴۵ درصدی (وزنی) (جدول ۴).
- محلول آب اکسیژنه (جدول ۵).

روش‌ها

برای تعیین p_b از روش وزنی - حجمی استفاده شده است و برای تعیین چگالی ذره‌های سدیم پربورات، حجم ذره‌ها با استفاده از پارافین مایع (که حلالیت سدیم پربورات در آن صفر است) و تغییر حجم آن در اثر ریزش سدیم پربورات تعیین شده است.

واکنش تهیه سدیم متابورات

در این واکنش بوراکس با دو زمان ریزش به سود اضافه شد که ترتیب ریزش بوراکس در جدول ۶ ارایه شده است. همچنین ترتیب ریزش بوراکس به صورت بالا در سه نوبت و در دمای متفاوت تکرار شد و در هر نوبت از یکی از همزن‌های سه گانه بالا استفاده شد.

واکنش تهیه سدیم پربورات

در این مرحله اثر زمان‌های متفاوت ریزش متابورات روی آب اکسیژنه در دانه‌بندی و تخلخل سدیم پربورات چهارآبه حاصل،

با توجه به آنکه در مرحله تهیه سدیم متابورات، بوراکس باید به تدریج و به صورت پیوسته به محلول اضافه شود و افزایش آن سبب تغییر ویسکوزیته محلول می‌شود، در این تحقیق اثر تغییرهای زمان ریزش (شدت ریزش) بوراکس به محلول در مجاورت همزن‌های متفاوت مورد بررسی قرار گرفته است.

همچنین در این تحقیق دانه‌بندی پربورات حاصل برای ریزش متفاوت سدیم متابورات (زمان ریزش یا به عبارت دیگر شدت جریان) و توزیع ابعاد بلورها و اثر چگونگی نوع همزن و زمان ریزش متابورات روی تخلخل ذره‌های سدیم پربورات حاصل نیز مورد بررسی قرار گرفته است.

آزمایش‌ها

در این تحقیق، آزمایش‌ها به منظور بررسی اثر زمان ریزش (شدت ریزش) بوراکس و دما بر ویسکوزیته در واکنش تهیه سدیم متابورات و تأثیر زمان ریزش سدیم متابورات و اثر همزن در ویسکوزیته محلول در هر یک از واکنش‌های تهیه متابورات و سدیم پربورات انجام شده است.

شرح دستگاه‌ها

برای انجام آزمایش‌ها از دستگاه ساخت شرکت IKA، مدل RW ۲۰-n و سه نوع همزن متفاوت استفاده شده که شکل‌های ۴ و ۵ شمای دستگاه و انواع همزن‌های مورد استفاده را نشان می‌دهند. در هر یک از واکنش‌ها از سه نوع همزن با دور یکسان (۱۷۰ rpm) استفاده شده است که ویژگی آنها در جدول ۲ ارایه شده است. ویسکوزیته و چگالی محلول به ترتیب با استفاده از

جدول ۲- ویژگی‌های همزن‌های استفاده شده در آزمایش‌ها.

نوع همزن	تعداد پره	قطر پره (mm)	قطر شفت (mm)	طول شفت (mm)
توربینی	سه	۵۰	۸	۳۵۰
ملخی	چهار	۵۰	۸	۳۵۰
لنگری	-	۴۵	۸	۳۵۰

جدول ۳- ویژگی‌های بوراکس مورد استفاده در آزمایش‌ها.

ترکیبات	درصد (وزنی)
مواد نامحلول	۰/۰۰۳
کلریدها	۰/۰۰۰۵
فسفات‌ها	۰/۰۰۱
سولفات‌ها	۰/۰۰۲۵
ارسنیک	۰/۰۰۰۲
کلسیم و منیزیم	۰/۰۰۶۵
آهن	۰/۰۰۰۵
فلزهای سنگین	۰/۰۰۰۵

جدول ۴- ویژگی‌های محلول سود مورد استفاده در آزمایش‌ها.

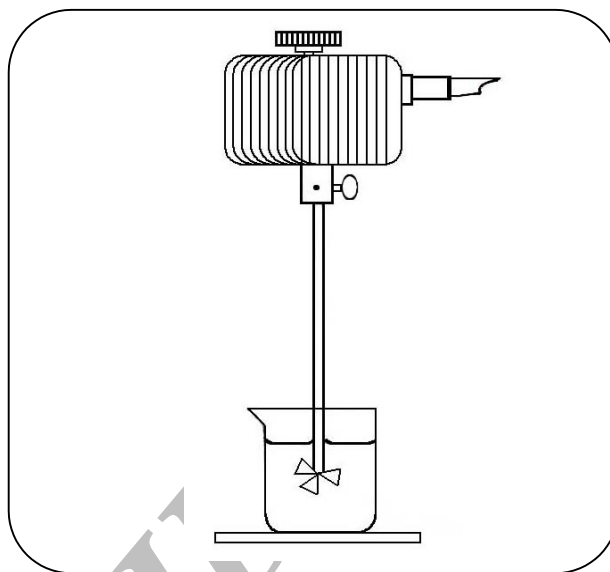
ترکیب‌ها	درصد (وزنی)
درصد کربنات سدیم	حداکثر ۱
درصد کلرید سدیم	حداکثر ۰/۱
درصد اکسید آهن سه ظرفیتی	حداکثر ۰/۰۰۵

جدول ۵- ویژگی‌های آب اکسیژنه مورد استفاده در آزمایش‌ها.

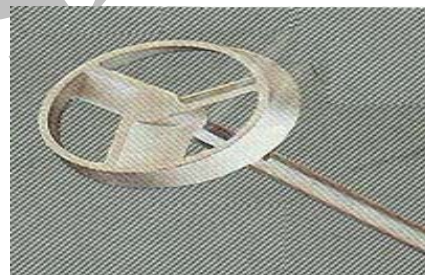
ترکیب‌ها	درصد (وزنی)
هیدروژن پراکسید	حداکثر ۳۵
باقی مانده پس از تبخیر	حداکثر ۰/۱
اسید آزاد به صورت H_2SO_4	حداکثر ۰/۰۵

جدول ۶- ترتیب ریزش بوراکس.

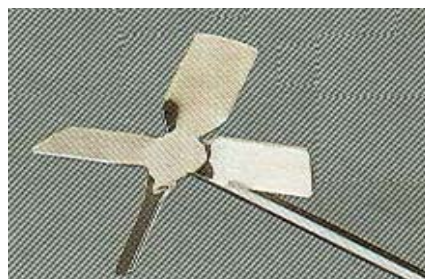
مقدار کل بوراکس ریخته شده (g)	مراحل ریزش	مقدار بوراکس شده در هر مرحله (g)	مدت زمان ریزش بوراکس در هر مرحله (g/s)	شدت ریزش جریان بوراکس (g/s)
۶۶	۱۱	۶	۷۵	۰/۸۸
۶۶	۱۱	۶	۱۵۰	۰/۴۴



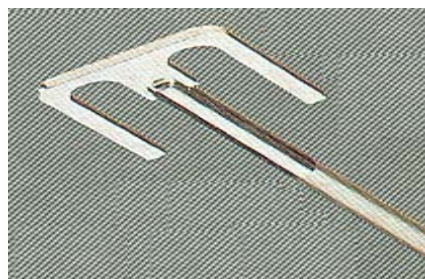
شکل ۴- دستگاه مورد استفاده در آزمایش‌ها.



(الف)

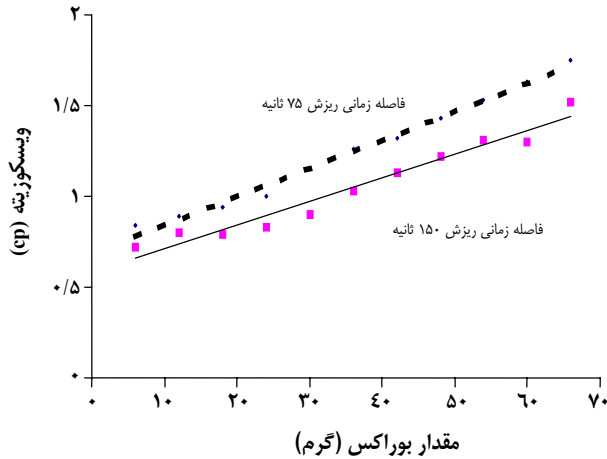


(ب)

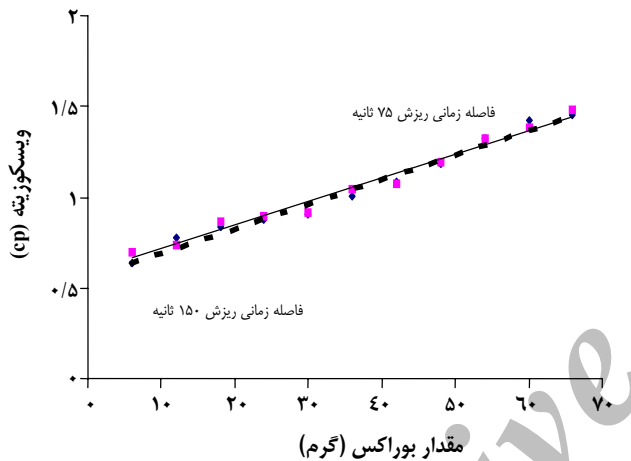


(ج)

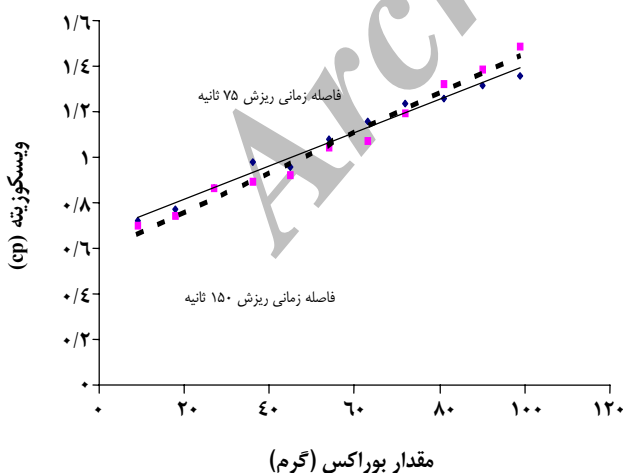
شکل ۵- انواع همزن‌های مورد استفاده در آزمایش‌ها: الف - توربینی (Turbine) ب - ملخی (Propeller) ج - لنگری (Anchor).



شکل ۶ - تغییر ویسکوزیته با مقدار بوراکس ریخته شده برای همزن اول.



شکل ۷ - تغییر ویسکوزیته با مقدار بوراکس ریخته شده برای همزن دوم.



شکل ۸ - تغییر ویسکوزیته با مقدار بوراکس ریخته شده برای همزن سوم.

مورد بررسی قرار گرفته است. این کار با استفاده از همزن‌های سه‌گانه و ریزش دائمی سدیم متابورات به محلول واکنش در دو زمان ۴۵ و ۹۰ دقیقه انجام شد.

برای بررسی دانه بندی سدیم پربورات حاصل باید آنرا خشک کرد که این کار با قرار دادن فراورده در دمای محیط انجام شد و سپس دانه بندی مواد به وسیله‌ی دستگاه غربال لرزشی در فرکانس عملیاتی ۵۰۰ هرتز و طی مدت زمان ۱۰ دقیقه، مورد بررسی قرار گرفت. این دستگاه دارای ۷ غربال با قطرهای ۲، ۱، ۰٫۷۰، ۰٫۵۰، ۰٫۲۵ و ۰٫۱۲۵ میلی‌متر بوده است.

نتیجه‌ها و بحث

شکل‌های ۶ تا ۸ تغییرهای ویسکوزیته محلول را روی دو نوع شدت جریان ریزش بوراکس و برای هر یک از همزن‌ها در واکنش تولید متابورات را نشان می‌دهند. می‌توان دید که در مورد همزن اول، زمان ریزش بوراکس در مخلوط واکنش اثر قابل ملاحظه‌ای در ویسکوزیته آن دارد، درحالی که در مورد دو نوع همزن دیگر ویسکوزیته مخلوط واکنش به شکل قابل ملاحظه‌ای تحت تأثیر زمان ریزش بوراکس قرار نمی‌گیرد. علت این امر کارایی بیشتر این دو همزن در یکنواخت‌سازی مخلوط واکنش است. زیرا توزیع یکنواخت بوراکس جامد ریخته شده سبب انحلال یکنواخت آن در محلول شده به طوری که ویسکوزیته محلول در مقایسه با همزن اول تغییر کمتری را نشان می‌دهد.

شکل ۹ نشان‌دهنده تغییرهای ویسکوزیته محلول بر حسب دما روی همزن‌های متفاوت و برای زمان ریزش بوراکس به مدت ۷۵ ثانیه است. این شکل نشان می‌دهد که ویسکوزیته مخلوط واکنش مطابق معمول با افزایش دما کاهش می‌یابد، اما این تغییرهای ویسکوزیته با دما در ریزش بوراکس در مدت ۷۵ ثانیه به مخلوط واکنش در مورد همزن اول بسیار قابل ملاحظه و در همزن دوم اندک و در همزن سوم به تقریب بسیار اندک است، زیرا همزن توربینی به طور عمده می‌تواند حرکت شعاعی مؤثری ایجاد کند و در نتیجه یکنواختی ویسکوزیته و دما در تمامی نقاط محلول وجود نخواهد داشت، درحالی که همزن ملخی می‌تواند در دو جهت شعاعی و محوری اختلاط مناسب‌تری در محلول ایجاد کند. این امر در استفاده از همزن لنگری که تمامی محلول را تحت تأثیر قرار می‌دهد قابل توجه‌تر است.

آزمایش‌های انجام شده روی واکنش (۲) نشان داد که در عمل با همزن نوع اول و با افزایش سدیم متابورات در طی ۴۵ دقیقه

نقاط ظرف و عدم ایجاد اغتشاش در محلول از حل شدن مجدد ذره‌های پربورات در محلول جلوگیری کرده و سبب نزدیکی ذره‌ها به هم و سنگینی و ترسیب آنها خواهد شد. کاهش زمان ریزش متابورات سبب می‌شود که زمان کافی برای هسته‌زایی بلورها و ایجاد تخلخل مناسب ایجاد شود و ذره‌های حاصل دارای تخلخل مناسبی باشند که در صورت استفاده از همزن لنگری کاهش زمان ریزش متابورات تأثیر بیشتری در افزایش تخلخل ذره‌ها خواهد داشت.

مقایسه نتیجه‌های حاصل با نتیجه‌های ارایه شده در ثبت اختراعات شرکت سلوی (شکل ۳) تطابق مناسبی را نشان می‌دهد، زیرا به دلیل افزایش چگالی ذره‌های سدیم پربورات که حاصل افزایش زمان ریزش سدیم متابورات است از مقدار تخلخل آنها نیز کاسته می‌شود.

نتیجه‌گیری نهایی

نتیجه‌های آزمایش‌ها نشان می‌دهند که در واکنش تهیه سدیم متابورات، نوع همزن در یکنواختی ویسکوزیته محلول نقش بسیار مهمی ایفا می‌کند. با توجه به پودری بودن بوراکس به عنوان یک ماده اولیه این واکنش، همزن لنگری به خوبی می‌تواند در کاهش ویسکوزیته محلول مؤثر باشد. در واکنش تهیه سدیم پربورات، افزایش زمان ریزش سدیم متابورات می‌تواند سرعت رسوب‌دهی فرآورده را افزایش دهد، به‌ویژه اگر از همزن لنگری استفاده شود. همچنین با استفاده از این همزن می‌توان حداکثر رسوب (محصول) را به دست آورد و از درصد سدیم پربورات موجود در محلول واکنش به شدت کاسته می‌شود. همچنین استفاده از همزن لنگری سبب یکنواختی ابعاد دانه‌های سدیم پربورات می‌شود و این امر با افزایش تخلخل آنها نیز همراه خواهد بود. تخلخل دانه‌های پربورات هنگامی افزایش بیشتری می‌یابد که زمان ریزش متابورات کم بوده و یا به عبارت دیگر از شدت جریان بیشتری در ریزش متابورات استفاده شود.

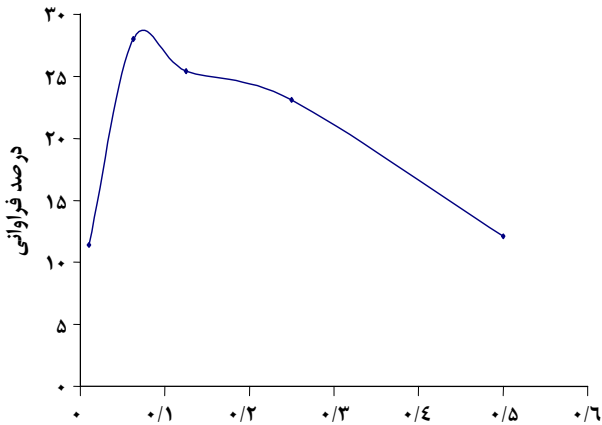
با توجه به مقدارهای مورد استفاده در آزمایش‌ها می‌توان دید که حداقل شدت جریان مورد نیاز سدیم متابورات برای رسیدن به تخلخل مطلوب 0.5 g/min خواهد بود. برای دستیابی به سدیم پربورات با بازده، دانه‌بندی و تخلخل مناسب برای استفاده در صنعت شوینده، باید از همزن لنگری در کلیه مراحل اختلاط و تهیه آن استفاده شود و افزایش سدیم متابورات به طریقی صورت گیرد که زمان لازم برای تکمیل واکنش، هسته‌زایی ذره‌ها و ترسیب آنها وجود داشته باشد.

رسوب سدیم پربورات به کندی تشکیل می‌شود و مقداری از سدیم پربورات (حدود ۵ درصد) به صورت محلول در محیط واکنش باقی می‌ماند. در کار با همزن دوم، سدیم پربورات با سرعت بیشتری تشکیل می‌شود اگر چه حدود ۲ درصد آن به صورت محلول باقی می‌ماند، درحالی که در هنگام استفاده از همزن سوم، تشکیل رسوب سدیم پربورات به سرعت انجام شده و مقدار پربورات محلول در آن به حداقل می‌رسد.

با افزایش زمان ریزش سدیم متابورات به ۹۰ دقیقه و کاهش شدت ریزش آن، سرعت رسوب دهی سدیم پربورات بسیار افزایش می‌یابد و این افزایش به ترتیب در مورد همزن دوم و سوم بیشتر است. افزایش زمان ریزش سدیم متابورات در عین حال سبب جذب آب بیشتر در رسوب سدیم پربورات می‌شود که این امر به دلیل آب دوستی این ماده است. همچنین مقدار رسوب تشکیل شده نیز با افزایش زمان ریزش متابورات افزایش می‌یابد، زیرا کاهش شدت ریزش سدیم متابورات زمان لازم برای انجام واکنش (۲) و ایجاد بلورها و ترسیب آنها در اثر کاهش دما را فراهم می‌سازد و در نتیجه پربورات ایجاد شده در اثر واکنش به هم چسبیده و با کاهش حلالیت رسوب می‌کند.

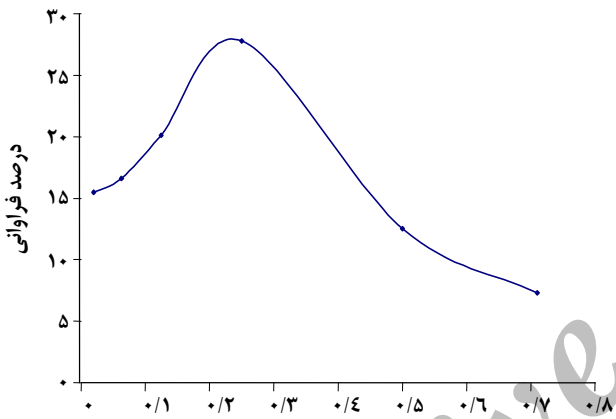
شکل‌های ۱۰ تا ۱۵، دانه‌بندی ذره‌های سدیم پربورات تهیه شده طی واکنش (۲) را برای هر یک از همزن‌ها و با دو شدت جریان (زمان ریزش) سدیم متابورات ارایه می‌کنند. می‌توان دید ذره‌هایی که در مدت زمان ریزش ۹۰ دقیقه‌ای متابورات به دست آمده‌اند از نظر ابعاد دانه و یکنواختی ذره‌ها وضعیت مطلوب‌تری دارند، اگر چه به علت نقش غربال در تغییر ابعاد دانه‌ها این بررسی از دقت لازم برخوردار نیست. کاهش شدت ریزش متابورات سبب می‌شود که ذره‌ها زمان لازم برای هسته‌ای شدن و رشد بلوری را داشته و در نتیجه ذره‌ها با پراکندگی کمتر و ابعاد مناسب‌تر به دست آیند.

شکل ۱۶ تخلخل ذره‌های سدیم پربورات تهیه شده برای همزن‌های مختلف و زمان ریزش متفاوت متابورات را نشان می‌دهد. می‌توان دید در حالتی که زمان ریزش سدیم متابورات زیاد است (۱۵۰ دقیقه)، نوع همزن اثر قابل ملاحظه‌ای در تخلخل ذره‌ها ندارد ولی در حالتی که زمان ریزش متابورات کمتر است (۴۵ دقیقه) ذره‌های حاصل از واکنش با همزن لنگری، بیشترین تخلخل را دارند. افزایش زمان ریزش متابورات باعث کاهش تخلخل ذره‌ها می‌شود که این امر می‌تواند به دلیل افزایش شدت هسته‌ای شدن در هنگام بلور شدن ذره‌ها در هنگام رسوب باشد. همزن لنگری به دلیل توزیع مناسب و یکنواخت تبرید در تمامی



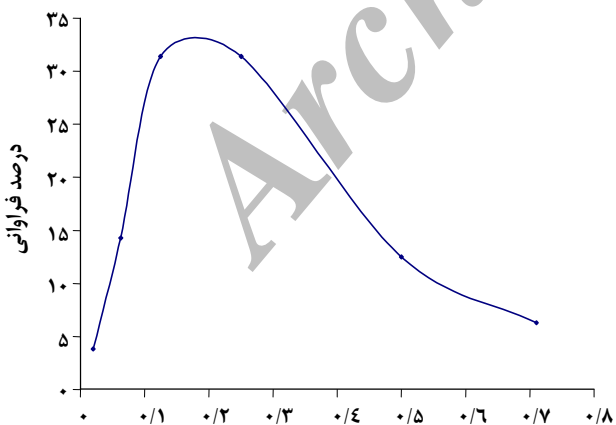
اندازه (میلی متر)

شکل ۱۲- دانه بندی سدیم پربورات برای همزن سوم با ریزش متابورات در مدت زمان ۴۵ دقیقه.



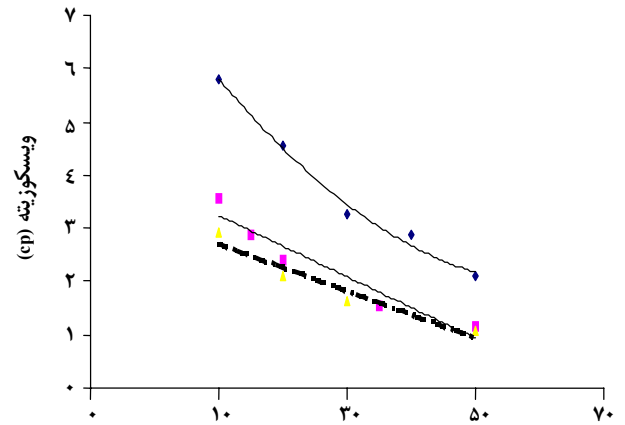
اندازه (میلی متر)

شکل ۱۳- دانه بندی سدیم پربورات برای همزن اول با ریزش متابورات در مدت زمان ۹۰ دقیقه.



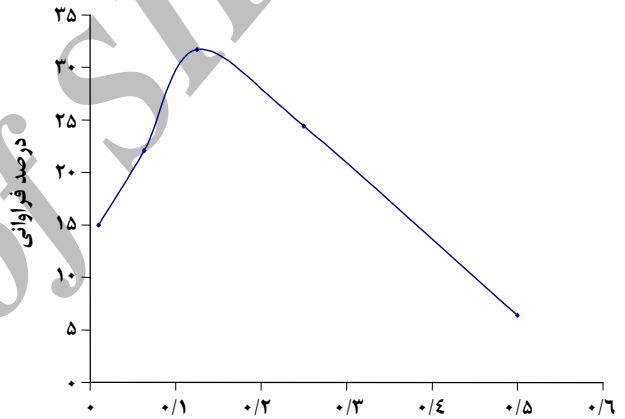
اندازه (میلی متر)

شکل ۱۴- دانه بندی سدیم پربورات برای همزن دوم با ریزش متابورات در مدت زمان ۹۰ دقیقه.



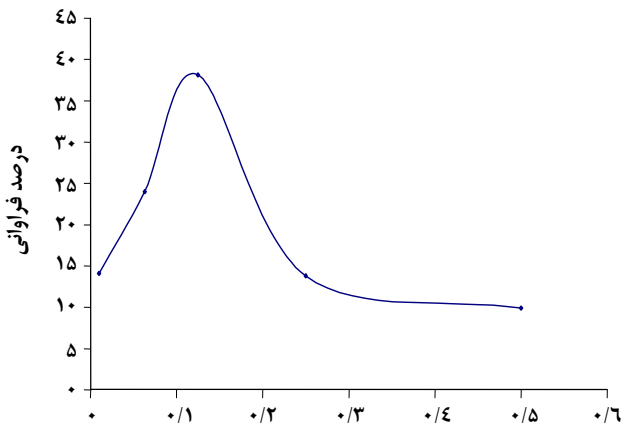
دما (سانتی گراد)

شکل ۹- تغییر ویسکوزیته با دما برای همزن اول (---)، همزن دوم (—) و همزن سوم (***) برای ریزش بوراکس با فاصله زمانی ۷۵ ثانیه.



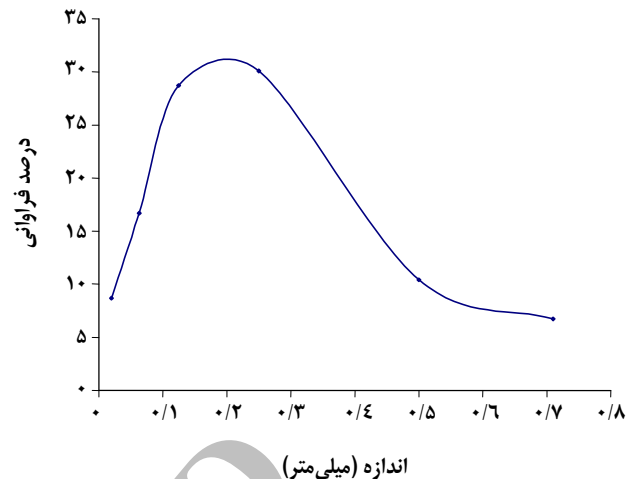
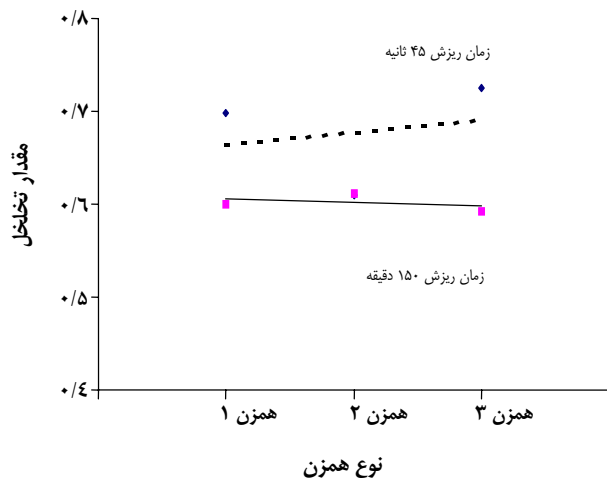
اندازه (میلی متر)

شکل ۱۰- دانه بندی سدیم پربورات برای همزن اول با ریزش متابورات در مدت زمان ۴۵ دقیقه.



اندازه (میلی متر)

شکل ۱۱- دانه بندی سدیم پربورات برای همزن دوم با ریزش متابورات در مدت زمان ۴۵ دقیقه.



شکل ۱۶- تغییر تخلخل ذره‌های سدیم پربورات بر حسب نوع همزن و زمان ریزش متابورات.

شکل ۱۵- دانه‌بندی سدیم پربورات برای همزن سوم با ریزش متابورات در مدت زمان ۹۰ دقیقه.

تاریخ دریافت: ۸۴/۵/۱۲ ؛ تاریخ پذیرش: ۸۴/۱۱/۱۷

مراجع

- [1] Yuksel, Y. G., Sayan, P., Titiz, S., Bulutcu, A. N., Solubility of sodium perborate tetrahydrate in water & sodium metababorate solution, *J. of Crys. Growth*, **41**, 586 (1996).
- [2] Frances, C., Biscans, B. and Laguerie, C., Some physicochemical data on tetrahydrate sodium perborate in aqueous solutions, *J. Chem. Eng. Data*, **35**, 423 (1990).
- [3] Comyns, A. E., "Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology", Vol. 18, John Wiley & Sons, New York, 5th ed., 251-383, (2004).
- [4] Sahin, O., Bulutcu, A.N., Dehydration kinetics of sodium perborate tetrahydrate to monohydrate in a fluidized-Bed drier, *Chemical Engineering Science*, **54**, 115 (1999).
- [5] Vrhunec, A., et al., Crystal size distribution in batch Sodium Perborat precipitation, *Acta Chim. Slov.*, **4** (46), p. 543 (1999).
- [6] Livk, I., Pohar, C., Industrial crystallization from solution, the precipitation of sodium perborate, *Acta Chim. Slov.*, **48**, 505 (2001).
- [7] Yuksel, G. Y., Sayan, P., Titiz, S., Bulutcu, A. N., Effect of silica on the crystallization of sodium perborate tetrahydrate, *J. of Crys. Growth*, **160**, 370 (1996).
- [8] Kunni, D., Levenspiel, O., "Fluidization engineering", 3rd Ed., Butterworth, New York, (1991).
- [9] Sohnle, O. et al., Growth kinetics of sodium perborate from crystallization, *Journal of Crystal Growth*, **160** (3-4), 355 (1996).
- [10] Mandare, N. P., Pangarkor, G. V., Semi-batch reactive crystallization of sodium perborate tetrahydrate: effect of mixing parameters on crystal size, *Chem. Eng. Sci.*, **58**, p. 1125 (2003).
- [11] Solvay, INC., Sodium Perborate, British patent, 913688, 28 Dec., (1962).