

بررسی اثر مخلوط مواد فعال سطحی روی پدیده پیوند قطره با فصل مشترک فاز همگون

میر حامد موسوی^۱، پریسا خدیو پارسى^{۲*} و سید محمد علی موسویان^۳

^۱ دانشجوی دکتری مهندسی شیمی - پردیس دانشکده های فنی - دانشگاه تهران

^۲ استادیار دانشکده مهندسی شیمی - پردیس دانشکده های فنی - دانشگاه تهران

^۳ استاد دانشکده مهندسی شیمی - پردیس دانشکده های فنی - دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت ۸۵/۳/۱۳، تاریخ دریافت روایت اصلاح شده ۸۶/۸/۵، تاریخ تصویب ۸۶/۱۱/۱)

چکیده

در این تحقیق به بررسی اثر مخلوط مواد فعال سطحی بر پدیده پیوند قطره با فصل مشترک فاز همگون (مادر)، در دمای محیط پرداخته شده است. دو سامانه شیمیایی، متشکل از آب و تولوئن (با حجم مشخص) حاوی ۰/۰۱ گرم از ماده فعال سطحی (آنیونی) سدیم دو سبیل سولفات (SDS) و نیز آب و تولوئن حاوی ۰/۰۱ گرم از ماده فعال سطحی (کاتیونی) ستیل تری متیل آمونیوم بروماید (CTAB)، به عنوان سامانه های پایه در نظر گرفته شد و سپس به طور جداگانه و به ترتیب درصدهای وزنی مختلف ۲۰ و ۴۰ و ۶۰ و ۸۰ (این درصدها با مبنا قرار دادن همان ۰/۰۱ گرم از SDS و CTAB در سامانه های پایه محاسبه شده اند) از ماده فعال سطحی دوم شامل ۲- هپتانول (غیریونی) و آنیلین (کاتیونی) به هر یک از دو سامانه ذکر شده، افزوده شد و اثر تغییر درصد وزنی هر یک از مواد فعال سطحی، بر زمان پیوند بررسی شد. مخلوط مواد فعال غیریونی و آنیونی زمان پیوند را افزایش می دهد در حالی که مخلوط مواد فعال غیریونی و کاتیونی باعث کاهش زمان پیوند قطره می شود. اگر دو ماده کاتیونی و آنیونی مخلوط گردد، بر حسب ضعیف یا قوی بودن ماده فعال کاتیونی، زمان پیوند قطره در حالت ماده قوی کاهش می یابد و برای مخلوط دو ماده کاتیونی، زمان پیوند در قطره های کم افزایش می یابد و در قطره های بالاتر، کاهش پیدا می کند. همچنین در ادامه به بررسی اثر نمک معدنی (سدیم کلراید) بر روی سه سامانه شیمیایی متمایز شامل: ۴۰ درصد وزنی CTAB در سامانه پایه آب و تولوئن حاوی SDS، ۴۰ درصد وزنی ۲- هپتانول در سامانه پایه آب و تولوئن حاوی CTAB و ۴۰ درصد وزنی ۲- هپتانول در سامانه پایه آب و تولوئن حاوی CTAB پرداخته شد که در حالت کلی سبب کاهش زمان پیوند قطره شده و حالت هم افزایی برای ماده فعال سطحی دارد.

واژه های کلیدی: پیوند قطره - فصل مشترک - ماده فعال سطحی - زمان پیوند - سدیم دو سبیل سولفات - ستیل ری متیل آمونیوم بروماید - ۲- هپتانول، آنیلین

مقدمه

اتفاق می افتد و یا بین دو قطره که در نزدیکی هم قرار می گیرند به جهت مشکلات ناشی از آزمایش پیوند قطره - قطره^۵ اکثر آزمایش ها به سمت پیوند قطره - فصل مشترک هدایت می شوند [۶،۷].

مواد فعال سطحی^۶ که اغلب به مقدار ناچیز و اجتناب ناپذیری در پراکنندگی ها افزوده وجود دارند، در سیستم های مایع / مایع که در اکثر فرایندهای صنعتی کاربرد دارند، حضور دارند. مواد فعال سطحی بر برهمکنش هیدرودینامیکی بین قطرات و همچنین بین قطره و فصل مشترک فاز همگون^۷ قطره تاثیر می گذارند و نیروهای کوتاه برد جاذبه و دافعه را که بین قطره و فصل مشترک عمل می کنند، اصلاح می کند. حضور مواد فعال سطحی می تواند تاثیر قابل توجهی بر تخلیه و پایداری فیلم فاز

پیوند یک قطره با فصل مشترک فاز همگون خود و در فازهای مایع غیر قابل امتزاج دیگر در فرایندهایی همچون استخراج مایع - مایع، ساخت محصولات لبنیاتی و دارویی، عملیات متالورژی، واکنشهای پلیمری و حتی به صورت یک پدیده ساده در تشکیل قطرات باران اتفاق می افتد [۵-۱۱].

در فرآیند استخراج مایع / مایع پس از تشکیل پراکنشی^۱ از قطرات معلق مربوط به فاز پراکنده^۲ در فاز پیوسته^۳، با انجام و اتمام عملیات انتقال جرم لازم است برای جداسازی فازها از یکدیگر و هدایت آنها به جریانهای خروجی دستگاه، مخلوط دو فازی از نوع ناپایدار بوده تا فرآیند پیوند قطرات با یکدیگر اتفاق بیافتد. بطور کلی پیوند یا بین یک قطره و فصل مشترک^۴

زمان تخلیه^{۱۲} [۲۹]

در این مرحله همزمان با کم شدن موجها، لایه حائل در زیر قطره به تدریج به درون فاز پیوسته تخلیه شده و فیلم نازکی با ضخامت یکنواخت روی سطح تشکیل می‌شود.

زمان گسیختگی^{۱۳}

به تدریج با تغییر ضخامت لایه نازک، روزنه‌هایی در آن ایجاد می‌شود که از آن طریق، محتویات قطره به داخل فاز همگون (مادر) منتقل می‌شود.

زمان اختلاط و پیوند نهایی^{۱۴}

در آخرین مرحله پیوند، تخلیه قطره به داخل فاز همگون و یا تخلیه جزئی و شکل‌گیری قطرات بعدی (کوچکتر) رخ می‌دهد^{۱۵}. در این میان کندترین مرحله، مرحله دوم است که از مرتبه ثانیه می‌باشد و می‌توان کل زمان پیوند را برابر با زمان تخلیه در نظر گرفت [۳۱،۳۲]. بنابراین، زمان پیوند^{۱۶} یک قطره به صورت فاصله زمانی که بین تشکیل یک قطره از افشانک و رسیدن به فصل مشترک و گسیختگی لایه جداکننده قطره از فصل مشترک وجود دارد، تعریف می‌شود. بسیاری از پژوهشگران از نظر تجربی زمان پیوند تک قطره را اندازه‌گیری کرده‌اند. نشان داده شده است که برای یک سامانه شیمیایی مشخص که شرایط عملیاتی و خواص فیزیکی کاملاً ثابت در نظر گرفته شده باشد، معمولاً زمان‌های پیوند اندازه‌گیری شده قابل بازتولید نیستند. عوامل متعددی برای توضیح این مساله همچون تاثیر آلودگی‌ها، حرکت درونی و بیرونی قطره و هرگونه اغتشاش یا نوسانی در فصل مشترک پیوند قطره، ذکر شده است [۷،۳۳]. بنابراین توزیعی از زمان پیوند حاصل می‌شود که روابط تجربی (نه تئوریک) معمولاً برای بیان این توزیع زمانی پیشنهاد می‌شود. بعضی از محققان عبارتهای تجربی را برای پیش بینی زمان پیوند بر حسب خواص فیزیکی و اندازه قطر قطره پیشنهاد کرده‌اند، اما آزمایش‌ها همچنان نوعی ناسازگاری را نشان می‌دهد و نمی‌توان آن را با رابطه‌های تحلیلی به طور دقیق پیش‌بینی کرد بنابراین پیوند قطره یک پدیده تکرار ناپذیر^{۱۷} است [۳۴،۳۵]. نشان داده شده است که رابطه بین زمان پیوند قطره و غلظت ماده فعال مجرد به شکل $t \propto c^m$ است بطوریکه $0.45 \leq m \leq 3.0$ می‌باشد [۳۶]. رابطه پیشنهادی در حضور یک ماده فعال یونی به صورت زیر است [۳۰، ۳۷-۳۸]:

پیوسته و بنابراین بر پیوند قطرات داشته باشد [۸،۹]. مواد فعال سطحی به تخلیه متقارن فیلم حائل بین قطره و فاز همگون آن کمک می‌کنند و بنابراین طول عمر قطره را افزایش می‌دهد. به عبارت دیگر اگر ماده فعال سطحی بتواند در فاز قطره حل شود، باعث کاهش جریانهای چرخشی درون قطره تا حدی که وابسته به غلظت ماده فعال سطحی است، می‌شود [۱۴-۱۰]. خواص مخلوط مواد فعال سطحی^{۱۸} اغلب بهتر و کاراتر از خواص حالت تک جزئی است. این هم افزایی^{۱۹} از نکات قابل توجه است [۱۷-۱۵]. به علاوه مخلوط مواد فعال سطحی تاثیر زیادی بر روی پایداری امولسیون دارد در حالی که مواد فعال سطحی در حالت مجرد در غلظت‌های بالاتر سبب ناپایداری قابل توجهی در امولسیون می‌گردد [۲۵-۱۸]. هم چنین مخلوط مواد فعال می‌تواند سبب بهبود پخش مایع بر روی سطح جامد شده و ترشوندگی بهتری را باعث شود [۲۶،۲۷]. بنابراین نیاز است که به چگونگی تاثیر مخلوط مواد فعال سطحی بر پیوند قطره - فصل مشترک، که در بسیاری از کاربردهای سیستم‌های مایع / مایع حضور دارد، دست یافته شود.

مراحل پیوند قطره

عوامل متعددی بر روی پدیده پیوند قطره مؤثر است و در مورد اثر تعدادی از این عوامل هنوز نتیجه‌گیری قطعی حاصل نشده است. بنابر نظریه پیوند که حاصل مطالعات و آزمایش‌های انجام شده بر روی فصل مشترک^{۱۰} دو فاز امتزاج ناپذیر مایع است، قطره بسته به سبک یا سنگین بودن نسبت به فاز پیوسته، به بالا یا پایین دستگاه حرکت کرده و به نوار مرزی فاز پیوسته و فاز مادر پراکنش که قبلاً از پیوند قطرات قبلی تشکیل شده است، می‌رسد. در این حالت لایه‌ای از فاز پیوسته بین قطره و فاز مادر آن حائل خواهد شد و مانع انجام پیوند آبی می‌گردد بنابراین پدیده پیوند قطره را می‌توان در چهار مرحله توصیف کرد [۲۹،۳۰]:

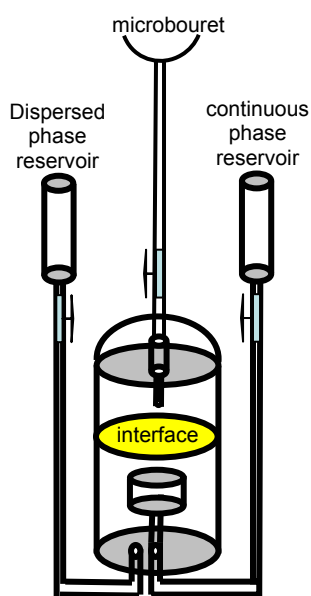
زمان نوسان و پیش تخلیه^{۱۱}

زمانی که قطره به فصل مشترک می‌رسد به دلیل داشتن مومنتوم یا اندازه حرکت و با شروع کشش‌های هیدرودینامیکی در روی سطح، موج ایجاد می‌کند و مدتی بر روی فصل مشترک نوسان می‌کند.

آزمایشها این فاز حاوی یکی از مواد فعال سطحی SDS یا CTAB به همراه ماده فعال سطحی دوم با درصدهای وزنی مختلف است، پر می شود و در انتهای آن افشانک هایی^{۲۰} با اندازه های متفاوت نصب می شود این افشانک ها قادر به ایجاد قطراتی در محدوده قطر ۰/۳۸ تا ۰/۸۴ سانتی متر شدند. آزمایش ها در دمای محیط انجام شده است.

مواد شیمیایی مورد آزمایش

در این پژوهش اقدام به تهیه مواد فعال سطحی ستیل تری متیل آمونیوم^{۲۱} (کاتیونی)، سدیم دودسیل سولفات^{۲۲} (آنیونی)، ۲- هپتانول (غیریونی) و آنیلین (یک باز آلی) شد. درصد خلوص این مواد به ترتیب برابر ۹۹/۰٪ و ۸۵/۰٪ و ۹۹/۰٪ می باشد. هم چنین آب به کار رفته از نوع آب یک بار تقطیر یافته و تولوئن با درصد خلوص ۹۹/۰٪ می باشد. کلیه مواد شیمیایی توسط شرکت مرک^{۲۳} آلمان تولید شده است.



شکل ۱: دستگاه پیوند قطره.

شرح آزمایش

قبل از انجام هر آزمایش، دستگاه و متعلقات آن به طور کامل با اسید کرومیک، استون و سپس آب مقطر به طور کامل شستشو داده می شود. روش پر نمودن دستگاه برای هر سامانه شیمیایی بدین گونه است که نخست از مخزن فاز پیوسته که در تمام آزمایش ها، فاز سبک را تشکیل می دهد، جریان آن به داخل دستگاه برقرار

$$t_1 = 0.1736 \left(\frac{\mu_d}{\mu_c} \right)^{0.00765} \left(\frac{\Delta \rho g L^2}{\sigma} \right)^{-0.1694} C^{0.3300} d^{-1.2761} \quad (1)$$

که $c \neq 0$ و همان غلظت ماده فعال سطحی است. برای زمان پیوند پاره ای^{۱۸} زمان پیوند کلی به صورت زیر بدست می آید:

$$t = \psi t_1 \quad (2)$$

$$\psi = 529.58 \mu_c^{0.668} \quad (3)$$

برای مواد فعال سطحی غیریونی رابطه زیر پیشنهاد شده است:

$$t_1 = 529.07 \left(\frac{\mu_d}{\mu_c} \right)^{0.1089} \left(\frac{\Delta \rho g L^2}{\sigma} \right)^{-1.677} C^{0.3001} d^{-0.5653} \quad (5)$$

$$C \neq 0 \quad (6)$$

$$\psi = 194.86 \mu_c^{0.538} \quad (7)$$

که در روابط بالا d قطر قطره، g شتاب گرانشی، L فاصله سقوط، μ_d, μ_c به ترتیب ویسکوزیته فازهای پیوسته و پراکنده، ρ دانسیته و σ تنش سطحی است. در این پژوهش سعی شده است تا با تهیه مخلوط دو تایی مواد فعال سطحی با یکدیگر و بررسی اثر تغییر ترکیب درصد مواد فعال بر روی زمان پیوند قطرات با فاز همگون مادر، به صورت کیفی به مقایسه این موارد با حالتی که سامانه فقط شامل یک ماده فعال سطحی است، پرداخته شود.

بخش تجربی

شرح دستگاه آزمایش

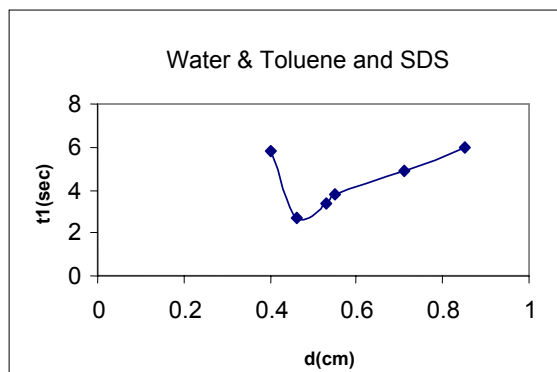
دستگاهی که برای انجام آزمایش های مورد نظر به کار برده شده است موسوم به دستگاه پیوند قطره^{۱۹} است [۷، ۳۳، ۳۹]. این دستگاه (شکل ۱) شامل دو مخزن اصلی نگهداری فازهای سنگین و سبک است که به ترتیب توسط لوله های رابط به فضای داخلی دستگاه و فنجان گیرنده قطره متصل است. هر یک از دو مخزن به منظور کنترل مایع ورودی به دستگاه مجهز به یک شیر می باشد. بدنه اصلی آن از یک استوانه به قطر داخلی ۸۰ cm تشکیل شده است که محل اصلی تشکیل فصل مشترک دو فاز است. در قسمت فوقانی این بدنه، کلاهک قرار دارد که شامل یک میکروپورت است که همواره از فاز سنگین تشکیل دهنده قطره که در تمام

سیستم های پایه در نظر گرفته شد و سپس ماده فعال سطحی دوم با ترکیب درصدهای مختلف نسبت به هریک از مواد فعال SDS و CTAB، برای بررسی تاثیر مخلوط دو ماده فعال سطحی بر پدیده پیوند به هر یک از دو سامانه پایه افزوده شد. با آزمایش های بسیار مقدار استاندارد پایه برابر ۰/۰۱ گرم از هر یک مواد فعال سطحی SDS و CTAB در این پژوهش بدست آمد به نحوی که فراتر رفتن از این مقدار سبب ایجاد کف شدید در سامانه می شد.

سامانه شیمیایی آب و تولوئن حاوی ماده فعال SDS در فاز پراکنده

افزودن ماده فعال CTAB به عنوان ماده فعال دوم

نخست سامانه پایه آب و تولوئن حاوی SDS در نظر گرفته شد. در چهار مرحله به ترتیب مقادیر ۲۰ و ۴۰ و ۶۰ و ۸۰ درصد وزنی از ماده فعال سطحی CTAB (درصد وزنی CTAB افزوده شده نسبت به مقدار ۰/۰۱ گرم SDS موجود در فاز پراکنده آب) به سامانه افزوده و پدیده پیوند قطره بررسی شد. اثر مخلوط این دو ماده فعال در شکلهای (۲) و (۳) ملاحظه می شود.



شکل ۲: سیستم پایه آب و تولوئن و ۰/۰۱ گرم SDS.

در شکل (۲)، مشاهده می شود که با افزایش قطر قطرات در ابتدا زمان پیوند، روندی نزولی و سپس با رسیدن به قطری حوالی ۰/۵ سانتی متر این روند معکوس شده و مسیر صعودی و افزایشی را طی می کند. با افزایش ۲۰ درصد وزنی از ماده فعال سطحی دوم، با توجه به شکل (۳) مشخص است که قطر قطرات در محدوده ۰/۷۶ - ۰/۴۲ سانتی متر است. زمانی که هیچ ماده فعال سطحی ای به سامانه پایه (سیستم آب و تولوئن و SDS) افزوده نشده است، اگر در امتداد محور قطر قطرات حرکت شود، در ابتدای این محدوده، زمان پیوند یک روند کاهشی و در ادامه

می شود. سپس جریان آن توسط شیر قطع و جریان فاز پراکنده (فاز سنگین) از طریق مخزن سمت راست برقرار می گردد. به گونه ای که محل تشکیل فصل مشترک دو فاز سبک (پیوسته) و فاز سنگین مادر (پراکنده) در لبه فنجان گیرنده قطره قرار گیرد. حال برای بررسی اثر متغیرهای گوناگون بر پدیده پیوند، ستون مدرج میکروپورت، جداگانه از مقداری از فاز پراکنده مادر پر می شود و با باز و بسته نمودن شیر، جریان مایع برقرار و قطره در سر افشانک ایجاد می شود. همان طور که در شکل دستگاه پیوند قطره آمده است، لبه فنجان داخلی دستگاه محل تشکیل فصل مشترک فاز آبی (فاز سنگین) و فاز آلی (فاز سبک) است. بنابراین در تمامی آزمایش ها محلولی که از شیر تخلیه برای تشکیل فاز پراکنده و تولید قطره در میکروپورت گرفته می شود شامل غلظتی مشخص از یکی از مواد فعال سطحی SDS و یا CTAB میباشد و ماده فعال سطحی دوم بسته به حلالیت آن در آب یا تولوئن می تواند در فاز سبک یا سنگین حل شود. به قطر قطره از راه غیر مستقیم اندازه گیری می شود. به ازای مصرف حجم مشخصی از فاز سنگین موجود در میکروپورت که به صورت قطره از نوک افشانک خارج می شود، با فرض کروی بودن قطره که برای سامانه شیمیایی مورد استفاده با توجه به کشش بین سطحی آن، قابل قبول است، با شمارش تعداد قطرات، حجم یک قطره و در نتیجه قطر آن به دست می آید.

روش اندازه گیری زمان پیوند

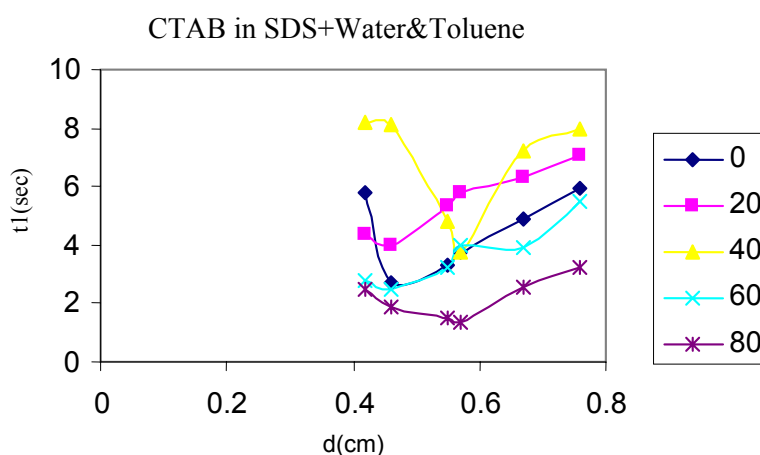
زمان پیوند از ابتدای جداسدن از سر افشانک تا پیوند نهایی با فصل مشترک، توسط زمان سنج اندازه گیری می شود. دقت زمان سنج برابر با ۰/۰۱ ثانیه است.

سیستم های شیمیایی پایه

اولین سامانه شیمیایی که مورد بررسی آزمایشگاهی قرار گرفت، سامانه آب و تولوئن (به ترتیب فازهای پراکنده و پیوسته) حاوی ۰/۰۱ گرم از ماده فعال سطحی آنیونی سدیم دودسیل سولفات (SDS) در فاز آبی است که این سامانه شیمیایی به همراه سامانه شیمیایی آب و تولوئن حاوی ۰/۰۱ گرم از ماده فعال سطحی کاتیونی ستیل تری میتیل آمونیوم بروماید (CTAB) که آن نیز محلول در فاز آبی است، به عنوان

می‌کند. اما در محدوده قطرهای میانی این روند معکوس است و نمودارها از یک نقطه حداقل برخوردار می‌شود. با توجه به این که ماده فعال سطحی SDS از نوع آنیونی و CTAB از نوع کاتیونی است، ترکیب دوگانه مواد فعال آنیونی/کاتیونی بیشترین برهم کنش^{۲۴} را بر یکدیگر دارد. این تعامل در محدوده‌های میانی قطر قطرات، در اکثر محدوده‌های درصد وزنی از ماده فعال دوم، سبب ایجاد کم‌ترین زمان پیوند شده و هم‌چنین سبب می‌شود در درصدهای وزنی ثابت، با تغییر محدوده قطر قطره از مقداری کوچک به بزرگ، کمترین زمان های پیوند در محدوده قطرهای میانی و بیشترین آنها در ابتدا و انتهای محدوده قطر حاصل شود. بنابراین می‌توان بیان کرد که کم‌ترین مقادیر زمان‌های پیوند قطره در محدوده‌های میانی قطر قطرات و با افزایش درصدهای وزنی بالا از ماده فعال سطحی دوم ایجاد شده است که بیانگر این مساله است که، در این سامانه شیمیایی با افزایش درصد وزنی ماده فعال دوم، زمان تخلیه لایه حائل قطره و فصل مشترک کوتاه شده که به تبع آن زمان پیوند هم کوتاه می‌شود. لازم به ذکر است که در این سامانه شیمیایی، افزایش ماده فعال سطحی دوم تا مقادیری بالاتر از ۷۰ درصد وزنی، سبب ایجاد کف شدید در سامانه می‌گردد که عملاً ادامه آزمایش‌ها را غیرممکن می‌ساخت.

با کمی نوسان بین دو روند کاهش و افزایشی، به سوی مقادیر اولیه زمان پیوند قطره- فصل مشترک حرکت می‌کند. این روند تقریباً مشابه حالتی است که هیچ ماده فعال سطحی در سامانه شیمیایی وجود نداشت. با این تفاوت که، در حالتی که ۲۰ درصد وزنی از ماده فعال در سامانه وجود دارد، در محدوده قطرهای میانی زمانهای پیوند بزرگتر است و در محدوده انتهایی قطر قطرات زمان های پیوند از مقدار آن در ابتدای این محدوده بیشتر است. در مقدار ۴۰ درصد وزنی از ماده فعال سطحی دوم، زمانهای پیوند پس از رسیدن به یک مقدار حداقل، مسیر صعودی را دنبال می‌کند ولی در محدوده مقادیر انتهایی، در نهایت به مقادیری کمتر از مقادیر زمان پیوند مربوط به ابتدای محدوده قطر می‌رسد. در درصدهای وزنی ۶۰ و ۸۰ از ماده فعال سطحی نیز کم و بیش به صورت یکسان یک روند افزایشی برای مقادیر زمان پیوند رخ می‌دهد. اگر مقادیر این زمان در محدوده‌های مشخص از قطر قطره برای درصدهای وزنی مختلف از ماده فعال دوم بررسی شود، می‌توان دریافت که در محدوده قطرهای ابتدایی و انتهایی (۰/۴۲ تا ۰/۴۶ سانتی متر و ۰/۶۷ تا ۰/۷۶ سانتی متر) مقادیر زمان پیوند با افزایش درصد وزنی ماده فعال دوم یک مسیر افزایشی را طی کرده و پس از رسیدن به مقدار حداکثر، در ادامه روند کاهشی را طی

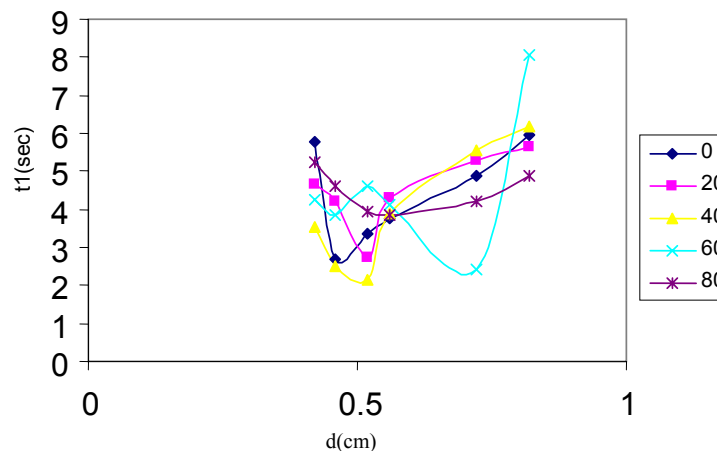


.SDS

CTAB

:

Aniline in Water and Toluene+SDS



شکل ۴: زمان پیوند برای درصدهای وزنی مختلف از ماده فعال سطحی آنیلین در سیستم آب و تولوئن حاوی SDS.

می‌یابد. افزایش ۸۰ درصد وزنی از آنیلین نیز هیچ گونه تغییر محسوسی در مقادیر زمان و شکل و ماهیت نمودار ایجاد نمی‌کند. بنابراین در محدوده قطر قطرات مذکور، با افزایش درصد وزنی ماده فعال سطحی دوم، مقادیر زمان در یک مجموعه منحنی‌های هموار و بدون نوسان شدید برای اکثر محدوده‌های غلظت ماده فعال دوم، یک روند کند افزایشی را طی می‌کند. با توجه به این که آنیلین برخلاف یک ماده فعال سطحی کاتیونی ایده‌آل خاصیت کاتیونی خیلی قوی از خود بروز نمی‌دهد، قادر به ایجاد تغییرات اساسی در روند زمان پیوند نشده است. اگر نمودارهای زمان پیوند برای یک قطر مشخص با افزایش ماده فعال سطحی دوم بررسی شود، در ابتدا و انتهای محدوده غلظت ماده فعال دوم اختلاف بسیار کمی بین مقادیر زمان و در عین حال نوسانات کوچک در غلظت‌های میانی مشاهده می‌شود و این مساله بیانگر آن است که برای یک محدوده مشخص از قطر قطرات و یا یک قطر مشخص از قطره، افزایش غلظت ماده فعال دوم چندان روی زمان پیوند تاثیرگذار نمی‌باشد.

افزودن ماده فعال ۲- هپتانول

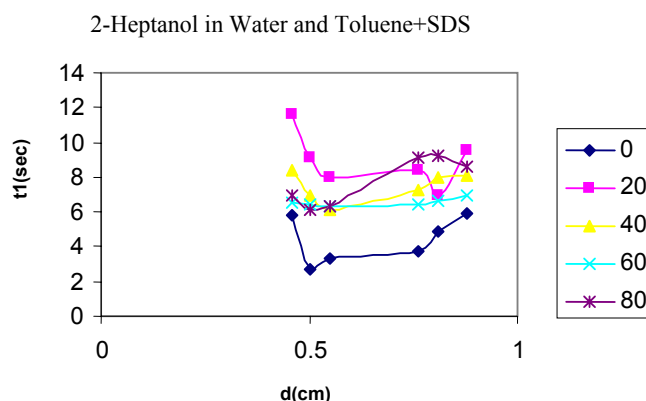
در مرحله سوم با افزودن درصدهای وزنی متفاوت از ماده فعال سطحی ۲- هپتانول تاثیر این ماده بر پدیده پیوند بررسی شد. در این سامانه قطر قطرات در محدوده ۰/۴۶ تا ۰/۸۸ سانتی متر مشاهده شد که با توجه به غیریونی بودن ماده ۲- هپتانول، با ماده فعال SDS بر هم کنش چندانی

افزودن ماده فعال آنیلین

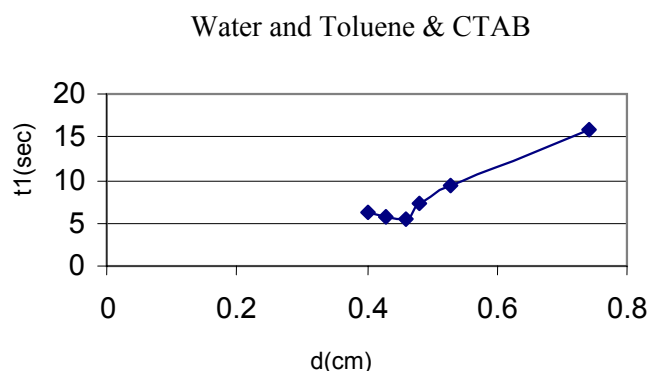
در مرحله دوم با افزایش آنیلین به عنوان ماده فعال سطحی دوم در درصدهای وزنی متفاوت به سامانه پایه، تاثیر آن بر پدیده پیوند مورد بررسی قرار گرفت. قطر قطرات در این سامانه در محدوده ۰/۴۲ تا ۰/۸۲ سانتی متر مشاهده شد که نسبت به سامانه قبلی افزایش یافته بود. از آنجا که فاز پراکنده از نوع فاز آبی است و از سویی دیگر آنیلین یک باز آلی است که دارای خاصیت کاتیونی ضعیف‌تری نسبت به ماده CTAB است، بنابراین در داخل فاز قطره نیروهای جاذبه‌ای که در مخلوط مواد فعال سطحی آنیونی/ کاتیونی وجود دارد (جاذبه الکترواستاتیک) ضعیف‌تر است و قطره نسبت به حالت قبل، از انعطاف بیشتری برخوردار است و بنابراین می‌توان در انتهای افشانک، قطراتی با قطرهای بزرگتر ایجاد کرد. براساس شکل (۴) در حالت وجود ۲۰ درصد وزنی از ماده فعال آنیلین در سامانه پایه حاوی سدیم دودسیل سولفات، زمان های پیوند نسبت به این سامانه پایه اندکی کاهش یافته است. با افزایش ۴۰ درصد وزنی از آنیلین، مقادیر زمان پیوند مجدداً کاهش یافته، در عین حال که به صورت تقریبی شکل و روند نمودار بدون تغییر مانده است. اگر مقدار ۶۰ درصد وزنی از ماده فعال سطحی آنیلین به سامانه افزوده شود، مقدار متوسط زمان پیوند کمی بیش از حالت قبلی شده و در محدوده انتهایی قطر قطره، زمان های پیوند به صورت چشم گیری افزایش

وزنی، این کاهش در تمام محدوده قطر ادامه می‌یابد. در غلظت ۸۰ درصد وزنی از ۲- هپتانول، در محدوده قطرهای ابتدایی و میانی تغییر چشم گیری در زمان پیوند نسبت به حالت ۶۰ درصد وزنی رخ نمی‌دهد، فقط در انتهای محدوده قطر قطرات، افزایش زمان پیوند مشاهده می‌شود که می‌تواند ناشی از اثر افزایش قطر بر زمان پیوند در سامانه‌های خالص باشد. حال اگر در مقادیر مشخصی از قطر با افزایش درصدهای وزنی مختلف از ۲- هپتانول اثر آن بر روی زمان پیوند قطره بررسی شود، مشاهده می‌گردد که در قطرهای کوچک، با افزایش غلظت ماده فعال دوم، تغییر چندانی در زمان پیوند رخ نمی‌دهد ولی با افزایش قطر، با افزودن غلظت بیشتر از ماده فعال دوم، زمان پیوند هم در این سامانه شیمیایی بیشتر می‌شود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که در قطرهای میانی و درصدهای کم از ماده فعال سطحی دوم زمان پیوند قطرات کوچک است و در درصدهای وزنی بالا و قطرهای بزرگ قطرات، زمان پیوند به صورت قابل توجهی افزایش می‌یابد.

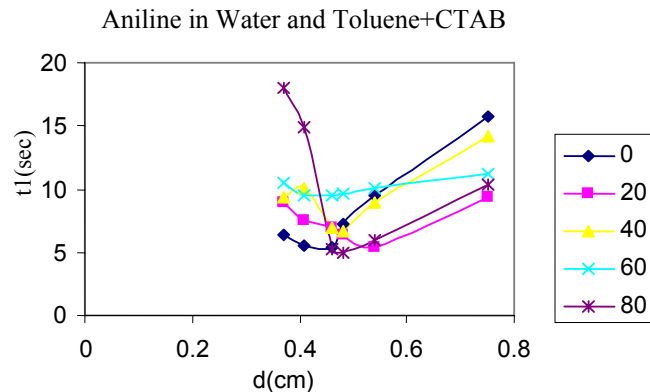
ندارد و می‌توان قطراتی با محدوده اندازه قطر وسیع تر تولید کرد. نتایج این بررسی در شکل (۵) آمده است. در مقایسه با شکل (۲)، زمانی که ۲۰ درصد وزنی از ماده فعال ۲- هپتانول به سامانه افزوده می‌شود، در تمام محدوده قطر قطره، زمان پیوند به طور قابل توجهی افزایش می‌یابد. این امر بیانگر این نکته است که حضور ۲- هپتانول در کنار سدیم دودسیل سولفات توانسته است مقاومت لایه حایل بین قطره و فصل مشترک را افزایش داده و مانع انجام پیوند آنی^{۲۵} گردد. بنابراین این ماده می‌تواند بر خواص SDS که سبب ایجاد یک کنش بین سطحی کمتر در لایه حایل می‌شود اثر گذارده و در مجموع زمان پیوند را بیشتر کند. با بالا رفتن غلظت ماده فعال دوم به میزان ۴۰ درصد وزنی ملاحظه می‌شود که این اثر معکوس، کاهش یافته و زمانهای پیوند نیز کمی کاهش یافته‌اند. اما این کاهش در محدوده قطرهای بالا چندان محسوس نیست. با ادامه افزایش غلظت ماده فعال دوم به اندازه ۶۰ درصد



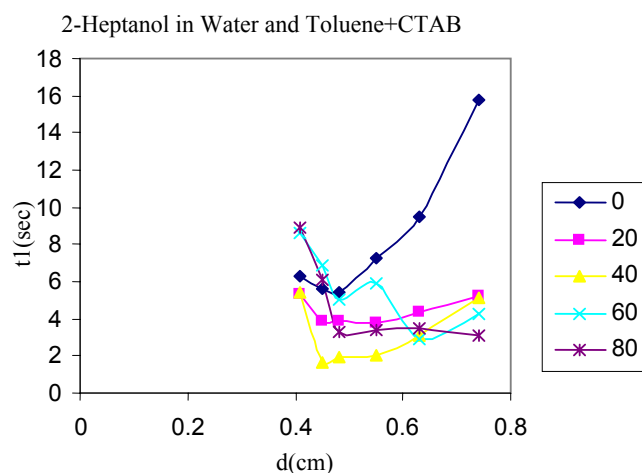
شکل ۵: زمان پیوند برای درصدهای وزنی مختلف از ماده فعال سطحی ۲-هپتانول در سیستم آب و تولوئن حاوی SDS.



شکل ۶: سیستم پایه آب و تولوئن حاوی ۰/۰۱ گرم CTAB.



شکل ۷: زمان پیوند برای درصدهای وزنی مختلف ماده فعال سطحی آنیلین در سیستم آب و تولوئن حاوی CTAB.



شکل ۸: زمان پیوند برای درصدهای وزنی مختلف از ماده فعال سطحی ۲-هپتانول در سیستم آب و تولوئن و CTAB.

می‌شود. با افزایش ۴۰ درصد وزنی از آنیلین مجدداً روال فوق تکرار می‌شود، با اذعان به اینکه در این غلظت، کلیه مقادیر زمان در محدوده قطر قطرات، کمی بزرگتر از حالت قبلی شده است. در حالتی که ۶۰ درصد وزنی از ماده فعال CTAB به سامانه افزوده شد ملاحظه گردید که در تمام محدوده قطر مجدداً روال فوق تکرار می‌شود و ابتدا روندی کاهشی و سپس افزایشی در زمان پیوند رخ می‌دهد. در این حالت هم زمان پیوند در تمامی محدوده قطر نسبت به حالت قبل کمی بیشتر شده است. در ۸۰ درصد وزنی از ماده فعال نیز روند حاکم بر سامانه مشابه حالت های قبل است. اگر در یک مقدار مشخص از قطر قطره، تاثیر افزایش درصد وزنی ماده فعال دوم بررسی شود ملاحظه می‌گردد که در محدوده قطرهای ابتدایی تا میانی (۰/۳۷ تا ۰/۴۱ سانتی متر)، یک روند صعودی مطلق بر نمودارهای زمان پیوند حاکم است و اختلاف بین مقادیر ابتدایی و انتهایی زمان پیوند در این محدوده، مقدار قابل توجهی است. زمان های

سامانه شیمیایی آب و تولوئن حاوی ماده فعال CTAB افزودن ماده فعال آنیلین

در این مرحله، سامانه آب و تولوئن به همراه ۰/۰۱ گرم از ماده فعال سطحی کاتیونی ستیل تری متیل آمونیوم بروماید (CTAB) بود. این سامانه شیمیایی دومین سامانه پایه است که به ترتیب هر یک از مواد فعال آنیلین و ۲-هپتانول به عنوان ماده فعال سطحی دوم به آن افزوده شد و اثر هر یک از آن دو در ترکیب با CTAB، بر پدیده پیوند قطره مورد بررسی گرفت. نتایج مربوط به ماده فعال آنیلین در شکل های (۶) و (۷) رسم شده است. با توجه به شکل های فوق ملاحظه می‌شود که هنگام افزودن ۲۰ درصد وزنی از ماده فعال سطحی دوم در محدوده قطرهای ابتدایی تا میانی، با افزایش قطر قطره، زمان پیوند کاهش یافته و پس از گذر از قطرهای میانی تا انتها، با افزایش قطر قطرات زمان صعودی

۶۰ درصد وزنی از ماده دوم، زمان پیوند در اکثر محدوده قطر نسبت به حالت قبلی افزایش می‌یابد و نمودار در قسمت اعظم از محدوده قطر یک روند کاهشی را طی می‌کند. در ۸۰ درصد وزنی، مقادیر زمان پیوند تقریباً یک روال نزولی مطلق را طی می‌کند. حال اگر در محدوده قطرهای اولیه افزایش ماده فعال سطحی دوم تا درصدهای وزنی بالا بررسی شود، ملاحظه می‌گردد که در حول و حوش قطر ۰/۴۱ سانتی متر، روندی افزایشی، در محدوده قطر ۰/۴۵ سانتی متر با کمی نوسان در غلظت‌های میانی مجدداً یک روند افزایشی بر مقادیر زمان پیوند حاکم می‌شود. اما در محدوده قطر ۰/۴۸ سانتی متر تا انتها، در تمامی محدوده غلظت، یک روند کاهشی مشاهده می‌شود که هر چه به سمت قطرهای بزرگتر حرکت شود، شدت این روند کاهشی (شیب نمودار) افزایش می‌یابد. در مجموع می‌توان دریافت که ماده فعال سطحی غیر یونی ۲- هپتانول به گونه‌ای بر سامانه آب و تولون و CTAB تاثیر گذار است که کمترین زمان پیوند اکثراً در محدوده قطرهای میانی به بالا و محدوده غلظت میانی و بالاتر از ماده فعال دوم مشاهده می‌شود و با افزایش قطر قطرات و کم بودن غلظت ماده فعال دوم زمان پیوند به صورت چشمگیری افزایش می‌یابد.

بررسی اثر اضافه نمودن نمک سدیم کلراید (NaCl) به مخلوط دوگانه مواد فعال سطحی

افزودن نمک به فاز آبی باعث آسان شدن پدیده وارونگی فاز در پراکنشهای آبی در آلی می‌شود و نمک به طور طبیعی در بسیاری از پراکنش‌ها وجود دارد [۲۸]. برای بررسی اثر یک نمک معدنی مانند سدیم کلراید (NaCl) بر پدیده پیوند قطره، سه سامانه شیمیایی منتخب را در میان سامانه‌های شیمیایی‌ای که قبلاً آزمایش شده، در نظر گرفته و برای یک قطر خاص قطره اثر نمک فوق بر زمان پیوند قطره مجدداً بررسی شد [۴۲-۱۹،۴۰]. سامانه شیمیایی آب و تولون به ترتیب چنین مورد آزمایش قرار گرفت:

- مخلوط ماده فعال سطحی آنیونی سدیم دودسیل سولفات (SDS) به میزان ۰/۰۱ گرم و ماده فعال سطحی کاتیونی ستیل تری متیل آمونیوم CTAB به میزان ۰/۰۰۷ گرم.
- مخلوط ماده فعال سطحی کاتیونی ستیل تری متیل بروماید به میزان ۰/۰۱ گرم و ماده فعال سطحی غیر یونی ۲- هپتانول به میزان ۰/۰۰۷ گرم.

فوق پس از افزایش در درصدهای وزنی میانی از ماده فعال دوم (در محدوده‌های میانی قطر)، در درصدهای وزنی بالا تقریباً به حالت ابتدایی خود بر می‌گردد و نمودار در این حالت یک نقطه بیشینه دارد. با دور شدن از قطرهای میانی و حرکت به سوی قطرهای بزرگتر از قطرات ملاحظه می‌شود که با افزایش درصد وزنی، مقادیر انتهایی زمان کمتر از مقادیر اولیه می‌شود. البته در محدوده میانی غلظت ماده فعال دوم در این محدوده از قطر قطرات نوساناتی وجود دارد. اما می‌توان گفت در محدوده قطرهای بزرگ قطرات، روند حاکم بر زمان پیوند عکس روند حاکم بر محدوده اولیه تا میانی قطر قطرات است. در مجموع می‌توان چنین بیان کرد که برای این مجموعه، کمترین زمان پیوند در محدوده ابتدایی تا میانی قطر قطرات و غلظت کم از ماده فعال دوم رخ میدهد. در عین حال هر چه از قطرهای میانی به سوی قطرهای انتهایی حرکت کرده و همزمان غلظت ماده فعال دوم افزایش یابد، باز هم زمان پیوند کاهش می‌یابد. در این مجموعه، محدوده قطر قطرات بین ۰/۳۷ تا ۰/۷۵ سانتی متر است و از آنجا که آنیلین دارای خاصیت ضعیف کاتیونی و محلول در فاز آلی است، چنین نتیجه می‌شود که برای قطرات کوچک سبب می‌شود تا تخلیه لایه حائل سریع تر صورت گیرد و زمان پیوند کاهش یابد.

افزودن ماده فعال ۲- هپتانول

هنگامی که به سامانه آب و تولون و CTAB ماده فعال سطحی دوم، ۲- هپتانول افزوده شد، با توجه به اینکه این ماده در فاز آلی حل می‌شود، طبق شکل (۸) مشاهده می‌شود که در این سامانه قطر قطرات در محدوده ۰/۴۱ تا ۰/۷۴ سانتی متر تغییر می‌کند. در مقدار ۲۰ درصد وزنی از ماده فعال سطحی دوم، مقادیر زمان پیوند در قطرهای بزرگ، پس از یک کاهش تدریجی در ابتدای محدوده قطر، مجدداً به مقادیر اولیه میرسد. با افزایش ماده فعال دوم از ۲۰ به ۴۰ درصد وزنی، در تمامی محدوده قطر، مقادیر زمان پیوند بخصوص در محدوده قطرهای بزرگ کاهش ملموسی را نشان می‌دهد. در ۴۰ درصد وزنی ملاحظه می‌شود که زمان پیوند به یک حداقل می‌رسد که در محدوده قطرهای میانی اتفاق می‌افتد و مجدداً نسبت به حالات قبلی، زمان پیوند کاهش چشم‌گیری نشان می‌دهد. در

حالت نبود نمک شده، اما قطر با شروع افزایش درصد وزنی نمک، به آرامی افزایش پیدا می کند.

- با افزودن نمک، زمان پیوند به صورت چشمگیری نسبت به حالت نبود نمک در سامانه کاهش پیدا می کند اما با شروع افزایش مقدار نمک، این زمان به آرامی افزایش می یابد.

بررسی اثر نمک کلراید سدیم بر سامانه آب و تولوئن حاوی ۴۰ درصد وزنی ۲- هپتانول در CTAB

نتایج آزمایش نبود و وجود نمک به ترتیب در شکل (۱۰) و جدول (۲) مشاهده می شود. قطر قطره تولیدی از افشانک برابر ۰/۵۶ سانتی متر و زمان پیوند متناظر با آن برابر ۲/۰۶ ثانیه است. از جدول (۲) مشاهده می شود که در این حالت هم با افزایش نمک، قطر قطره ایجاد شده در افشانک به صورت قابل توجهی افزایش می یابد و به مقدار ۰/۸۲ سانتی متر رسیده است، ولی زمان پیوند با افزایش نمک کمی افزایش یافته است. بنابراین می توان بیان کرد:

- با افزودن نمک به میزان ۲۰ درصد وزنی قطر قطره بصورت قابل توجهی نسبت به حالت بدون نمک افزایش یافته است و با ادامه افزایش نمک، با کمی نوسان در غلظت های میانی، قطر قطره یک روند کاهشی را ادامه می دهد. اما در غلظت های انتهایی نمک، قطر قطره همچنان عددی قابل ملاحظه است (۰/۷۵ سانتی متر در مقایسه با ۰/۵۶ سانتی متر).

- زمان پیوند قطره با افزودن نمک به میزان کمی افزایش یافته است اما با ادامه افزایش درصد وزنی نمک، زمان پیوند با کمی نوسان در غلظت های میانی، یک روند افزایشی را ادامه می دهد.

۳- مخلوط ماده فعال سطحی آنیونی سدیم دودسیل سولفات (SDS) به میزان ۰/۰۱ گرم و ماده فعال سطحی غیریونی ۲- هپتانول به میزان ۰/۰۰۷ گرم.

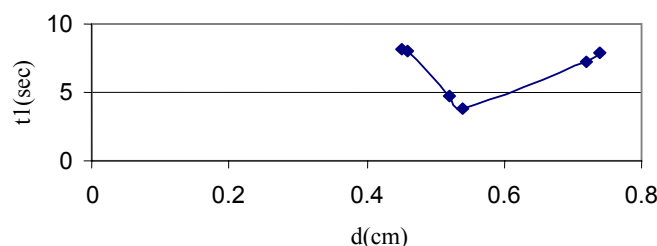
با افزودن مقادیر ۲۰ و ۴۰ و ۶۰ و ۸۰ درصد وزنی از این نمک به هر یک از سه سامانه مذکور برای یک اندازه مشخص از قطر افشانک مشخص، تغییر قطر قطره و زمان پیوند برای آنها نسبت به حالت نبودن نمک بررسی شد. برای مقایسه مقادیر زمان های پیوند و قطر قطرات این سه سامانه منتخب با حالت های نبود نمک، سیستم های متناظر در دو حالت مورد مقایسه کمی قرار گرفت.

بررسی اثر سدیم کلراید بر سامانه آب و تولوئن حاوی ۴۰ درصد CTAB در SDS

اگر نتایج آزمایش در حالت نبودن نمک و وجود نمک به ترتیب در شکل (۹) و جدول (۱) ملاحظه شود، با توجه به این که در حالت نبودن نمک قطر قطره خارج شده از افشانک مورد استفاده در این آزمایش برابر ۰/۷۲ سانتی متر و زمان پیوند متناظر با آن ۷/۱۹ ثانیه است، می توان دریافت که با افزایش ۲۰ درصد وزنی نمک به سامانه شیمیایی فوق، قطر قطره ایجاد شده از افشانک از ۰/۷۲ سانتی متر به مقداری برابر ۰/۸۴ سانتی متر افزایش یافته و زمان پیوند به مقداری برابر ۱/۴۹ ثانیه کاهش یافته است. با افزایش درصدهای وزنی بیشتر ملاحظه می شود که در درصدهای وزنی بالاتر، قطر قطره ایجاد شده در افشانک افزایش می یابد و زمان پیوند نیز به آرامی در ۸۰ درصد وزنی از نمک به مقداری برابر ۳/۳۲ ثانیه می رسد. بنابراین:

- افزودن نمک به سامانه مخلوط دو ماده فعال سطحی ذکر شده سبب افزایش قابل توجه قطر قطره نسبت به

40%CTAB in Water and Toluene+SDS

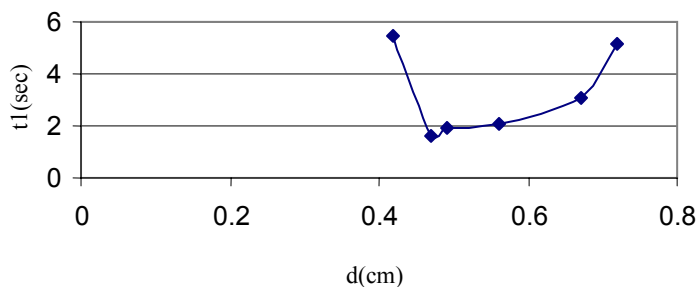


شکل ۹: زمان پیوند در حالت افزودن ۴۰٪ وزنی ماده فعال سطحی CTAB به سیستم آب و تولوئن حاوی SDS.

جدول ۱: تاثیر نمک بر سیستم حاصل از افزودن ۴۰٪ ماده فعال CTAB در آب و تولوئن حاوی SDS.

(NaCl)	%	%	%	%
(Cm)	/	/	/	/
(S)	/	/	/	/

40% 2-Heptanol in Water and Toluene+CTAB

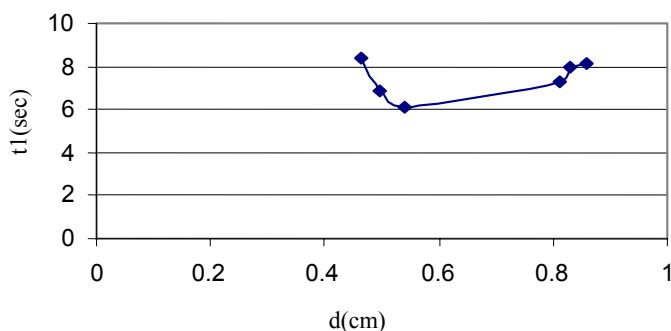


شکل ۱۰: زمان پیوند در حالت افزودن ۴۰٪ وزنی ماده فعال سطحی ۲-هپتانول به سیستم آب و تولوئن حاوی CTAB.

جدول ۲: تاثیر نمک بر سیستم حاصل از افزودن ۴۰٪ ماده فعال ۲-هپتانول در آب و تولوئن حاوی CTAB.

(NaCl)	%	%	%	%
(Cm)	/	/	/	/
(S)	/	/	/	/

40% 2-Heptanol in Water and Toluene+SDS



شکل ۱۱: زمان پیوند در حالت افزودن ۴۰٪ وزنی ماده فعال سطحی ۲-هپتانول به سیستم آب و تولوئن حاوی SDS.

جدول ۳: تاثیر نمک بر سیستم حاصل از افزودن ۴۰٪ ماده فعال ۲-هپتانول در آب و تولوئن حاوی SDS.

(NaCl)	%	%	%	%
(Cm)	/	/	/	/
(S)	/	/	/	/

قطر قطره کمی کاهش یافته و به مقداری برابر ۰/۸۵ سانتی متر رسیده و در عین حال زمان پیوند نیز کاهش یافته است. بنابراین:

- با افزودن نمک، قطر قطره تولیدی کمی کاهش یافته و در ادامه در درصدهای وزنی بیشتر نمک، با کمی نوسان یک روند کند افزایشی برای قطر قطره ایجاد می شود و قطر در

بررسی اثر سدیم کلراید بر سامانه شیمیایی آب و تولوئن حاوی ۴۰ درصد وزنی ۲-هپتانول در SDS

نتایج در شکل (۱۱) و جدول (۳) آمده است. در شکل (۱۱)، قطر قطره ایجاد شده در افشانک برابر ۰/۸۶ سانتی متر و زمان پیوند متناظر آن برابر ۸/۱ ثانیه است. ملاحظه می شود که با افزایش ۲۰ درصد وزنی نمک،

یک باز آلی با بار مثبت (کاتیونی) ضعیف نمی تواند در سامانه تغییر چندانی بدهد و اثر هم افزایشی ضعیفی دارد. - برای سامانه متشکل از آب/CTAB/تولون، اگر ماده فعال سطحی دوم ۲- هپتانول اضافه گردد، کمترین زمان پیوند قطره در محدوده قطرهای میانی و بالاتر برای درصدهای بالای ماده فعال سطحی دوم ملاحظه می شود (اثر هم افزایشی). و در نهایت، اگر ماده فعال سطحی دوم آنیلین اضافه گردد باعث ایجاد سیر افزایش زمان پیوند قطره در قطرهای کم و میانی قطره می شود، ولی برای اندازه های بزرگتر قطره سبب کاهش زمان پیوند می شود و سامانه را به سمت آنچه که در حالت وجود ماده فعال سطحی یگانه اتفاق می افتد، سوق می دهد (اثر هم افزایشی).

- بنابراین:

مخلوط ماده فعال غیر یونی و ماده فعال بار منفی (آنیونی) زمان پیوند قطره را برای قطره با قطر مشخص افزایش می دهد (اثر پاد افزایشی).

مخلوط ماده فعال غیر یونی و ماده فعال بار مثبت (کاتیونی) زمان پیوند قطره را برای قطره با قطر مشخص کاهش می دهد (اثر هم افزایشی).

مخلوط ماده فعال بار مثبت (کاتیونی) و ماده فعال بار منفی (آنیونی) زمان پیوند قطره را برای قطره با قطر مشخص کاهش می دهد (اثر هم افزایشی) و اگر ماده فعال کاتیونی ضعیف باشد اثری مشاهده نمی شود (هم افزایشی ضعیف).

- افزودن نمک معدنی سدیم کلراید، در حالت کلی سبب کاهش زمان پیوند قطره در هنگام افزایش قطر آن می گردد و به اثر ماده فعال سطحی می افزاید. پس خاصیت هم افزایشی دارد. بنابراین می توان نتیجه گرفت که برای از بین بردن حالت دو فازی در یک سامانه که نیاز به کاهش زمان پیوند قطره با فاز مادر آن است، بهترین سامانه شیمیایی آنی است که دارای مخلوط دو ماده فعال غیر یونی و با بار مثبت (کاتیونی) و نمک معدنی باشد. سامانه های دارای ماده فعال سطحی بار منفی (آنیونی) و بار مثبت کاتیونی و نمک معدنی نیز مناسب است.

بالاترین غلظت نمک به مقداری برابر ۰/۸۶ سانتی متر می رسد که می توان نتیجه گرفت که در این سامانه افزایش نمک تاثیر چندان قابل توجهی در قطر قطره ندارد.

- با شروع افزایش نمک، زمان پیوند کاهش یافته و با ادامه افزایش نمک با کمی نوسان حوالی مقدار اولیه به عدد ۶/۶۴ ثانیه در بالاترین غلظت نمک می رسد. بنابراین افزایش نمک در این سامانه روی زمان پیوند قطره تاثیر گذار بوده است.

نتیجه نهایی

با توجه به آزمایشهای انجام شده مشاهده گردید: - برای سامانه تشکیل شده از آب/SDS/تولون، افزودن فعال سطحی ۲- هپتانول سبب می شود که افزایش درصد وزنی آن نسبت به ماده فعال سطحی اول، در اندازه های کوچک و میانی قطر قطره تاثیری در زمان پیوند آن ایجاد نکند. اما در اندازه های بزرگتر قطره سبب افزایش زمان پیوند می شود و مانند سامانه ای که فاقد هرگونه ماده فعال سطحی ای است، عمل می گردد. پس ماده فعال دوم، اثر ماده فعال اول را در حالت کلی از بین می برد. پس آنچه مشاهده می گردد به نوعی اثر پادافزایی^{۲۶} است. این اثر ناشی از غیر یونی بودن ماده فعال ۲- هپتانول است که سبب سخت شدن یا تصلب فصل مشترک و مرز قطره با فاز پیوسته می شود. اگر به جای ۲- هپتانول ماده کاتیونی CTAB به عنوان ماده فعال سطحی دم اضافه شود، برای هر درصد وزنی از ماده فعال دوم نسبت به ماده فعال اول در اندازه های میانی قطره، زمان پیوند کاهش می یابد و اثر هم افزایشی که قبلاً به آن اشاره شد از خود نشان می دهد و به ماده فعال سطحی اول کمک می کند تا نقش خود را بیشتر آشکار کند. زیرا ماده فعال دوم از نوع مواد فعال سطحی کاتیونی است (بار مثبت). در نهایت اگر برای این سامانه آنیلین به عنوان ماده فعال سطحی دوم اضافه گردد، تاثیری بر روی زمان پیوند نمی گذارد. آنیلین به عنوان

مراجع

- 1 - Sinegribova, O. A., Andreev, A. Y., Voronin, O. V. and Dvoeglazov, K. N. (1993). *The Influence of Silicic Acid on the Coalescence of Drop in the Extraction System TBP-HNO₃(HCl)*. Logsdail, D. H. and Slater, M. J., Eds., in *Solvent Extraction in the Process Industries*, Vol. 3, Elsevier, London, UK.

- 2 - Lin, C. Y. and Slattery, J. C. (1982). "Thinning of a liquid film as a small drop or bubble approaches a fluid-fluid interface." *AIChE J.*, Vol. 28, No. 786.
 - 3 - Lyu, S. P., Bates, F. S. and Macosko, C. W. (2000). "Coalescence in polymer blends during shearing." *AIChE J.*, Vol. 46, No. 229.
 - 4 - de Gennes, P. G. (2001). "Some remarks on coalescence in emulsions or foams." *Chem. Eng. J.*, Vol. 56, No. 5449.
 - 5 - Henschke, M., Schlieper, L. H. and Pfennig, A. (2002). "Determination of a coalescence parameter from batch settling experiments." *Chem. Eng. J.*, Vol. 85, No. 369.
 - 6 - Davies, G. A. (1992). "Mixing and coalescence phenomena in liquid - liquid systems," *In J. D. Thornton (ed.), Science and Practice of Liquid-Liquid Extraction*, Oxford University Press, Oxford, Vol. 1.
 - 7 - Ban, T., Kawaizumi, F., Nii, S., Takahashi, K. (2000). "Study of drop coalescence behavior for liquid-liquid extraction operation." *Chem. Eng. Sci.*, Vol. 55, PP.5385-5391.
 - 8 - Blawdziewicz, J., Cristini, V. and Loewenberg, M. (1999). "Near-contact motion of surfactant-covered spherical drop: Ionic surfactant." *J. Colloid Interf. Sci.*, Vol. 211, No. 355.
 - 9 - Yeo, L. Y., Matar, O. K., Susana Perez de Ortiz, E. and Hewitt, G. F. (2003). "Film drainage between two surfactant-coated drops colliding at constant approach velocity." *J. Colloid Interf. Sci.*, Vol. 257, No.93.
 - 10 - Myers, D. (1988). *Surfactant Science and Technology*, VCH Publishers, New York, NY.
 - 11 - Couper, A. (1984). *Thermodynamics of Surfactant Solution*. Tadros, T. F., Ed., in "Surfactants", Academic Press, London.
 - 12 - Guzun-Stoica, A., Kurzeluk, M. and Floarea, Q. (2000). "Experimental study of marangoni effect in a liquid/liquid system." *Chem. Eng. Sci.*, Vol. 55, PP.3813-5391.
 - 13 - Laughlin, R. G. (1994). *The Aqueous Phase Behavior of Surfactant*, Academic Press, London.
 - 14 - Chesters, A. K. and Bazhlekov, I. B. (2000). "Effect of insoluble surfactants on drainage and rupture of a film between drops interacting under a constant force." *J. Colloid Interf. Sci.*, Vol. 230, No. 229.
 - 15 - Gharibi, H., Hashemianzadeh, S. M. and Razavizadeh, B. M. (2002). "Determination of interaction parameters of mixed surfactant system using a monte carlo simulation technique." *Colloids Surf. A: Phys. Eng. Aspects*, Vol. 196, No. 31.
 - 16 - Nikolov, A. D. and Wasan, D. T. (1995). "Effects of surfactant on multiple stepwise coalescence of single drops at liquid/liquid interfaces." *Ind. Eng. Chem. Res.*, Vol. 34, No. 3653.
 - 17 - Gao, H. C., Zhao, S., Mao, S. Z., Yuan, H. Z., Yu, J. Y., Shen, L. F. and Du, Y. R. (2002). "Mixed micelles of polyethylene Glycol(23)-lauryl ether with ionic surfactant studied by proton 1D and 2D NMR." *J. Colloid Interf. Sci.*, Vol. 249, No. 200.
 - 18 - Abe, M. and Ogino, K. (1992). *Solution Properties of Anionic/Nonionic Mixed Surfactant Systems*. Ogino, K. and Abe, M., Eds., in *Mixed Surfactant Systems*. Marcel Dekker, New York, NY.
 - 19 - Urbina-Villalba, G., and Sucre, M. G. (2001). "Influence of surfactant distribution on the stability of oil/water emulsions toward flocculation and coalescence." *Colloids Surf. A: Phys. Eng. Aspects*, Vol. 190, PP. 111-116.
 - 20 - Liu, D., Ma, J., Chang, H. and Zhao, Z. (1998). "Investigation on the conductivity and microstructure of AOT/nonionic surfactant/water/n-Heptane mixed reverse micelles." *Colloids Surf. A: Phys. Eng. Aspects*, Vol. 135, No. 157.
-

- 21- Panda, A. K. and Chakraborty, A. K. (1998). "Interaction of mixed surfactants with bacterial lipopolysaccharide." *J. Colloid Interf. Sci.*, Vol. 203, PP. 260-264
 - 22 - Goloub, T. P., Pugh, R. J. and Zhmud, B. V. (2000). "Micellar interaction in nonionic/ionic mixed surfactant system." *J. Colloid Interf. Sci.*, Vol. 229, PP. 72-81
 - 23 - Narsimhan, G. and Goel, P. (2001). "Drop coalescence during emulsion formation in a high pressure homogenizer for tetradecane/in/water emulsion stabilized by sodium dodecyl sulfate." *J. Colloid Interf. Sci.*, Vol. 238, PP. 420-432.
 - 24 - Chanamai, R. and McClements, D. J. (2000). "Creaming stability of flocculated monodisperse oil/in/water emulsions." *J. Colloid Interf. Sci.*, Vol. 225, PP. 214-218.
 - 25 - Dickinson, E. and Ritzoulis, C. (2000). "Creaming and rheology of oil/water emulsions containing sodium dodecyl sulfate and sodium caseinate." *J. Colloid Interf. Sci.*, Vol. 224, PP. 148-154.
 - 26 - Verma, S. and Kumar, V. V. (1998). "Relationship between oil/water interfacial tension and oily soil removal in mixed surfactant systems." *J. Colloid Interf. Sci.*, Vol. 207, PP. 1-10.
 - 27 - Kabin, J. A., Tolstedt, S. L., Saez, A. E., Grant, C. S. and Carbonell, G. (1998). "Removal of organic films from rotating disks using aqueous solutions of nonionic surfactants: Effect of surfactant molecular structure." *J. Colloid Interf. Sci.*, Vol. 206, PP. 102-111.
 - 28 - Davoodi, A. A., Khadiv-Parsi, P. and Mousavian, S. M. A. (1386). "Experimental study of phase inversion in batch liquid/liquid system." *Chem. and Chem. Eng. J.*, Vol. 26, PP. 39-49.
 - 29 - Mousavi, M. H. (1383). *The Effect of Mixed Surfactant on Drop-Interface Coalescence Phenomenon*. M. S. thesis, Faculty of Chem. Eng., Tehran University.
 - 30 - Khadiv-Parsi, P. (2001). "*Suggestion and Analysis of New Correlation in the Drop-Interface Coalescence and the Droplet Dispersion Bed Phenomena*, Ph.D. Thesis, Faculty of Engineering, University of Tehran, Iran.
 - 31 - Nikolov, A. D. and Wasan, D. T. (1995). "Effects of surfactants on multiple stepwise coalescence of single drops at liquid/liquid interfaces." *Ind. Eng. Chem. Res.*, Vol. 34, PP.3653-3661.
 - 32 - Walther, B., Hamberg, L., Walkenstrom, P. and Hermansson, A.-M. (2004). "Formation of shaped drops in a fast continuous flow process." *J. Colloid Interf. Sci.*, Vol. 270, PP.195 - 204.
 - 33 - Yiantsios, S. G. and Davis, ar. H. (1990). "On the buoyancy driven motion of a drop towards a rigid surface or a deformable interface." *J. Fluid Mech.*, Vol. 217, PP. 547-573.
 - 34 - Monti, R., Savino, R. and Alterio, G. (2002). "Pushing of liquid drops by marangoni force." *Acta Astronautica*, Vol. 51, PP.789-796.
 - 35 - TPikhitsa, P. and Tsargorodskaya, A. (2000). "Possible mechanism for multistage coalescence of a floating droplet on the air/liquid interface." *Colloids Interf., A: Physicochem. Eng. Aspectoctss*, Vol. 167, PP.287- 291.
 - 36 - Jeffreys, G. V. and Davies, G. A. (1971). *Coalescence of Liquid Droplets and Liquid Dispersion*, Hanson, C., Ed., "*Recent Advances in Liquid/Liquid Extraction*, Pergamon Press.
 - 37 - Khadiv-Parsi, P., Moosavian, M. A. and Bahmanyar, H. (2001). "The influence of surfactant on drop/interface coalescence phenomena." *Sixth National Iranian Chem. Eng. Congress*, Isfahan University of Technology .
 - 38 - Khadiv-Parsi, P. and Moosavian, M. A. (2004). "Suggestion of new correlations for drop/interface coalescence phenomena in the absence and presence of single surfactant." *Iran. J. Chem. Eng.*, Vol. 23, No. 79.
-

- 39 - Khadiv-Parsi, P. and Moosavian, M. A. (2004). "The interface of bicomponent mixed surfactants on drop/interface coalescence." *Iran. J. Chem. & Chem. Eng.*, Vol. 23, PP. 89-96.
- 40 - Lobo, L., Svereika, A. (2003). "Coalescence during emulsification: 2. role of small molecule surfactants." *J. Colloid and Interf. Sci.*, Vol. 261, No. 2, PP.498-507.
- 41 - Palazolo, G. G., Sorgentini, D. A. and Wagner, J. R. (2005). "Coalescence and flocculation in o/w emulsions of native and denatured whey soy proteins in comparison with soy protein isolates." *Food Hydrocolloids*, Vol. 19, No. 3, PP.595- 604.
- 42 - Koh, A., Gillies, G., Gore, G. and Saunders, B. R. (2000). "Flocculation and coalescence of oil-in-water poly(dimethylsiloxane) emulsions." *Journal of Colloid and Interface Science*, Vol. 227, No. 2, PP.390-397.

واژه های انگلیسی به ترتیب استفاده در متن

- | | |
|---|--|
| 1 - Dispersion | 2 - TP PT Dispersed (Drop) Phase |
| 3 - TP PT Continuous Phase | 4 - Drop-Interface Coalescence |
| 5 - Drop-Drop Coalescence | 6 - Surface Active Agents: Surfactants |
| 7 - Homophase | 8 - Mixed Surfactants |
| 9 - Synergism | 10- Interface |
| 11 - TP PT Pre-Drainage Time | 12 - TP PT Drainage Time |
| 13 - TP PT Rupturing Time | 14 - TP PT Mixing & Coalescence Time |
| 15 - TP PT Partial Coalescence | 16 - TP PT Coalescence Time |
| 17 - TP PT Not Reproducible | 18 - Partial Coalescence |
| 19 - TP PT coalescence cell | 20 - Nozzle |
| 21 - TP PT Cetyl Trimethyl Ammonium Bromide: CTAB | 22 - TP PT Sodium Dodecyl Sulfate: SDS |
| 23 - Merck | 24 - TP PT Interaction |
| 25 - TP PT Instantaneous Coalescence | 26 - Antagonism |