University of Baghdad
College of Engineering

المجلة العراقية للهندسة الكيمياوية وهندسة النفط
المجلد 8 العدد2 (حزيران 2007) 1-5

IJCPE
Iraqi Journal of Chemical and Petroleum Engineering

الإسترداد الأمثل لمذيب الزايلين المستخدم في تحضير سبيكة بولي اثيلين - بولي سايلوكسان

علي حسين عبار* وسمير حكيم كريم**

* قسم الهندسة الميكانيكية – كلية الهندسة – جامعة القادسية - العراق

** قسم الكيمياء – كلية العلوم للبنات – جامعة بغداد - العراق

الخلاصة

تناول البحث الحالي تحديد المسار التكنولوجي لاسترداد مذيب الزايلين المستخدم في تحضير السبائك البوليمرية نوع (بولي اثيلين – بولي سايلوكسان) بأعلى نسبة ممكنة.وتم ذلك من خلال دراسة تأثير المتغيرات الحاكمة باعتماد أسلوبين في الاسترداد وهما الاسترداد بالهواء الحار والاسترداد بالتبريد والترشيح . أظهرت النتائج أن اعتماد أسلوب التبريد والترشيح يعطي نتائج أفضل من حيث نسبة الاسترداد والتي بلغت 75 % ومن حيث مواصفات السبيكة البوليمرية الناتجة. وتضمنت خطوات العمل أجراء عملية الإذابة بدرجة حرارة 80 م بالنسب الوزنية التالية للمواد الداخلة : زايلين 75.8 %, بولي اثيلين 17.6 %, بولي سايلوكسان 6.6 % ولمدة ساعة واحده, يلي ذلك تبريد المزيج الناتج لفترة (24) ساعة وصولا إلى درجة حرارة الصفر المئوي ثم ترشيح الخليط تحت ضغط مخلخل – 0.4 بار لفترة 1 ساعة وتجفيف السبيكة الناتجة بدرجة حرارة 50 م لمدة ثلاث ساعات.

الكلمات المفتاحية: استرداد الزايلين، السبائك البوليمرية.

المقدمة

في عمليات تشكيل البوليمرات (Polymers Fabrication) المتمثلة بالبثق (Extrusion) والصب (Molding) يتم إضافة العديد من المواد الكيميائية التي تعمل على تحسين مواصفات البوليمر المشكل وتسهيل عملية التشكيل وتقليل المشاكل المرافقة لها إلى أدنى حد. تقسم هذه المواد إلى مجموعتين : الأولى تسمى المضافات (Additives) والتي تعمل على تحسين الخواص الفيزيائية والكيميائية والحرارية للبوليمر المشكل. والثانية تسمى بمساعدات عملية التشكيل (Processing Aids) والتي تعمل على تسهيل عملية التشكيل والتقليل من الاجهادات أثناء العملية إضافة إلى تحسين المواصفات الخارجية (السطحية) للبوليمر المشكل وهذا يؤدي بدوره إلى زيادة معدل الإنتاج والتقليل من المخلفات إضافة إلى الحصول على مظهر خارجي متجانس [1].

تعتبر البوليمرات السليكونية (Silicones) احد هذه المساعدات لعملية التشكيل والتي تلعب دورا كبيرا في عملية الإنتاج حيث تعمل على تقليل معامل الاحتكاك الديناميكي مما يزيد من سرعة الإنتاج والمليء الكامل لقالب التشكيل وسهولة الانفصال منه , كذلك يؤدي إلى خفض درجة حرارة التشكيل والعزم المستخدم في هذه العملية [2]. تستخدم الأنواع التالية من البوليمرات السليكونية كمادة مساعدة في عملية التشكيل: بولي ثنائي مثيل (Poly dimethylsiloxane PDMS)؛ البوليمر المشترك المؤلف من وحدات ثنائي فنيل سايلوكسان ووحدات مثيل فنيل سايلوكسان؛ البوليمر المشترك المؤلف من وحدات ثنائي مثيل سايلوكسان ووحدات مثيل فنيل سايلوكسان؛ او البوليمر المشترك المؤلف من وحدات ثنائي فنيل سايلوكسان ووحدات ثنائي مثيل سايلوكسان .

حيث يتم إضافة البوليمر السليكوني من الأنواع المذكورة أعلاه إلى البوليمر المشكل بنسبة تتراوح بين 1 – 5% ولا يفضل أن تكون النسبة الوزنية للبوليمر السليكوني اقل من 1% لان ذلك لا يعطي التحسين المطلوب في زاوية التماس (Contact Angle). من ناحية أخرى وجد أن زيادة النسبة إلى أعلى من 5% يؤدي إلى طفو البوليمر السليكوني على السطح الخارجي للبوليمر المشكل وهذا يؤدي بدوره إلى انخفاض قابلية الطبع عليه وقابليته كمادة مانعة للتشرب. وبصورة عامة أن زيادة

النسب عن الحد المسموح به يؤدي إلى تردي الجودة والخواص السطحية للبوليمر المشكل [3].

يتم مزج البولي سايلوكسان (البوليمر السليكوني) مع البوليمر المراد تشكيله بعدة طرق اعتمادا على الوزن الجزيئي لكلا البوليمرين ومدى التجانس أو الألفة لكلا البوليمرين للتداخل فيما بينهما لتكوين طور متجانس يعرف بالسبيكة البوليمرية (Polymeric Alloy). ففي حال كون الوزن الجزيئي للبولي سايلوكسان عالي وبحدود 400000 ولزوجة 2.5×10 7 سنتي ستوك أو ما يعرف بـ (Silicone Gum) فيتم الخلط أثناء تشكيل البوليمر باستخدام احد المعدات خاصة لهذا الغرض ليتم الحصول على البوليمر بالمواصفة المطلوبة [4]. أما في حالة كون الوزن الجزيئي للبولي سايلوكسان منخفض بحدود 12000 أو لزوجة 1000 سنتي ستوك أو ما يعرف بـ (Silicon Fluid) يتم الخلط بوجود مذيب عضوي له القدرة على إذابة كلا البوليمرين (البولي سايلوكسان والبوليمر المراد تشكيله) بشكل متجانس ثم تبخير المذيب للحصول على سبيكة بوليمرية متجانسة والتي يتم استخدامها كمادة مساعدة لعملية التشكيل عند تشكيل البوليمر الأصلي. أن السيطرة على نسبة البوليمر السليكوني في البوليمر المراد تشكيله يعتبر مهم من الناحية العملية وعلى هذا الأساس أصبح التوجه عالميا إلى أنتاج سبائك بوليمرية مركزة تعرف بالـ (Master Batch) تصل النسبة الوزنية للبوليمر السليكوني فيها إلى 50% والتي يتم إضافتها إلى البوليمر المراد تشكيله بالنسب الوزنية الملائمة للحصول على نسبة(1– 5%) للبولي سايلوكسان في البوليمر الأصلي [2].

أن اعتماد طريقة الإذابة في إنتاج السبائك البوليمرية يعتبر احد المسالك التكنولوجية الناجحة والمعتمدة عالميا وتعطي مواصفات جيدة من حيث التداخل والتجانس المطلوب . وتعتبر عملية استرداد المذيب العضوي المستخدم في تحضير هذه السبائك من العوامل الاقتصادية الهامة في تقدير كلفة أنتاج هذه السبائك وخصوصا إذا كان المذيب غالي الثمن [5].

مؤخرا قامت مجموعة بحثية عراقية في وزارة الصناعة والمعادن– شركة ابن سينا العامة [6] بتحضير سبيكة بوليمرية من البولي سايلوكسان–بولي اثيلين واطيء الكثافة تستخدم كمادة مساعدة لتشكيل أنابيب تبطين الألياف البصرية وذلك باستخدام زيت سليكوني ذو لزوجة 1000 سنتي ستوك وتقنية الإذابة باعتماد مذيبات مثل التلوين والزايلين ورابع كلوريد الكربون. حيث أظهرت النتائج إمكانية الحصول على هذه السبيكة بمواصفات جيدة عند استخدام مذيب الزايلين وأجراء عملية الإذابة بدرجة حرارة 80 م وبالنسب الوزنية التالية للمكونات الأساسية: الزايلين 77.5% والبولي اثيلين واطيء الكثافة 18% والبولي سايلوكسان لزوجة 1000 سنتي ستوك 4.5%. وكانت نسبة استرداد المذيب بحدود 30% من خلال التبخير تحت ضغط مخلخل وكانت السبيكة الناتجة حبيبية شبه متكتلة تطلب الأمر عندها أجراء سحق لها للوصول إلى المواصفة المطلوبة للحجم الحبيبي.

أن كلفة أنتاج الطن الواحد من هذه السبيكة في حالة تبخير الزايلين بدون استرداد وحسب المعلومات المستقاة من المصدر [6] كانت (4300دولار) أما في حالة استرداد 30% فتنخفض الكلفة إلى (3365 دولار). وعليه تعتبر عملية استرداد الزايلين بأعلى نسبة ممكنة ذو عامل اقتصادي مؤثر على كلفة أنتاج السبيكة البوليمرية بالمواصفات المطلوبة.

وعلى ضوء ذلك تم أجراء البحث الحالي للتعرف على الظروف التشغيلية المثلى لاسترداد أعلى نسبة ممكنة من الزايلين مع الحفاظ على نفس مواصفات السبيكة البوليمرية الناتجة من حيث النسب الوزنية والخواص الفيزيائية والكيميائية والحرارية وذلك باعتماد احد الأسلوبين التاليين في عملية الاسترداد:

1. الاسترداد بالهواء الحار (Recovery by hot air): تستند هذه الطريقة على امرار هواء ساخن داخل المزيج البوليمري المذاب في الزايلين بشكل مستمر وذلك لسحب المذيب بواسطة تبخيره وحمله مع الحفاظ على درجة حرارة المزيج البوليمري بحدود 80 م ومن ثم سحب المذيب من الهواء بواسطة تكثيفه واصطياده عبر مصيدة من الزايلين بدرجة حرارة 5 م [7].
2. الاسترداد بالتبريد والترشيح (Recovery by cooling and filtering): تستند هذه الطريقة على أجراء تبريد للمزيج البوليمري المتكون بعد عملية الإذابة إلى درجة حرارية منخفضة تصل إلى 5 م ومن ثم أجراء ترشيح تحت ضغط مخلخل لفصل الزايلين عن السبيكة البوليمرية الناتجة . بعد ذلك يتم تجفيف المادة الصلبة بدرجة حرارة لا تزيد عن 50 م لضمان الحصول على مسحوق بوليمري ذو مواصفات جيدة . أما الراشح فيتم فحصه لمعرفة نسبة زيت السليكون المتبقي فيه [8].

الجانب العملي

المواد الكيميائية

1. البولي اثيلين الواطيء الكثافة: وهو عبارة عن بوليمر خطي ذو وزن جزيئي عالي ذو صيغة جزيئية (-CH2–CH2-) تبلغ كثافته (0.915 –0.935 غم/سم3) وذو درجة انصهار بين (120–110م). تم الحصول عليه من مجمع البتروكيمياويات في البصرة.
2. زيت السليكون: وهو عبارة عن بوليمر لثنائي مثيل سايلوكسان لا يتفاعل مع المضافات الأخرى وذو لزوجة (1000 سنتي ستوك) وهو مادة غير سامة وتبلغ درجة غليانه (250م) وكثافته (0.963 غم/سم3). تم الحصول عليه من شركة ابن سينا–وزارة الصناعة والمعادن.
3. الزايلين: وهو مادة عضوية ذات صيغة كيميائية C8H10 تبلغ كثافته بدرجة حرارة الغرفة (0.86 غم/ سم3) ودرجة غليانه تتراوح بين (143 – 137 م) من أنتاج شركة Fluka.

الأجهـزة والمـعـدات

منظومة الاسترداد بالهواء الحار

اشتملت هذه المنظومة على الأجهزة والمعدات التالية:

1. دورق الإذابة: وهو دورق زجاجي دائري مصنوع من الزجاج المقاوم ذو سعة 1 لتر ومجهز بفتحتين الأولى لدخول عمود الخلط عند الإذابة وأنبوب تغذية الهواء عند الاسترداد والثانية لتثبيت المحرار الزئبقي.
2. المسخن الزيتي: وهو خزان اسطواني الشكل مجهز بهيتر تسخين كهربائي ومملوء إلى منتصفه بزيت تسخين ويبلغ مدى درجة حرارة التسخين بين (50 – 200 م).
3. المسخن الحراري: وهو مسخن نسيجي يحتوي في داخله على ملف نحاسي لتسخين الهواء.
4. خلاط كهربائي: وهو محرك كهربائي مجهز بتروس ميكانيكية للسيطرة على الخلاط المثبت فيه ضمن مدى سرعة بين (100–1000) دورة في الدقيقة.
5. مقياس جريان الهواء: يستخدم لقياس معدل جريان الهواء وهو مصنوع من الزجاج ويبلغ مداه بين (1 – 10 لتر/ دقيقة).
6. ضاغطة هواء: وهي ذات سرعة واحدة تستخدم لضغط الهواء عبر تقسيم من الصمامات لغرض السيطرة على سرعة الهواء.
7. مصيدتي الزايلين: وهي عبارة عن حاويتين زجاجيتين سعة كل منهما 1 لتر مجهزة بتقسيم لدخول وخروج الهواء.
8. مصيدة الماء: وهي عبارة عن حاوية زجاجية سعة 1 لتر مجهزة بتقسيم لدخول وخروج الهواء.
9. حوض التبريد: وهو حوض من مادة البولي ستايرين يستخدم لتبريد المصايد باستخدام الثلج.

منظومة الاسترداد بالتبريد والترشيح

اشتملت هذه المنظومة على الأجهزة والمعدات التالية:

1. دورق الإذابة: وهو دورق زجاجي دائري الشكل سعة 1 لتر ومجهز بفتحتين الأولى لدخول عمود الخلط والثانية لتثبيت المحرار الزئبقي.
2. المسخن الحراري: وهو حاضن نسيجي ذو سعة 1 لتر مجهز بهيتر كهربائي.
3. محرك الخلاط: وهو نفس الخلاط المستخدم في المنظومة الأولى.
4. حاوية التبريد: وهي عبارة عن حاوية مصنوعة من الفولاذ المطلي بالقصدير ذو سعة واحد لتر مجهز بغطاء محكم.
5. الحمام الثلجي: وهو حمام زجاجي سعة 2 لتر يحتوي على الثلج.
6. مرشح بخنر: وهو مرشح نوع بخنر يتألف من قمع فصل وترشيح من السيراميك ودورق تجميع الراشح مصنوع من الزجاج سعة واحد لتر.
7. مضخة تفريغ: وهي مضخة تفريغ مجهزة بمقياس تخلخل الضغط يصل إلى (– 0.9 بار) .
8. المجفف: وهو مجفف ذو الصواني تتراوح درجة حرارة التجفيف فيه بين (25 – 250 م).

خطـــوات العمـــــل

الاسترداد بالهواء الحار

1. توزن الكميات المطلوبة من البولي اثيلين وزيت السليكون والزايلين وتوضع في دورق الإذابة وتجري عملية الخلط فيه بعد وضعه في المسخن الزيتي بدرجة 100 م لمدة ساعة كاملة.
2. في غضون ذلك يتم تهيئة المصايد وإملائها بثلثي حجمها الفعلي ووضعها في حوض التبريد .
3. تهيأة الهواء وتسخينه إلى درجة الحرارة المطلوبة.
4. امرار الهواء الساخن في الخليط بمعدل جريان ثابت وأجراء عملية الاسترداد لفترة زمنية محددة.
5. يحسب حجم الزايلين المسترد وتوزن المادة الصلبة المتبقية وترسل نماذج لغرض الفحص والتقييم.

الاسترداد بالتبريد والترشيح

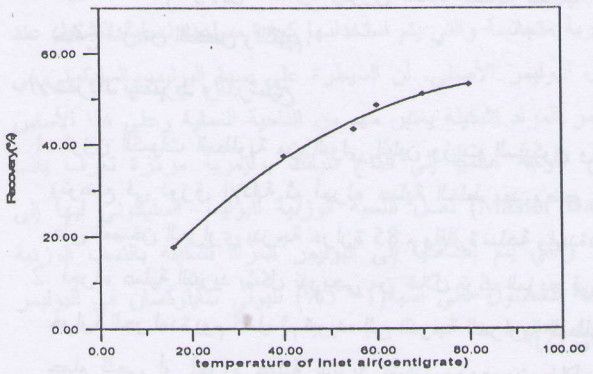
1. توزن الكميات المطلوبة من البولي اثيلين وزيت السليكون والزايلين وتوضع في دورق الإذابة ثم أجراء عملية الخلط بعد وضع الدورق على المسخن الحراري بدرجة حرارة 85 م ولفترة ساعة واحدة.
2. أجراء عملية التبريد بشكل تدريجي من خلال ترك المزيج في درجة حرارة الجو لمدة يوم كامل ثم تبريده إلى الدرجة الحرارية المطلوبة في حمام ثلجي أو أجراء عملية التبريد بشكل سريع من خلال وضع الدورق في حمام ثلجي مع الخلط إلى أن يتم الوصول إلى الدرجة الحرارية المطلوبة.
3. أجراء عملية ترشيح باستخدام مرشح بخنر وتحت ضغط مخلخل ولمدة ساعة واحدة.
4. حساب حجم الراشح الناتج ووزن المادة الصلبة الناتجة في حالتها الرطبة والجافة بعد تجفيفها بدرجة حرارة لا تزيد عن 50 م لمدة ثلاث ساعات مع التحريك المستمر.
5. اخذ نماذج من الراشح والمادة الصلبة لغرض الفحص والتقييم.

النتـائـج والمنـاقشـــة

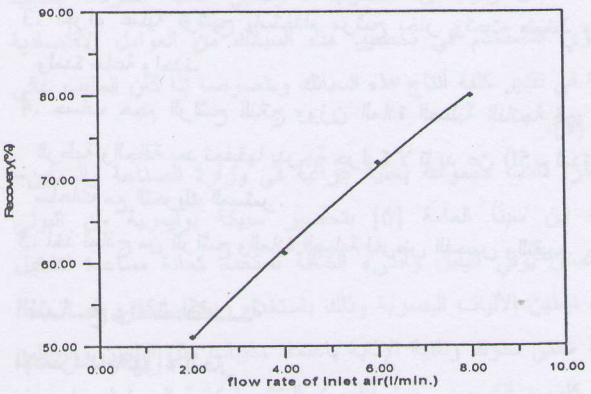
الإسترداد بالهواء الحار

تم دراسة تأثير كل من معدل جريان الهواء ودرجة حرارته على نسبة الاسترداد مع الحفاظ على درجة حرارة المزيج البوليمري عند 80 م. يوضح الشكل رقم 1 تأثير درجة حرارة الهواء على نسبة الاسترداد عند معدل جريان ثابت مقداره 2 لتر / دقيقة. حيث لوحظ ان زيادة درجة الحرارة الهواء الداخل يؤدي الى زيادة نسبة الاسترداد والتي بلغت

الضعف (37.5%) عند استخدام هواء حار بدرجة حرارة 40 م بدلا من 16 م , مع ذلك لا يفضل استخدام درجات حرارية أعلى من 70 م لان ذلك يؤدي إلى تكتل المادة البوليمرية الناتجة مما يصعب تفتيتها وتحويلها إلى مسحوق بالرغم من الحصول على نسبة استرداد تتجاوز 50% عند هذه الدرجة . يشير الشكل رقم 2 إلى تأثير معدل جريان الهواء الداخل على نسبة الاسترداد عند امرار هواء ساخن عند درجة حرارة 70 م حيث لوحظ أن السلوك العام مشابه لما هو عليه في تأثير درجة الحرارة على نسبة الاسترداد إلا انه أكثر انحدارا وأمكن الحصول على نسبة استرداد بحدود 80% عند استخدام معدل جريان 8 لتر / دقيقة إلا أن المادة كانت شبه متكتلة وعليه لا يفضل أن يتجاوز معدل الجريان 6 لتر / دقيقة لضمان الحصول على سبيكة بوليمرية بالمواصفة المطلوبة وبنسبة استرداد تصل إلى 70% بشرط أن تجري الإذابة بدرجة حرارة 80 م .



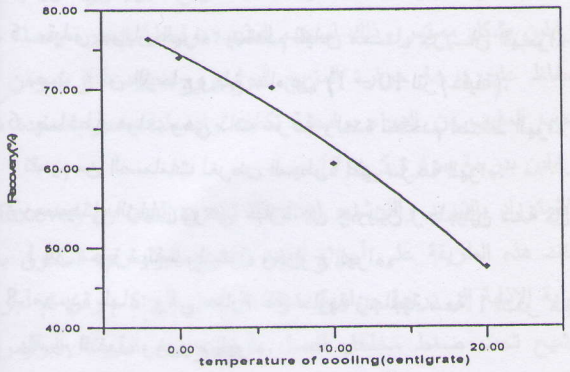
شكل 1 تأثير درجة حرارة الهواء الداخل على نسبة استرداد الزايلين عند معدل جريان ثابت للهواء الداخل مقداره 2 لتر/دقيقة



شكل 2 تأثير معدل جريان الهواء الداخل على نسبة استرداد الزايلين عند درجة حرارة 70م للهواء الداخل

الإسترداد بالهواء الحار

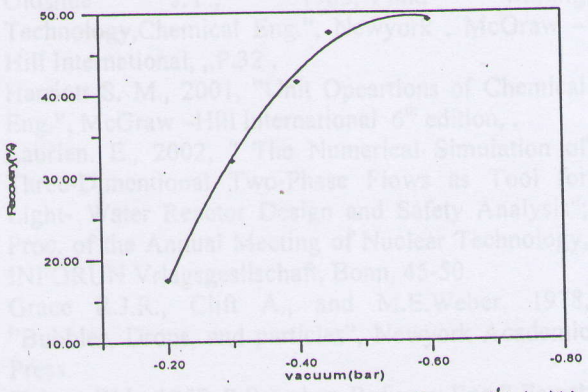
في هذا المسار تم دراسة تأثير ثلاث عوامل أساسية حاكمة على عملية الاسترداد وهي درجة حرارة التبريد ومقدار التفريغ أو التخلخل بالضغط أثناء الترشيح وزمن الترشيح. يوضح الشكل رقم 3 تأثير زيادة التخلخل بالضغط أثناء عملية الترشيح على نسبة الاسترداد عند أجراء تبريد بدرجة حرارة 20 م وزمن 1 ساعة . حيث أظهرت النتائج زيادة نسبة الاسترداد كلما ازداد التخلخل بالضغط وتم الحصول على نسبة استرداد أكثر من الضعف 41.5 % عند أجراء الترشيح تحت ضغط مخلخل (-0.4 بار) مقارنة بـ (- 0.2 بار). من جهة أخرى أظهرت النتائج أن نسبة زيت السليكون في الراشح (الزايلين) تزداد عند زيادة تخلخل الضغط ألا إن هذا الأمر لا يؤثر على مواصفة السبيكة البوليمرية الناتجة طالما بالامكان معالجته من خلال زيادة نسبة الزيت عند الإذابة من 4.5 إلى 6.6 % والذي يرافقه إيجابا زيادة طفيفة في نسبة الاسترداد . هذا بالإضافة إلى أمكانية استخدام الزايلين المسترجع (الراشح) مرة أخرى في عملية الإذابة وهذا ينعكس بدوره على الاستغلال الامثل للطاقة والمادة.



شكل 3 تأثير زيادة التخلخل بالضغط على نسبة استرداد الزايلين عند التبريد بدرجة حرارة 20م لمدة ساعة واحده

أن زيادة تخلخل الضغط أكثر من (-0.45 بار) يؤدي الى زيادة طفيفة في نسبة الاسترداد لذا يفضل اعتماد تخلخل ضغط بحدود (- 0.45 بار) أثناء عملية الترشيح . يشير الشكل رقم 4 الى تأثير درجة حرارة التبريد على نسبة الاسترداد تحت ضغط مخلخل ثابت (- 0.45 بار) عند الترشيح. حيث لوحظ إن انخفاض درجة حرارة التبريد يؤدي إلى زيادة نسبة الاسترداد ومن خلال المعاينة الدقيقة نجد انه بدرجة حرارة صفر مئوي تم الحصول على نسبة استرداد مقاربة للضعف (74%) مقارنة بدرجة حرارة 20 م. إن سبب ذلك يعود إلى العلاقة الطردية بين ذوبانية كل من البولي اثيلين وزيت السليكون. من جهة أخرى لوحظ أن استخدام درجة حرارة أدنى من صفر مئوي يؤدي إلى حصول صعوبات عملية في الترشيح مع زيادة طفيفة في نسبة الاسترداد لذلك لا يفضل أجراء الترشيح بدرجة حرارة اقل من صفر مئوي. الجدول رقم 1 يشير إلى تأثير زمن التبريد على نسبة الاسترداد عند درجة حرارة صفر مئوي وتخلخل ضغط (- 0.45 بار). حيث أظهرت النتائج إلى أن أجراء عملية

التبريد بشكل بطيء يعطي ناتج أفضل من حيث تجانس المادة وعدم تكتلها أثناء التجفيف. أن سبب ذلك ربما يعود إلى تكون طور متجانس بين البولي اثيلين وزيت السليكون , مع ذلك فان تأثير زمن التبريد على نسبة الاسترداد ليس بنفس الحدة مقارنة بدرجة حرارة التبريد إلا أن التبريد البطيء يعطي مواصفات جيدة للسبيكة الناتجة.



شكل 4 تأثير درجة حرارة التبريد على نسبة استرداد الزايلين تحت تخلخل ضغط ثابت(- 0.45 بار) لمدة ساعة واحده

جدول 1 تأثير زمن التبريد على نسبة الاسترداد

الزمن (ساعة)	نسبة الاسترداد (%)
1	74
5	75,1
24	75,7

الظروف التشغيلية المناسبة

من خلال المقارنة بين النتائج المستحصلة لكلا المسارين نجد إن الاسترداد من خلال أجراء التبريد والترشيح يعطي مواصفة جيدة للسبيكة البوليمرية مع نسبة استرداد عالية نوعا ما مقارنة بأسلوب الاسترداد بالهواء الحار. وعليه يمكن اعتماد الظروف التشغيلية التالية كأفضل ظروف لتحضير سبيكة بوليمرية بمواصفات جيدة: النسبة الوزنية للبولي سايلوكسان 6.6 %، النسبة الوزنية للبولي اثيلين 17.6%، النسبة الوزنية للزايلين 75.8%، درجة حرارة الإذابة 80م، درجة حرارة التبريد صفر مؤوي، زمن التبريد 24 ساعة، مقدار التخلخل بالضغط إثناء الترشيح، زمن الترشيح ساعة واحدة، ودرجة حرارة التجفيف 50م.

الاستنتاجات

1. إن زيادة درجة حرارة الهواء يؤدي الى زيادة نسبة الاسترداد ويرافق ذلك زيادة في تكتلية السبيكة البوليمرية.
2. إن استخدام معدلات جريان عالية للهواء يحسن من عملية الاسترداد إلا انه يزيد من نسبة زيت السليكون والبولي اثيلين في الزايلين المسترجع مع زيادة التكتل في السبيكة الناتجة.
3. إن أجراء تسخين خارجي للخليط البوليمري أثناء عملية الاسترداد بالهواء الحار يسرع من عملية الاسترداد الا انه يجعل المادة الناتجة أكثر صلابة وتلتصق بكمية اكبر على الجدار.
4. إن كلا من درجة حرارة التبريد ومقدار التخلخل في الضغط تعتبر من العوامل الحاكمة والمسيطرة على عملية الاسترداد حيث تزداد نسبة الاسترداد بانخفاض درجة حرارة التبريد وزيادة الضغط المخلخل عند الترشيح.
5. أن أجراء عملية التبريد بشكل بطيء وتدريجي يؤدي إلى الحصول على سبيكة بوليمرية ذات مواصفات جيدة.
6. أظهرت الدراسة البحثية الحالية إلى أن أسلوب الاسترداد بالتبريد والترشيح يعتبر الأفضل مقارنة بأسلوب الاسترداد بالهواء الحار بسبب امكانية الحصول على السبيكة البوليمرية بهيئة مسحوق بشكل مباشر مع نسبة استرداد أعلى نسبيا.
7. الظروف التشغيلية المثلى لاسترداد الزايلين بالتبريد والترشيح بأعلى نسبة 75 % تتمثل بأجراء عملية الإذابة بدرجة حرارة 80 م وبنسبة زيت سليكوني 6.6% بدلا من 4.5% وأجراء عملية التبريد بدرجة حرارة صفر مئوي لمدة 24 ساعة والترشيح تحت ضغط مخلخل (-0.45 % بار) لمدة ساعة واحدة.

المصادر

1. N.P.Chermisin,"polymer blends and alloys handbook of engineering polymeric Materials", Marcel Decker inc., 1997.
2. D.E.Havenstein, US. Pat. 5,708, 085, 1998.
3. D.E.Havenstein, US. Pat. 5,708, 084, 1998.
4. P.S.Levny and N.Y. Errol, US. Pat. 4,857, 593, 1989.
5. W.D.Lawson, US. Pat. 2,655, 489, 1953.
6. التقرير الفني لتحضير السبيكة البوليمريه, د.مؤيد كاصد جلهوم واخرون, شركة ابن سينا العامة/ وزارة الصناعة والمعادن,2001.
7. James G. Speoght, "chemical process and design handbook" McGraw-hill publishing,(2002),p.312
8. James G. Speoght, "chemical process and design handbook" McGraw-hill publishing, (2002), p.312.