[19] **المملكة العربية السعودية** SA
مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية

[11] **رقم البراءة:** ١٩٧٥
[45] **تاريخ المنح:** ١٤٢٩/٠٣/١٧ هـ
الموافـــق: ٢٠٠٨/٠٣/٢٥ م

[12] براءة اختراع

[72] **اسم المخترع:** كويجي يونـــو، هـــارونوري هيـــراو، ناوكي سيراتا، تاكيشي يوكوجوشيا

[73] **مالك البراءة:** نيبون شوكوباي كو.، ليمتد.
عنوانه: ١-١، كوراباشي ٤-شوم، شيو-كو، اوساكا-شي، ٥٤١-٠٠٤٣، اوساكا، اليابان

[74] **الوكيل:** سليمان ابراهيم العمار

[21] **رقم الطلب:** ٠٤٢٥٠١٤٧

[22] **تاريخ الإيداع:** ١٤٢٥/٠٤/١٧ هـ
الموافق: ٢٠٠٤/٠٦/٠٥ م

[30] **بيانات الأسبقية:**
٢٠٠٣/٠٦/٠٥م اليابان [JP] ١٦٠٧٧٣

[51] **التصنيف الدولي**[٨] :
Int. Cl.[8]:C07C 51/16, 51/42

[56] **المراجع:**
براءة أمريكية ٤٣١٧٩٢٦ ١٩٨٢/٠٣/٠٢م
براءة أمريكية ٥٨٣١١٢٤ ١٩٩٨/١١/٠٣م

اسم الفاحص: عادل بن عبدالله السليمان

[54] **اسم الاختراع:** طريقـــة لإنتـــاج حمـــض أكريليـــك acrylic acid

[57] **الملخص:** يتعلق الاختراع بطريقة لإنتاج حمض الأكريليك acrylic acid باستخدام محلول يحتوى على حمض الأكريليك acrylic acid بتركيز مرتفع دون تقطير أزيوتروبى azeotropic distillation. وتشتمل هذه الطريقة على إدخال الغاز المحتوى على حمض الأكريليك acrylic acid ، والذي تم الحصول عليه بتفاعل أكسدة ذي طور غازي حفزي catalytic gas phase oxidation، وذلك في عمود للامتصاص absorption column ، مع إمداد المحلول المحتوى على حمض الأكريليك acrylic acid إلى خطوة التبلر crystallization، حيث يتم فصل المحلول إلى حمض أكريليك acrylic acid وسائل أساسي متبقي. ويتم تقطير جزء على الأقل من هذا السائل المتبقي وتدوير ناتج التقطير الذي تم الحصول عليه بالتقطير إلى عمود الامتصاص absorption column .

٧ عناصر حماية، شكلين

طريقة لإنتاج حمض أكريليك acrylic acid

الوصف الكامل

خلفية الاختراع

يتعلق هذا الاختراع بطريقة لإنتاج حمض الأكريليك acrylic acid بكمية كبيرة عن طريق تعريض محلول يحتوى على حمض الأكريليك acrylic acid يتم الحصول عليه بواسطة الامتصاص بالماء لخطوة تبلر يتم فيها الحصول على بللورات حمض الأكريليك acrylic acid مع سائل بللوري أصلي crystal mother liquid ، ثم يجرى بعد ذلك تدوير هذا السائل البللوري الأصلي crystal mother liquid إلى عمود للامتصاص absorption column حيث يتم هنا تعزيز نسبة امتصاص حمض الأكريليك acrylic acid .

يعتمد الإنتاج التجاري لحمض الأكريليك acrylic acid بصفة عامة على طريقة لتأكسد البروبيلين propylene oxidation تشتمل على تعريض البروبيلين propylene و/أو الأكرولين acrolein لأكسدة حفزية في الطور الغازي catalytic gas phase oxidation . وعندما يتم إنتاج حمض الأكريليك acrylic acid بهذه الطريقة التي تقوم على تأكسد البروبيلين propylene oxidation ، فإن خطوة تأكسد البروبيلين propylene oxidation تؤدي هنا إلى تكون شوائب مثل الماء؛ وأحماض مثل حمض البروبيونيك propionic acid ، و حمض الأسيتيك acetic acid ، و حمض الماليك maleic acid ؛ و الدهيدات aldehydes مثل الأسيتون acetone، و الأكرولين acrolein ، و الفورفورال furfural ، و الفورمالدهيد formaldehyde في شكل منتجات ثانوية. ويتم امتصاص الغاز المحتوى على تلك المنتجات الثانوية، وذلك في صورة

محلول يحتوى على حمض الأكريليك acrylic acid عن طريق التلامس مع مادة ماصة، وبعد ذلك، يتم فصل المحلول الناتج عن طريق التقطير، الخ.

وهناك طريقة معروفة -على سبيل المثال- لإنتاج حمض أكريليك acrylic acid ذي درجة نقاء عالية بامتصاص غاز يحتوي على حمض الأكريليك acrylic acid والناتج عن أكسدة حفزية في الطور الغازي catalytic gas phase oxidation بواسطة مذيب ذى درجة غليان عالية، ثم تقطير المحلول المحتوى على حمض الأكريليك acrylic acid لفصله إلى مذيب وحمض أكريليك acrylic acid خام، وبعد ذلك يخضع حمض الأكريليك acrylic acid الخام لعملية تبلر (البراءة اليابانية رقم ٢٢٧٤٤٥-١٩٩٧-أ). وبهذه الطريقة يتم تبريد الغاز المتبقي المحتوى على حمض الأكريليك acrylic acid والذي لم يخضع لعملية امتصاص بواسطة المذيب ذي درجة الغليان العالية، ويتحول بذلك إلى ناتج تكثيف يحتوى على الماء، والفورمالدهيد formaldehyde ، وحمض الأسيتيك acetic acid ، ويتم التخلص من هذا المنتج خارج الجهاز. فضلاً عن ذلك فإنه عند تدوير السائل البللوري الأصلي crystal mother liquid إلى عمود الامتصاص absorption column يحدث هنا تعزيز لعملية فصل المكونات المتنوعة المشتركة عن طريق كشط وانتزاع المادة التي لها درجة الغليان المنخفضة.

وهناك طرق معينة يتم بها إنتاج حمض الأكريليك acrylic acid عن طريق التبلر المباشر للمادة المتكثفة الناتجة عن تكثيف الغاز المحتوى على حمض الأكريليك acrylic acid (راجع الجريدة الرسمية لمنشورات براءات الاختراع الدولية التي لم يتم فحصها، وبراءة الاختراع اليابانية رقم ٥١٤٠٧٧-٢٠٠٠ ، وبراءة الاختراع اليابانية رقم ٥١٦٧٣٦-٢٠٠١ ، وبراءة الاختراع اليابانية رقم ٥٢١٣٥٣-٢٠٠٢). وعند تبريد المحلول في خطوة التبلر في غياب المذيب العضوي أو مادة الاستخلاص، تتصلد البللورات بدلاً من أن تترسب، ومن هنا يتم استخدام

المذيب العضوي لمنع هذا التصلد. وقد وجد أنه يمكن بشكل مباشر تبلر حمض الأكريليك acrylic acid من ناتج تكثيف الغاز المحتوى على هذا الحمض، وهى طرق مفضلة تتميز بعدم حتمية إضافة مادة تكميلية. وفي الطريقة التي جاء وصفها في براءة الاختراع اليابانية رقم ٥١٤٠٧٧-٢٠٠٠ يتم تدوير جزء من السائل البللوري الأصلي crystal mother liquid إلى خطوة للتبلر، وفي الطريقة التي جاء وصفها في البراءة اليابانية رقم ٥١٦٧٣٦-٢٠٠١ وفي البراءة اليابانية رقم ٥٢١٣٥٣-٢٠٠٢ تعتمد الإجراءات هنا على التكثيف التجزيئي للمكونات ذات العلاقة على العكس من عملية التكثيف المعتادة.وبشكل محدد يتم هنا فصل حمض الأكريليك acrylic acid في شكل جزء ذي درجة غليان متوسطة، واستبعاد الجزء ذى درجة الغليان المنخفضة والذي يحتوى على حمض الأكريليك acrylic acid مثل مياه المخلفات، مع إعادة تدوير جزء من المادة التي لها درجة الغليان العالية والمحتوية على حمض الأكريليك acrylic acid والتخلص مما تبقي منها.

وهناك طريقة معروفة يتم بها إنتاج حمض الأكريليك acrylic acid عن طريق التبريد المفاجئ لغاز يحتوى على حمض الأكريليك acrylic acid باستخدام جهاز تبريد يعمل بالرش، وإجراء تكثيف إضافي للغاز المخمدّ ومن ثم يتكون حمض أكريليك acrylic acid خام، مع تبلر هذا الحمض (راجع الجريدة الرسمية لمنشورات براءة الاختراع الدولية التي لم يتم فحصها رقم ٥٣٩١٠٤-٢٠٠٢). وقد تم تقويم هذه الطريقة بحيث يمكن بشكل فعال الاستفادة من أوليجومر oligomer حمض الأكريليك acrylic acid الذي يتكون أثناء خطوة إنتاج حمض الأكريليك acrylic acid . ويستخدم هنا السائل القاعدي المحتوى على أوليجومر oligomer حمض الأكريليك acrylic acid ليعمل بمثابة سائل لتخميد الغاز المحتوى على حمض الأكريليك acrylic acid ، كما يتم سحب جزء من سائل التخميد في شكل سائل متدفق، وتحليل

أوليجومر oligomer حمض الأكريليك acrylic acid إلى حمض الأكريليك acrylic acid ، وتكثيف الحمض الناتج باستخدام ناتج التكثيف كسائل للإخماد.

هناك طريقة لإنتاج حمض الأكريليك acrylic acid تشتمل على تقطير السائل الأصلي الذي تم الحصول عليه أثناء تبلر خليط يحتوى على حمض الأكريليك acrylic acid ، حيث يتم الحصول على مادة متبقية في عملية التقطير distillation ومنتج موجود أعلى قمة العمود column top ، مع إعادة تبلر recrystallizing جزء من المنتج الموجود أعلى قمة العمود، وهذا ما تم الكشف عنه في الجريدة الرسمية لمنشورات براءات الاختراع اليابانية التي لم يتم فحصها برقم ٢٠٠٢-٥١٩٠٤٢. وتهدف هذه الطريقة إلى زيادة درجة نقاء حمض الأكريليك acrylic acid عن طريق تقطير جزء على الأقل من السائل الأصلي الحادث أثناء التقطير الأول، وتبلر المنتج الموجود أعلى قمة العمود والمتكون أثناء عملية التقطير، وإعادة تدوير البللورات الناتجة إلى عملية التبلر الأوّلي، ثم التخلص من بقايا التبلر واستبعادها خارج الجهاز.

وعندما يمكن استخدام محلول مائي كمادة ماصة لحمض الأكريليك acrylic acid بدلاً من استخدام المذيبات المكلفة ذات درجة الغليان المرتفعة، فإن استخدام هذا المحلول المائي يكون اقتصادياً، وبخاصة عندما تكون له القدرة على امتصاص المحلول المحتوى على حمض الأكريليك acrylic acid بتركيز مرتفع. كما يعد استخدام المحلول المائي فعالاً من حيث قدرته على تقليل حجم المعالجات في خطوات التنقية التالية. وهكذا، فإنه عند امتصاص غاز يحتوى على حمض الأكريليك acrylic acid الناتج عن أكسدة حفزية في الطور الغازي catalytic gas phase oxidation في محلول مائي، تم اقتراح الطريقة التي تؤدي إلى توفير ماء مستخلص ناتج عن خطوة للنزع الأزيوتروبي azeotropic dehydration للماء لعمود الامتصاص absorption column ، كما تؤدي أيضاً إلى توفير محلول يحتوى على حمض

الأكريليك acrylic acid في عمود الكشط، مع الحصول على محلول حمض أكريليك acrylic acid يحتوى على الحمض المذكور بنسبة وزنية قدرها ٧٠,٩٪، مع نسبة وزنية من الماء قدرها ٢٥,٦٪، ونسبة وزنية من حمض الأسيتيك acetic acid قدرها ٢٪ من أسفل عمود النزع (راجع براءة الاختراع اليابانية رقم ١٩٩٩٣١-٢٠٠١). وقد أدت هذه الطريقة إلى الحصول على حمض أكريليك acrylic acid منقى عن طريق إخضاع المحلول المحتوى على حمض الأكريليك acrylic acid لعملية نزع أزيوتروبي azeotropic dehydration للماء، تليها خطوة التبلر crystallization.

ومع ذلك، فإن الطرق التي تم الكشف عنها في براءات الاختراع المذكورة عاليه تحتاج إلى مذيب عضوي مكلف، ويتبع ذلك ضرورة إجراء عملية إضافية مثل إعادة تنقية المذيب العضوي المستخدم (براءة الاختراع اليابانية رقم ٢٢٧٤٤٦-١٩٩٧ ، ورقم ١٩٩٩٣١-٢٠٠١)، أو إجراء عملية تكثيف تجزيئي معقدة تختلف عن عمليات التكثيف العادية مما يزيد من تكاليف المعدات. وفضلاً عن ذلك، وحيث يتم التخلص من الأجزاء المفصولة التي تختلف عن المكونات المستهدفة فإن تلك الأجزاء تحتوى على كميات هائلة من حمض الأكريليك acrylic acid ، ومن ثم فإنه تقل هنا نواتج التقطير وتحتاج الأجزاء المذكورة عاليه إلى التخلص من الفضلات (راجع الجريدة الرسمية لمنشورات براءات الاختراع التي لم يتم فحصها، وبراءات الاختراع اليابانية رقم ٥١٦٧٣٦-٢٠٠١ ، ورقم ٥٢١٣٥٣-٢٠٠٢ ، ورقم ٥٣٩١٠٤-٢٠٠٢).

وفي مثل هذه الظروف الحالية كان البحث هنا عن طريقة لإنتاج حمض أكريليك acrylic acid بدرجة نقاء عالية وبكمية كبيرة باستخدام جهاز مبسط.

وصف عام للاختراع

وجد المخترع أن المحلول المحتوى على حمض الأكريليك acrylic acid والذي تم الحصول عليه بواسطة محلول مائي ماص أثناء إنتاج حمض الأكريليك acrylic acid يمكن أن يخضع في صورته غير المعدلة إلى معالجة للتبلر، بحيث تكون للسائل الأصلي المتبقي أثناء خطوة التبلر القدرة على تعزيز نسبة الامتصاص لحماض الأكريليك acrylic acid عن طريق تدويره إلى عمود الامتصاص absorption column ، وبحيث يمكن بالتالي تقليل كمية الفقد الحادث في حمض الأكريليك acrylic acid . وقد تم توجيه هذا الاختراع على أساس تلك المعرفة.

ووفقاً لهذا الاختراع يمكن معالجة المحلول المحتوى على حمض الأكريليك acrylic acid والذي تم امتصاصه بالماء، وذلك من خلال علمية تبلر تهدف إلى إنتاج حمض الأكريليك acrylic acid دون إجراء عملية نزع أزيوتروبي azeotropic dehydration للماء في نفس الوقت.

ويعتبر هذا الاختراع مناسباً لتنقية محلول يحتوى على حمض الأكريليك acrylic acid بتركيز عالٍ بوجه خاص. ويمكن الحصول على مثل هذا التركيز العالي لحمض الأكريليك acrylic acid وذلك عن طريق تقطير السائل الأصل المتبقي والذي تم الحصول عليه بعملية التبلر وتدوير ناتج التبلر الناتج إلى عمود الامتصاص absorption column . ويقدم هذا الاختراع طريقة لإنتاج حمض الأكريليك acrylic acid بسرعة وبكفاءة إنتاجية عالية مع تقليل الفقد الحادث في حمض الأكريليك acrylic acid ، وسيتم فيما يلي وصف هذه الطريقة بالتفصيل.

شرح مختصر للرسومات

شكل (١): عبارة عن رسم تخطيطي للعملية يوضح أحد أمثلة الطريقة المفضلة لنموذج هذا الاختراع.

شكل (٢): عبارة عن رسم تخطيطي لعملية إنتاج حمض الأكريليك acrylic acid والمستخدم في مثال -٢ في هذا الاختراع.

الوصف التفصيلي :

يتجه الجانب الأول من هذا الاختراع نحو طريقة لإنتاج حمض الأكريليك acrylic acid ، وتشتمل الطريقة على:

(أ) إدخال غاز يحتوى على حمض الأكريليك acrylic acid والذي تم الحصول عليه بتفاعل أكسدة حفزية في الطور الغازي catalytic gas phase oxidation لمادة خام من حمض الأكريليك acrylic acid إلى عمود امتصاص absorption column ، والسماح للغاز بأن يتلامس مع محلول مائي، ومن ثم يتم الحصول على محلول يحتوى على حمض الأكريليك acrylic acid .

(ب) إمداد المحلول المحتوى على حمض الأكريليك acrylic acid إلى خطوة لتبلر وفصل المحلول إلى حمض أكريليك acrylic acid وسائل أصلي متبقي.

(ج) إخضاع جزء على الأقل من السائل الأصلي المتبقي لعملية تقطير، مع تدوير ناتج التقطير الذي تم الحصول عليه إلى عمود الامتصاص absorption column في الخطوة (أ) أعلاه.

وتكمن السمة المميزة لهذا الاختراع في معالجة تتم بها تبلر المحلول المحتوى على حمض الأكريليك acrylic acid باستخدام محلول مائي، وتقطير المحلول الأصلي المتبقي والذي تم الحصول عليه أثناء المعالجة بالتبلر crystallizing treatment ، تم تدوير ناتج التقطير إلى عمود الامتصاص absorption column . وقد سادت حتى الوقت الحاضر العملية التي تتمثل في إضافة ملح إلى المحلول المحتوى على حمض الأكريليك acrylic acid بغرض عمل تحلل لنظام تصلدى للماء المحتوى على حمض الأكريليك acrylic acid / حمض الأكريليك acrylic acid ، ومعالجة المحلول قبل خطوة التبلر بغرض استبعاد تأثير المحتوى المائي على معالجة التبلر crystallizing treatment ، وإجراء معالجة التبلر crystallizing treatment بعد إزالة المادة التي لها درجة الغليان المنخفضة والمادة التي لها درجة الغليان المرتفعة. ومع ذلك فإن هذا الاختراع يمكنّ من إنتاج حمض أكريليك acrylic acid ذي درجة نقاء عالية وذلك بعملية بسيطة يستخدم فيها محلول يحتوى على حمض الأكريليك acrylic acid ويتم الحصول عليه عن طريق امتصاص غاز يحتوى على حمض الأكريليك acrylic acid بواسطة محلول مائي قبل إزالة الماء والمادة التي لها درجة الغليان العالية، ثم يخضع المحلول في صورته غير المعدلة لمعالجة تبلر، ويتم تقطير السائل الأصلي المتبقي والمتكون أثناء المعالجة بالتبلر crystallizing treatment ، مع تدوير ناتج التقطير إلى عمود الامتصاص absorption column . وفضلاً عن ذلك يمكن الحصول على ناتج التقطير المحتوى على الماء وحمض الأسيتيك acetic acid وذلك بتقطير السائل الأصلي المتبقي والذي تم الحصول عليه أثناء معالجة التبلر crystallizing treatment ، وهنا يمكن زيادة كفاءة الامتصاص لحمض الأكريليك acrylic acid عن طريق تدوير ناتج التقطير إلى عمود الامتصاص absorption column . ويمكن كذلك منع تراكم المادة التي لها درجة الغليان العالية في عمود الامتصاص absorption column ، وذلك من أجل زيادة تركيز حمض الأكريليك acrylic acid في السائل القاعدي لعمود الامتصاص absorption column .

بالإضافة إلى ذلك، يمكن تحلل تلك المكونات الفعالة مثل حمض الأكريليك acrylic acid ثنائي الصيغة الجزيئية والتي توجد في السائل الأصلي المتبقي إلى حمض أكريليك acrylic acid عن طريق خطوة يتم فيها تحلل المركب ثنائي الصيغة الجزيئية لحمض الأكريليك decomposing acrylic acid dimer . وعند تدوير منتج التحلل إلى عمود التقطير distillation column فإنه يتم تدويره بشكل تلقائي نحو عمود الامتصاص absorption column ، ومن ثم يتبلر هذا المنتج ويتم استخلاصه في شكل منتج نهائي لحمض الأكريليك acrylic acid . وهناك مثال للطريقة المفضلة لتجسيد هذا الاختراع، وسوف يتم وصفه لاحقاً استناداً إلى الشكل (١).

يتم أولاً خلط غاز يحتوى على أكسجين جزيئي molecular oxygen مثل الهواء (٣)، ومادة خام من حمض الأكريليك acrylic acid (١) مثل البروبيلين propylene و/أو الأكرولين acrolein ، ومع غاز مخفف (٥). وفي هذه الخطوة يتم خلط غاز إعادة التدوير recycle gas (٣٤) الذي يخضع لخطوة امتصاص حمض الأكريليك acrylic acid ثم يصرّف لاحقاً خلال قمة عمود الامتصاص absorption column ، وذلك مع الهواء، و/أو البروبيلين propylene ، و/أو الأكرولين acrolein ، و/أو مع غاز التخفيف وفي هذه الحالة يمكن استخدام غاز إعادة التدوير recycle gas (٣٤) كغاز للتخفيف. ويتم إمداد هذا الغاز المخلوط (يشار إليه فيما بعد وبشكل عارض بـ "غاز المادة الخام raw material gas ")، وذلك إلى المفاعل reactor (٢٠) المعبأ بمحفّز catalytic (١٠) لأكسدة حفزية في الطور الغازي catalytic gas phase oxidation ، حيث يتعرض فيه لتفاعل أكسدة حفزية في الطور الغازي catalytic gas phase oxidation للحصول على غاز يحتوى على حمض الأكريليك acrylic acid (٢٥). ويتم إمداد هذا الغاز (٢٥) إلى عمود للامتصاص absorption column (٣٠) عن طريق قاعدة هذا العمود، مع إمداد المحلول المائي الماص absorbing aqueous solution (٣٣) إلى عمود الامتصاص absorption column

(٣٠) عن طريق قمة هذا العمود، وينتج عن ذلك تلامس متبادل بين الغاز المحتوى على حمض الأكريليك acrylic acid (٢٥) وبين الغاز المائي الماص absorbing aqueous gas (٣٣). وإلى عمود الامتصاص absorption column (٣٠) يتم إمداد ناتج التقطير distillate (٧١) من عمود التقطير distillation column (٧٠)، وهو ما سيم وصفه بشكل محدد فيما بعد، مع السائل الأصلي المتبقي من جهاز التبلر crystallizing device crystallizing device (٥٠) المذكور أدناه. ومن الغاز (٣٢) المنصرف من قمة عمود الامتصاص absorption column (٣٠) يتم فقط إدخال غاز إعادة التدوير recycle gas (٣٤) إلى عمود التبريد cooling column (٣٦) حيث يحدث هنا التبريد من خلال تلامس الغاز –السائل gas-liquid contact مع الماء الماص absorbing water (٣٣) المزود إلى الجهاز بغرض حث عملية تكثف المادة القابلة للتكثيف الموجودة في غاز إعادة التدوير recycle gas (٣٤)، ومن ثم يتم تدويرها إلى التفاعل reactor (٢٠). وقد يخلط ناتج التكثف مع الماء الماص (٣٣) الذي يتم إمداده في صورة محلول مائي ماص (٣٣) إلى عمود الامتصاص absorption column (٣٠). وفي هذه المواصفة هناك جزء من غاز التصريف (٣٢) الناتج من قمة عمود الامتصاص absorption column (٣٠)، وتحديداً غاز العادم الذي يتم إعادة تدويره إلى المفاعل، يشار إليه بـ "غاز التدوير recycle gas "، ويشار إلى جزء آخر منه، وتحديداً الغاز الذي يتم التخلص منه خارج الجهاز، بـ "غاز النفاية waste gas ". وعند تدوير ناتج التقطير (٧١) لعمود التقطير distillation column بالطريقة التي جاء وصفها عاليه، مع تبريد غاز إعادة التدوير recycle gas أيضاً (٣٤) فإنه يمكن هنا الحصول على محلول يحتوى على حمض الأكريليك acrylic acid (٣٥) بتركيزات عالية عن طريق قاعدة عمود الامتصاص absorption column .

ويتم إمداد المحلول المحتوى على حمض الأكريليك acrylic acid (٣٥) إلى عمود فصل الأكرولين acrolein (٣١) ومعالجته عندئذ لفصل الأكرولين acrolein الموجود فيه، وينتج عن

ذلك محلول (٣٥) يحتوى على حمض أكريليك acrylic acid مع كمية قليلة من الأكرولين acrolein ، وهذا المحلول يتم الحصول عليه عن طريق قاعدة العمود. وعندئذ يتم تدوير ناتج التقطير عند قمة عمود الفصل separation column (٣١) إلى قاعدة عمود الامتصاص absorption column (٣٠) وهنا يمكن وبشكل فعال استخلاص حمض الأكريليك acrylic acid الذي تم تقطيره بالترافق مع الأكرولين acrolein .

ويتم بعد ذلك الحصول على حمض الأكريليك acrylic acid في صورة منتج نهائي (٦٠) وذلك عند إمداد المحلول المحتوى على حمض الأكريليك acrylic acid (٣٥) إلى جهاز التبلر crystallizing device (٥٠). وفي الوقت نفسه يتم إمداد جزء على الأقل من السائل الأصلي المتبقي من جهاز التبلر crystallizing device (٥٠) إلى مرحلة وسطى لعمود التقطير distillation column (٧٠)، وذلك لحث تقطير المادة التي لها درجة الغليان المنخفضة وحمض الأكريليك acrylic acid الموجودة بها خلال قمة العمود، ويتم هنا تدوير ناتج التقطير (٧١) إلى عمود الامتصاص absorption column (٣٠) المذكور أعلاه. وبشكل مباشر يتم تدوير الجزء الباقي من السائل الأصلي المتبقي إلى عمود الامتصاص absorption column (٣٠). وحيث أن المادة التي لها درجة الغليان المرتفعة الموجودة في سائل القاع في عمود التقطير distillation column (٧٠) تحتوى على مركب ثنائي الصيغة الجزيئية لحمض الأكريليك decomposing acrylic acid dimer ، فإنه يتم دفع سائل القاع إلى الأمام خلال مبخر ذي طبقة رقيقة layer evaporator (٧٣) ويتم احتجازه في خزان لتحلل المركب ثنائي الصيغة الجزيئية distillation (٧٥) حيث يتحلل هنا بالحرارة إلى حمض أكريليك acrylic acid . وعند عودة هذا الحمض إلى المبخر ذي الطبقة الدقيقة (٧٣) فإنه يتحول هنا إلى ناتج تقطير (٧١) عند قمة عمود التقطير distillation column (٧٠). وعند تدوير ناتج التقطير (٧١) إلى عمود

الامتصاص absorption column (٣٠)، يمكن أخيراً استخلاصه في شكل منتج نهائي لحمض الأكريليك acrylic acid (٦٠).

وتقوم السمة المميزة لهذا الاختراع على إخضاع المحلول المحتوى على حمض الأكريليك acrylic acid والذي تم الحصول عليه عن طريق الامتصاص بالمحلول المائي المذكور عاليه وذلك لمعالجة للتبلر crystallizing treatment ، سواء كان هذا المحلول في شكله المعدل أو بعد التخلص من محتواه من الأكرولين acrolein عن طريق معالجة تجرى لفصل الأكرولين acrolein . لذلك، فإنه من المتوقع ألاّ يقل محتوى حمض الأكريليك acrylic acid في المحلول عن ٨٠٪ بالوزن، والأفضل ألا يقل عن ٨٥٪ بالوزن، والأكثر تفضيلاً ألا يقل عن ٨٧٪ بالوزن. وإذا قل محتوى حمض الأكريليك acrylic acid عن ٨٠٪ بالوزن، فإن هذا النقص سوف يؤدي إلى زيادة عدد دورات التبلر اللازم عملها للحصول على بللورات من حمض الأكريليك acrylic acid عن طريق المعالجة بالتبلر crystallizing treatment ، كما يتعقد أيضاً إجراء العملية. ويقدم هذا الاختراع طريقة حمض الأكريليك acrylic acid بكمية كبيرة، مع تجنب الخطوة التي يتم فيها النزع الأزيوتروبى azeotropically dehydrating للماء من مواد ذات درجة غليان منخفضة مثل الماء، وأيضاً تجنب إجراء الخطوة التي يتم فيها استخلاص المذيب، مع تقليل الفقد الحادث في حمض الأكريليك acrylic acid .

وفي هذا الصدد، فإن المصطلح "مادة ذات درجة غليان منخفضة low boiling substance " يشير هنا إلى مادة ذات درجة غليان أقل منها في حمض أكريليك acrylic acid في حالته العادية، بينما يشير المصطلح "مادة ذات درجة غليان مرتفعة high boiling substance " إلى مادة ذات درجة غليان أعلى منها في حمض الأكريليك acrylic acid في حالته العادية. ويشير المصطلح "مادة قابلة للتكثيف condensable substance " إلى مادة تكون سائلة تحت الضغط الجوي. ويشير

المصطلح "تقطير distillation " إلى عملية لتسخين محلول إلى درجة غليانه بحيث يتم فصل المكون المتطاير الموجود فيه. ويشير المصطلح "كشط" إلى عملية يتم فيها إمداد غاز للكشط إلى محلول بحيث ترتحل فيه المادة المستهدفة إلى الطور الغازي. ويشير المصطلح "تبلر crystallization " إلى عملية لإنتاج بللورات من الطور السائل liquid phase والطور الغازي gas phase. ويشير المصطلح "خطوة التبلر الديناميكي dynamic crystallization " إلى طريقة للتبلر يتم بها إزالة الطور السائل liquid phase بواسطة حمل جبري ناتج عن مضخة أو ما شابه ذلك أثناء عملية التبلر. ويشير المصطلح "خطوة التبلر الإستاتيكي static crystallization " إلى طريقة للتبلر يتم بها إزاحة الطور السائل liquid phase بمفرده عن طريق حمل ذاتي دون استخدام مضخة -مثلاً.

(١) خطوة امتصاص حمض الأكريليك acrylic acid :

للحصول على محلول يحتوى على حمض الأكريليك acrylic acid بتركيز عالٍ فإنه من الضروري هنا إما حقن كمية المكون المائي water component المدخل إلى الجهاز، أو زيادة كمية المكون المائي water component الذي يتم التخلص منه خارج الجهاز. ولتقليل الفقد الحادث في حمض الأكريليك acrylic acid المنصرف خارج الجهاز وللوصول بهذه الفقد إلى الحد الأدنى، فإنه من المناسب هنا إعادة تدوير الغاز المنصرف الناتج عند قمة عمود الامتصاص absorption column إلى المفاعل. ومن خلال تبريد غاز إعادة التدوير recycle gas ومن ثم تقليل كمية المكون المائي water component الموجود ودفعه بعد ذلك إلى الأمام نحو المفاعل، فإنه يمكن من خلال هذا الاختراع تقليل كمية المكون المائي water component المدخل إلى عمود الامتصاص absorption column ، وتقليل كمية الفقد الحادث في حمض الأكريليك acrylic acid ، والحصول بالتالي على محلول به حمض أكريليك acrylic acid

بتركيزات عالية. وعند تبريد جميع كمية غاز عمود الامتصاص absorption column المنصرف بغرض تقليل كمية المكون المائي water component وكمية المواد ذات درجة الغليان المنخفضة والتي يتم التخلص منها في صورة غاز إلى خارج الجهاز، تقل كمية المكون المائع في غاز إعادة التدوير recycle gas ، ولكن لا تزيد كفاءة امتصاص حمض الأكريليك acrylic acid بل يحدث لها التحلل بدرجة أكبر منها في حالة استبعاد عملية التبريد، فضلاً عن تراكم المادة التي لها درجة الغليان المنخفضة في الجهاز. وعند سحب ناتج التكثيف المتكون بواسطة التبريد إلى خارج الجهاز يكون من الضروري هنا التخلص من كمية كبيرة من سائل النفاية. وعلى ذلك ينصح هنا بتبريد جزء فقط من الغاز المنصرف من عمود امتصاص absorption column حمض الأكريليك acrylic acid ، والذي يعاد تدويره إلى المفاعل، وتحديداً ذلك الجزء من الغاز المسمي بـ "غاز إعادة التدوير recycle gas ". وفضلاً عن ذلك فإنه عند تبريد غاز التدوير يمكن تكثيف ليس فقط المكون المائي water component وإنما أيضاً المكون الحمض، كما يمكن تقليل كمية المكون الحمض التي يتم إمدادها إلى المفاعل، مع تفادي حدوث تلف في المحفز بتأثير الحمض. وقد تعاد نواتج التكثيف المتكونة عن طريق التبريد إلى عمود الامتصاص absorption column ، أو يتم سحبها من الجهاز بدلاً من إعادتها إلى عمود الامتصاص absorption column . ورغم أن نسبة فقد حمض الأكريليك acrylic acid لا تختلف كثيراً بين هذين الخيارين، إلا أن كمية سائل النفاية تكون صغيرة للغاية، كما تقل الحاجة إلى التخلص من سائل النفاية عند عودة الكمية بأكملها إلى عمود الامتصاص absorption column . وبشكل عارض فإن انخفاض كمية المكون المائي water component المدخل إلى الجهاز قد يتحقق هنا عن طريق منع إمداد الغاز المحتوى على الأكسجين الجزيئي molecular oxygen إلى مفاعل المكون المائي water component قبل دفعه إلى المفاعل.

في هذا الاختراع، يمكن استخدام البروبيلين propylene و/أو الأكرولين acrolein كغاز مادة خام لحمض الأكريليك acrylic acid . ورغم أن المفاعل (٢٠) لا يحتاج إلى أن يكون مقيداً، إلا أنه يجب أن تكون له فقط القدرة على أداء تفاعل أكسدة حفزية في الطور الغازي catalytic gas phase oxidation . ويفضل هنا استخدام المفاعلات من نوع الغلاف والأنبوب نظراً لتميزها من حيث كفاءة التفاعل. وعند تعبئة المفاعل (٢٠) بمحفِّز معروف جيداً (١٠) لأداء أكسدة حفزية في الطور الغازي catalytic gas phase oxidation ، ومع إحداث تلامس بين غاز المادة الخام وغاز يحتوى على أكسجين جزيئي molecular oxygen مثل الأكسجين oxygen أو الهواء فإنه يمكن في هذه الحالة تفعيل عملية أكسدة غاز المادة الخام. وعند استخدام البروبيلين propylene كغاز للمادة الخام يكون تركيز البروبيلين propylene في حدود تتراوح من ٧- ١٥٪ (حجم)، ويكون تركيز الماء في حدود تتراوح ما بين صفر- ١٠٪ (حجم)، ويكون تركيز الأكسجين الجزيئي molecular oxygen في الحدود التي تجعل النسبة الحجمية بين الأكسجين الجزيئي molecular oxygen ضمن حدود تتراوح ما بين ١: ١ و١: ٢. وقد يستخدم الهواء كمصدر لإمداد الأكسجين الجزيئي molecular oxygen . وفي حالة أن يحتوى الهواء على مكون مائي فيفضل إزالة الرطوبة منه قبل إمداده إلى المفاعل، حيث أن ذلك يقلل من كمية الماء المدخلة إلى المفاعل ويقلل بالتالي من كمية الماء المدخلة إلى عمود الامتصاص absorption column . وقد يسمح باستخدام هواء مشبع بالأكسجين oxygen أو استخدام أكسجين oxygen نقي بدلاً من الهواء. وكأمثلة قوية على غاز الخفيف (٥)، يمكن أن ندرج هنا النتروجين nitrogen ، و ثاني أكسيد الكربون carbon dioxide وغير ذلك من الغازات الأخرى الخاملة other inert gases .

وفي هذا الاختراع، قد يتم إدخال غاز إعادة التدوير recycle gas إلى المفاعل وذلك بعد تبريد الغاز بغرض حث تكثيف المادة القابلة للتكثف condensable substance . وعند استخدام غاز

إعادة التدوير recycle gas بهذه الكيفية، فإنه يكون خالياً بشكل مسبق من الماء بحيث يتراوح تركيز الماء في غاز المادة الخام الذي يتم إمداده إلى المفاعل ما بين صفر- ١٠٪ (حجم)، والأفضل ما بين صفر- ٧ (حجم)، الأكثر تفضيلاً ما بين صفر- ٦٪ (حجم). وفي حالة زيادة التركيز عن ١٠٪ (حجم) فإن تلك الزيادة يمكن أن تتسبب في ارتفاع نسبة الفقد في حمض الأكريليك acrylic acid من خلال المكون المائي water component الذي يتم إمداده بواسطة المفاعل إلى عمود الامتصاص absorption column . ويتم ضبط التركيز الكلي للحمض بحيث يقع ضمن حدود تتراوح ما بين صفر- ٠,٢ (حجم)، والأفضل ما بين صفر- ٠,١٪ (حجم). وفي حالة أن يزيد هذا التركيز عن ٠,٢٪ (حجم) فإن تلك الزيادة قد تؤدي إلى الإسراع من تلف المحفز catalyst بواسطة عمليات الأكسدة oxidation. ويحتوى غاز إعادة التدوير recycle gas على بروبيلين propylene ، و أكرولين acrolien ، وأكسجين oxygen ، وغاز مخفف، الخ في صورة غير متحولة، إضافة إلى المكون المائي water component والمكون الحمضي acid component . ويمكن بسهولة ضبط تركيز كل من البروبيلين propylene ، والأكسجين oxygen ، والمكون المائي water component ، والمكون الحمضي acid component المذكور أعلاه، وذلك بحساب كمية المكون المائي water component الموجود في غاز إعادة التدوير recycle gas والكمية المراد دمجها في غاز المادة الخام، بحيث يقع تركيز كل من المكون المائي water component والمكون الحمضي acid component المذكور أعلاه، ضمن الحدود المثلى المذكورة عاليه، وحساب تركيز البروبيلين propylene والأكسجين oxygen في غاز إعادة التدوير recycle gas حتى يتسنى حساب كمية البروبيلين propylene والهواء اللازم إمدادها إلى المفاعل. ويعني المصطلح "الحمض الكلي total acid" تلك المركبات التي تحتوى على مجموعة كربوكسيل carboxyl group. يحتوي غاز إعادة التدوير recycle gas على حمض أكريليك

acrylic acid ، وحمض فورميك formic acid ، وحمض أسيتيك acetic acid ما دامت المركبات ينطبق عليها هذا الوصف.

وعادة ما يجرى تفاعل أكسدة حفزية في الطور الغازي catalytic gas phase oxidation باستخدام البروبيلين propylene كمادة خام وذلك على مرحلتين تستخدم فيهما نوعين من المحفز (١٠) لتفاعل أكسدة حفزية في الطور الغازي catalytic gas phase oxidation . ويكون المحفز المستخدم في المرحلة الأولى من هذا التفاعل قادراً على تكوين الأكرولين acrolein ، ويتم ذلك بصفة أساسية عن طريق الأكسدة في الطور الغازي oxidation gas phase oxidation لغاز محفِّز catalyst gas يحتوى على البروبيلين propylene في الطور الغازي gas phase. كما تكون للمادة المحفزة material gas المستخدمة في المرحلة الثانية من التفاعل القدرة على تكوين حمض الأكريليك acrylic acid ، ويتم ذلك أساساً عن طريق الأكسدة في الطور الغازي gas phase oxidation لمادة خام تحتوى على الأكرولين acrolein . وكمحفِّز للمرحلة الأولى من التفاعل، يمكن أن ندرج هنا أكسيد معقد complex oxide يحتوى على الحديد iron والموليبدنوم molybdenum و البزموث bismuth . وكمحفِّز للمرحلة الثانية من التفاعل، يمكن أن ندرج هنا محفِّز يحتوى على الفانديوم vanadium كمكون أساسي.

يوضح شكل (١) كيفية أداء التفاعل ذي المرحلتين المذكورتين أعلاه وذلك في مفاعل واحد. وبصفة اختيارية يمكن أداء تلك التفاعلات في نظام ترادفي يحتوى على مفاعلين مختلفين يتصل كل منها بالآخر. ويحتوى غاز حمض الأكريليك acrylic acid (٢٥) الذي تم الحصول عليه عن طريق تفاعل أكسدة حفزية في الطور الغازي catalytic gas phase oxidation على نسبة حجمية من حمض الأكريليك acrylic acid تتراوح ما بين ٥- ١٤٪، ونسبة حجمية من حمض الأسيتيك acetic acid تتراوح ما بين ٠,١- ٢,٥٪، ونسبة حجمية من الأكسجين الجزيئي

molecular oxygen تتراوح ما بين ٠,٥- ٣٪، ونسبة حجمية من الماء والمكونات الأخرى تتراوح ما بين ٥- ٣٦٪، وهي تمثل منتجات ثانوية للتفاعل مثل المكون غير المتحول لغاز المادة الخام raw material gas ، وحمض البربيونيك propionic acid ، وحمض الماليك maleic acid ، والأسيتون acetone ، والأكرولين acrolein ، والفورفورال furfural ، والفورمالدهيد formaldehyde ، وثاني أكسيد الكربون carbon dioxide .

وفي عمود امتصاص absorption column حمض الأكريليك acrylic acid (٣٠) يمكن استخدام أي من طرق التلامس المعروفة لعمل تلامس بين الغاز المحتوى على حمض الأكريليك acrylic acid والمحلول المائي الماص absorbing aqueous solution . وكمثال قوي على هذه الطرق، يمكن استخدام أجهزة تلامس بالتدفق المتقاطع وتستخدم فيها صينية أكواب الفقاقيع bubble-cap tray ، أو صينية أحادية التسطح uniflat tray ، أو صينية نافورية jet tray ، أو صينية مزودة بصمام valve tray ، أو صينية فنتورية venturi tray. وقد تستخدم هنا أيضاً أجهزة تلامس تعمل بتيار عكسي وتستخدم فيها صينية مزودة بشبكة تربينية turbo-grid tray ، أو صينية تعمل بتيار ثنائي dual flow tray ، أو صينية مموجة ripple tray ، أو صينية صندوقية kittel tray ، أو صينية شبكية شفافة gauze type ، أو هياكل تعبئة sheet type من النوع الورقي أو الشبكي أو العشوائي.

وفي هذا الاختراع، ينصح بأن يتم إمداد ناتج التقطير (٧١) من عمود التقطير distillation column (٧٠) الذي سيأتي وصفه بشكل محدد فيما بعد، والسائل الأصلي المتبقي من جهاز التبلر crystallizing device (٥٠) الذي سيأتي وصفه بشكل محدد فيما بعد (ويشار إليه فيما بعد بـ "سائل التدوير") إلى مرحلة وسطية لعمود امتصاص absorption column (٣٠) حمض الأكريليك acrylic acid عن طريق تلامس الغاز المحتوى على حمض الأكريليك

acrylic acid (٢٥) مع محلول مائي ماص (٣٣). ويحتوى غاز التدوير على حمض أسيتيك acetic acid ، وقد يستخدم هنا كمحلول يحتوى على حمض الأسيتيك acetic acid . وفي هذا الاختراع، فإن المصطلح "مختلف عن قمة العمود" يشير إلى عدد من اللوحات النظرية يتراوح ما بين ٢- ١٠٠ على افتراض أن رقم اللوحة النظرية (١) يشير إلى قمة عمود التقطير distillation column وأن رقم اللوحة النظرية (١٠٠) يشير إلى قاع العمود column bottom column bottom. ويتم امتصاص حمض الأكريليك acrylic acid بواسطة محلول مائي ماص (٣٣) يتدفق من أعلى قمة العمود. وقد وجد أنه عند إدخال حمض الأسيتيك acetic acid من موضع يختلف عن قمة عمود الامتصاص absorption column أثناء عملية الامتصاص هذه تتحسن هنا نسبة امتصاص حمض الأكريليك acrylic acid . ورغم أن الآلية التي تتحسن بها هذه النسبة ما زالت تحتاج إلى توضيح إلا أنه يمكن تفسير ذلك منطقياً على أساس الافتراض بان إدخال حمض الأسيتيك acetic acid عند موضع معين من عمود الامتصاص absorption column (٣٠) يؤدي إلى تكون طبقة من غاز الأسيتيك acetic gas بالقرب من موضع إمداد حمض الأسيتيك acetic acid ، مما يغير من توزيع الغاز في عمود الامتصاص absorption column بحيث تتكون عن ذلك طبقة غازية لمادة ذات درجة انصهار منخفضة فوق طبقة غاز حمض الأسيتيك acetic acid ، مع طبقة غازية لمادة ذات درجة انصهار عالية اسفل طبقة غاز حمض الأسيتيك acetic acid ، وبالتالي يتحرك حمض الأكريليك acrylic acid نحو جانب قاع العمود column bottom . وعلى وجه التحديد، ينصح بإدخال المحلول المحتوى على حمض الأسيتيك acetic acid عن طريق مرحلة وسطية لعمود الامتصاص absorption column أى مثلاً في مدى لأرقام اللوحات النظرية يتراوح ما بين ٢- ١٠٠، والأفضل ما بين ٢٥- ١٠٠، والأكثر تفضيلاً ما بين ٥٠- ١٠٠. وعند قمة العمود فإن تكون طبقة غاز حمض الأسيتيك acetic acid لا ينتج عنه تأثير ملحوظ من حيث تحسين كفاءة امتصاص حمض

الأكريليك acrylic acid ، مما يؤدي إلى انخفاض تركيز هذا الحمض عند قاع العمود column bottom ، وبالتالي لا يمكن هنا الحصول على المحلول المحتوى على حمض الأكريليك acrylic acid بتركيزات عالية.

وينصح بالاّ يقل تركيز حمض الأسيتيك acetic acid في سائل التدوير المذكور عاليه عن ٢٪ بالوزن، ويفضل أن يتراوح هذا التركيز ما بين ٢- ٢٠٪ بالوزن، والأكثر تفضيلاً ما بين ٣- ١٥٪ بالوزن. وفي حالة أن يقل هذا التركيز عن ٢٪ بالوزن فإن ذلك يؤدي إلى تقليل الأثر الناتج عن اختلاف توزيع الطور الغازي gas phase في عمود الامتصاص absorption column المذكور عاليه.

ويتم ضبط كمية سائل التدوير بحيث تصل كمية حمض الأسيتيك acetic acid المراد إدخالها إلى معدل تدفق كتلة يتراوح ما بين ٠,٠٠٥- ٠,٢ مرة، والأفضل ما بين ٠,٠٠٨- ٠,١٥ مرة، والأكثر تفضيلاً ما بين ٠,٠١- ٠,١ مرة قدر معدل تدفق كتلة حمض الأكريليك acrylic acid الموجود في الغاز المحتوى على هذا الحمض. ويمكن عند الضرورة إضافة كمية جديدة من حمض الأسيتيك acetic acid . وفي حالة أن تقل الكمية المذكورة أعلاه عن ٠,٠٠٥ قدر معدل تدفق كتلة حمض الأكريليك acrylic acid فإن هذا النقص قد يقلل من التأثير الناتج عن تحسين كفاءة امتصاص حمض الأكريليك acrylic acid . وعلى العكس، إذا زادت الكمية عن ٠,٢ قدر معدل تدفق كتلة حمض الأكريليك acrylic acid فإن هذه الزيادة تؤدي إلى ارتفاع ملحوظ في تركيز حمض الأسيتيك acetic acid في السائل الماص، مما يجعل من الصعب الحصول هنا على محلول يحتوى على حمض الأكريليك acrylic acid بتركيزات عالية.

وكما هو الحال بالنسبة للمحلول المائي الماص (٣٣) المستخدم في هذا الاختراع هناك أنواع شتى من المحاليل المائية المتاحة والتي يمكنها امتصاص حمض الأكريليك acrylic acid . وقد

يستخدم منتج التكثيف الناتج عن تبريد غاز إعادة التدوير recycle gas كمحلول مائي ماص. وحيث أنه غالباً ما يحتوى ناتج التكثيف على حمض أكريليك acrylic acid ، يفضل هنا إعادة استخدامه كمحلول مائي ماص. وتتراوح درجة المحلول المائي الماص absorbing aqueous solution وقت الإدخال ما بين صفر- ٥٠ درجة مئوية، ويفضل أن تتراوح تلك الدرجة ما بين ١٠- ٤٠ درجة مئوية.

يمكن وبشكل صحيح تحديد معدل التدفق إلى كتلة الماء الماص (والتي لا تشتمل على ناتج التكثيف من غاز إعادة التدوير recycle gas وتتناظر مع الماء الماص (٣٣) كما هو موضح في شكل -١) إلى الغاز المحتوى على حمض الأكريليك acrylic acid بحيث تكون مناسبة لتركيز حمض الأكريليك acrylic acid المستهدف. ويحدث التلامس بالتيار العكسي باستخدام معدل تدفق كتلة للماء الماص يتراوح ما بين ٠,١- ١,٥، والأفضل ما بين ٠,١- ١، والأكثر تفضيلاً ما بين ٠,١٥- ٠,٨ مرة قدر معدل تدفق كتلة حمض الأكريليك acrylic acid الموجود في الغاز المحتوى على هذا الحمض. وفي حالة أن تقل نسبة معدل تدفق الكتلة عن ٠,١ مرة فإن ذلك يمكن أن يؤدي إلى انخفاض هائل في كفاءة عمود امتصاص absorption column حمض الأكريليك acrylic acid . وبالعكس، إذا زادت هذه النسبة عن ١,٥ مرة فإن ذلك يجعل من الصعب الحصول على محلول يحتوى على تركيزات عالية من حمض الأكريليك acrylic acid . وبشكل عارض قد يحتوى الماء الماص على واحد أو أكثر من مجموعة المركبات التي تمنع تعرض حمض الأكريليك acrylic acid لعلمية البلمرة، وتختار تلك المركبات من مجموعة تتكون من مركبات N-OXYL ، و مركبات الفينول phenol compounds ، وأملاح المنجنيز manganese salts مثل أسيتات المنجنيز manganese acetate ، وأملاح النحاس copper salts لمركب dialkyl-dithiocarbamic acid مثل copper dibutylthiocarbamate ، ومركبات النتروز nitroso compounds ، ومركبات الأمين amine compounds ، ومركبات الفينو ثيازين

phenothiazine، وهى مركبات أدرجت في براءات الاختراع اليابانية رقم ٣٤٨٣٦٠- ٢٠٠١، ورقم ٣٤٨٣٥٨- ٢٠٠١، ورقم ٣٤٨٣٥٩- ٢٠٠١.

يعمل عمود امتصاص absorption column حمض الأكريليك acrylic acid بصفة عامة تحت ضغط يزيد عن الضغط العادي. وفي هذا الاختراع، يتم ضبط الضغط عند قمة العمود بين قيمة تتراوح ما بين صفر- ٠,٤ ميجا باسكال، والأفضل ما بين صفر- ٠,١ ميجا باسكال، والأكثر تفضيلاً ما بين صفر -٠,٠٣ ميجا باسكال. وعند انخفاض قيمة الضغط عن صفر ميجا باسكال فإن ذلك يحتم وجود جهاز لتخفيض الضغط مما يزيد من تكاليف المعدات وتجهيزاتها. وعلى العكس، إذا زادت قيم الضغط عن ٠,٤ ميجا باسكال فإن ذلك يتطلب زيادة درجة الحرارة في عمود الامتصاص absorption column بدرجة كبيرة لغرض تصريف المادة التي لها درجة الغليان المنخفضة من قمة العمود، مما يقلل بالتالي من كفاءة عملية الامتصاص. وبصفة عامة تتراوح درجة حرارة قمة العمود ما بين ٣٠- ٨٥ درجة مئوية، والأفضل ما بين ٤٠- ٨٠ درجة مئوية. وفي هذا الاختراع، يشتمل المحلول المحتوى على حمض الأكريليك acrylic acid (٣٥) على نسبة وزنية من حمض الأكريليك acrylic acid تتراوح ما بين ٨٠- ٩٨٪، ونسبة وزنية من الماء تتراوح ما بين -١ ١٩٪، مع نسبة وزنية من الشوائب تتراوح ما بين ١- ١٠٪ (أحماض مثل حمض الأسيتيك acetic acid ، وحمض الماليك maleic acid ، وحمض البروبيونيك propionic acid ، والفورفورال furfural ؛ والدهيدات aldehydes مثل الفورمالدهيد formaldehyde)، وهذا المحلول يمكن الحصول عليه تحت ظروف الامتصاص السابق ذكرها عاليه.

وقد لا تحتاج طريقة تبريد غاز إعادة التدوير recycle gas إلى أن تكون مقيدة بشكل خاص، إنما تحتاج إلى جهاز له القدرة على تكثيف المواد القابلة للتكثيف والموجودة في غاز إعادة

التدوير recycle gas مثل المبادل الحراري heat exchanger من نوع الغلاف والأنبوب، والمبادل الحراري heat exchanger من نوع الأنبوب الدقيق، والمبادل الحراري heat exchanger الذي يعمل بالهواء المبرد، والمبادل الحراري heat exchanger ثنائي القصبات، والمبادل الحراري heat exchanger من نوع الملف، والمبادل الحراري heat exchanger من النوع الذي يعمل بالتلامس المباشر، والمبادل الحراري heat exchanger من نوع اللوحة. وحيث أنه غالباً ما تحتوى نواتج التكثيف على مواد قابلة للبلمرة مثل حمض الأكريليك acrylic acid فإنه يوصى هنا باستخدام طريقة التبريد التي تعتمد على تجميعة من عمود التبريد cooling column (٣٦)، مع جهاز التبريد (٣٩) الموضح في شكل ١، وذلك لأنها تسمح بسهولة إمداد المواد المثبطة للبلمرة polymerization inhibitor.

وقد لا تحتاج درجة حرارة التبريد لغاز إعادة التدوير recycle gas إلى أن تكون مقيدة بشكل خاص. وعندما يتم تبريد غاز إعادة التدوير recycle gas بطريقة التكثيف فإن تركيز المكون المائي water component في هذا الغاز يتراوح هنا ما بين صفر- ١٠٪ (حجم)، والأفضل ما بين صفر- ٧٪ (حجم)، والأكثر تفضيلاً ا بين صفر- ٦٪ (حجم)، كما يتراوح تركيز الأحماض الكلية total acid ما بين صفر- ٠,٢٪ (حجم)، والأفضل ما بين صفر- ٠,١٪ (حجم) وذلك على أساس مجموع كمية غاز المادة الخام التي يتم إمدادها إلى المفاعل. وعند استخدام الهواء كغاز يحتوى على الأكسجين الجزيئي molecular oxygen فإن الهواء يحتوى على المكون المائي water component . ويتم حساب كمية المكون المائي water component الموجودة بعد تبريد غاز إعادة التدوير recycle gas ، وذلك من كمية الهواء التي يتم إمدادها. وتجرى عملية تبريد غاز إعادة التدوير recycle gas إلى أن يصل تركيز المكون المائي water component إلى القيمة التي تم الحصول عليها من الحساب. وفي هذا الاختراع، يتم تبريد غاز إعادة التدوير recycle gas إلى درجة حرارة تقل بمقدار ما بين ١- ٥٠ درجة مئوية، والأفضل ما بين ٢-

٤٠ درجة مئوية، والأكثر تفضيلاً ما بين ٣- ٣٠ درجة مئوية مقارنةً بدرجة حرارة غاز النفاية.

وبالتالي فإنه يمكن الحصول على سائل لقاعدة عمود الامتصاص absorption column يحتوى على تركيز عالٍ جداً من حمض الأكريليك acrylic acid لا يقل عن ٨٠٪ بالوزن.

٥ **(٢) فصل الأكرولين acrolein :**

من المحتمل أن يحتوى محلول حمض الأكريليك acrylic acid (٣٥) على أكرولين acrolein، وهو عبارة عن مادة خام لحمض الأكريليك acrylic acid . ويمكن إزالة الأكرولين acrolein عن طريق إمداد المحلول إلى عمود فصل الأكرولين acrolein (٣١) حيث يخضع المحلول لمعالجة يتم بها إزالة تلك المادة.

١٠ وقد لا يحتاج عمود الفصل separation column إلى أن يكون مقيداً بشكل خاص، ولكن يجب أن تكون له فقط القدرة على فصل الأكرولين acrolein . وهناك أنواع متاحة من الأعمدة مثل العمود المعبأ، وعمود اللوحة (الصينية tray column)، الخ. وفيما يتعلق بحالات عمود الفصل separation column فقد يتم بشكل ملائم اختيار طريقة الفصل من مجموعة طرق تتكون من التقطير، والكشط، وما شابه ذلك، حسب تركيز كل من حمض الأكريليك acrylic acid

١٥ والأكرولين acrolein الموجود. وفي حالة التقطير ينصح بأن يتم ضبط قيمة الضغط عند قمة العمود (الضغط المطلق absolute pressure) في حدود تتراوح ما بين ٢٠- ٨٠٠ هكتو باسال، والأفضل ما بين ٤٠- ٦٠ هكتو باسكال hPa ، والأكثر تفضيلاً ما بين ٦٠- ٤٠٠ هكتو باسكال hPa . وفي حالة أن تقل قيمة الضغط عن ٢٠ هكتو باسكال hPa (الضغط المطلق) فإن ذلك قد يرتبط بأمور سلبية تتمثل في احتياج العمود والمكثف وجهاز الشفط إلى أن يكونوا بحجم أكبر،

٢٠ ويتبع ذلك زيادة في تكلفة المعدات. وعلى العكس، إذا زادت قيمة الضغط عن ٨٠٠ هكتو

باسكال hPa (الضغط المطلق) فإن ذلك يؤدي إلى مساوئ تتعلق بزيادة درجة الحرارة في عمود الفصل separation column مما يزيد من احتمال حدوث البلمرة. وبصفة عامة تتراوح درجة الحرارة عند قمة العمود ما بين ٣٠- ١٠٠ درجة مئوية، وتحديداً ما بين ٤٠- ٨٠ درجة مئوية، بينما تتراوح درجة الحرارة عند قاع العمود column bottom ما بين ٤٠- ١١٠ درجة مئوية، وتحديداً ما بين ٥٠- ٩٠ درجة مئوية. وبشكل عارض، وفي حالة الكشط، يمكن إجراء عملية فصل الأكرولين acrolein بأى من الطرق المعروفة. وعند إجراء عملية فصل تحت هذه الظروف يصبح من الممكن هنا خفض كمية الأكرولين acrolein والحصول على محلول يحتوى على حمض الأكريليك acrylic acid بتركيز لا يقل عن ٨٠٪ بالوزن.

(٣) خطوة تبلر Crystallization المحلول المحتوى على حمض الأكريليك acrylic acid :

يتم من خلال هذا الاختراع الحصول على حمض أكريليك acrylic acid (٦٠) منقي، وذلك عن طريق إمداد المحلول المحتوى على حمض الأكريليك acrylic acid (٣٥ أو ٣٥) إلى جهاز التبلر crystallizing device (٥٠).

وقد لا تحتاج طريقة التبلر crystallization المستخدمة إلى أن تكون مقيدة بشكل خاص، حيث يمكن أن تجرى هذه الطريقة بشكل متصل أو على دفعات في مرحلة واحدة أو مرحلتين أو أكثر. وكمثال على جهاز التبلر crystallizing device المتصل نذكر هنا جهاز التبلر crystallizing device المزود بعمود للخلط الرجعي BMC (المصنّع من قبل شركة Nippon Steel Chemical co المحدودة)، وجهاز التبلر crystallizing device من نوع العمود الذي يشتمل على جزء للتبلر، وجزء لفصل الجوامد عن السوائل ، وجزء لتقنية البللورات. ويستخدم جهاز التبلر crystallizing device المزود بقرص للتبريد (CDC) (المصنّع من قبل شركة Gouda Company of Netherlands) وذلك بمثابة جزء للتبلر، ويستخدم السير المرشح أو

جهاز الفصل الذي يعمل بالطرد المركزي -مثلاً- بمثابة الجزء الخاص بفصل الجوامد عن السوائل، بينما يستخدم جهاز لتنقية البللورات من طراز Kureha (KCP) (المصنّع من قبل شركة Kurehs Technoengineering المحدودة) وذلك بمثابة الجزء الخاص بتنقية البللورات على التوالي في جهاز التبلر crystallizing device المتصل.

ومن الأمثلة على جهاز التبلر crystallizing device (٥٠) ذلك الذي يتكون عن تجميع جهاز للتبلر، وجهاز لفصل الجوامد عن السائل، وجهاز لتنقية البللورات. وهناك طريقة مفضلة لتجسيد هذا الاختراع، وهى تقوم على استخدام جهاز للتبلر المتصلة. وكجزء يختص بعملية التبلر يمكن هنا استخدام الجهاز المكون من وسيلة للتبلر crystallizers (CDC) والذي يأخذ التركيب الموضح في صفحات ٧٧- ٧٨ من عدد يوليو ٢٠٠١ من مجلة "Chemical Devices". ويتم تقسيم الجزء الداخلي من أجهزة التبلر crystallizers (١) و(٢)، وتحديداً خزانات التبلر crystallizing tanks الأفقية إلى عدة لوحات للتبريد تحتوى الأجزاء السفلي منها على فتحات للممرات. وتعمل تلك الأجزاء لتفعيل عمليات التبلر والتبريد من خلال تلك اللوحات المبردة. ويتم توفير قائمة تقليب عمودية عند مركز لوحات التبريد، وهذه تزود بمسآحات لتجديد أسطح التبريد وريشات التقليب. ويتم إمداد السائل خلال منفذ لإمداد سائل المادة الخام، وهذا السائل يمكن إلى حد كبير إزاحته بواسطة عمود التقليب من خلال الممرات الموجودة أسفل لوحات التبريد وصولاً إلى نهاية طرفية أخرى. وعند إمداد المحلول المحتوى على حمض الأكريليك acrylic acid إلى جهاز التبلر crystallizing device (١) -مثلاً- يتبلور هذا السائل في جهاز التبلر crystallizing device ، ويتم فصل البللورات الناتجة بواسطة الجزء الخاص بفصل الجوامد عن السوائل، وتحديداً السير المرشح، لتنقسم هنا إلى بللورات وسائل أصلي. وبعد ذلك يتم إمداد السائل الأصلي البللورى إلى جهاز التبلر crystallizing device (٢) حيث تتم تبلر حمض الأكريليك acrylic acid ثم فصله بواسطة السير المرشح إلى بللورات وسائل أصلي. ويتم بعد

ذلك إدخال البللورات الذي تم الحصول عليها بواسطة تلك الأجهزة (١) و(٢) إلى الجزء الخاص بتنقية البللورات. كما يتم بشكل ملائم ضبط كمية حمض الأكريليك acrylic acid الذي تم الحصول عليه بشكل مترافق بواسطة أجهزة التبلر (١) و(٢) بحيث لا تقل هذه الكمية عن ٢٠٪ بالوزن، والأفضل أن تتراوح ما بين ٣٠- ٩٠٪ بالوزن، وتحديداً في مدى يتراوح ما بين ٤٠- ٩٠٪ بالوزن. ونتيجة لذلك، يمكن أن يزيد تركيز حمض الأسيتيك acetic acid في السائل الأصلي المتبقي عن ٢٪ بالوزن. وبالنسبة للجزء الخاص بتنقية البللورات يمكن هنا استخدم جهاز تنقية البللورات (KCP) الوارد في صفحة ٧٦- ٧٧ في العدد الصادر في يوليو ٢٠٠١ من مجلة "Chemical Devices" والذي تم الكشف عنه في براءة الاختراع اليابانية رقم ٤٠٦٢١-١٩٧٢ – ب. وكمثال قوي على هذا الجهاز، تم توفير اسطوانة معدنية مزودة عند مركزها بناقل حلزوني، وفي الجزء الأعلى منها تزود الاسطوانة بجهاز للصهر يعمل على دمج البللورات، مع منفذ لخروج المنتج الناتج عن الصهر، وفي الجزء الأسفل تزود الاسطوانة بمنفذ لمخرجات السائل المتبقي، وعند الجزء الأسفل من العمود تزود الاسطوانة بمنفذ لإمداد البللورات. ويتم نقل البللورات بواسطة الناقل الحلزوني إلى الجزء الأعلى من عمود التنقية، ويتم صهرها بواسطة جهاز الصهر. ومن خلال فتحة مخرجات المنتج يتم سحب المحلول الناتج، مع إنزال جزء من هذا المحلول المنسحب من الجزء العلوي لعمود التنقية. وبسبب هبوط المحلول فإن البللورات التي يتم توصيلها بواسطة الناقل الحلزوني تكون نظيفة ويحدث لها تعرّق. ويتم بعد ذلك سحب المحلول الهابط من الجزء العلوي عن طريق فتحة المخرجات المتبقية الى سيتم وصفها فيما بعد. وقد يتم بشكل مناسب اختيار كمية المحلول الهابط بحيث تناسب درجة النقاء المستهدفة لحمض الأكريليك acrylic acid ، وهنا ينصح بأن تتراوح تلك الكمية ما بين ١- ٦٠٪ بالوزن، والأفضل ما بين ٢- ٤٠٪ بالوزن، والأكثر تفضيلاً ما بين ٥- ٣٥٪ بالوزن نسبة إلى كمية محلول الصهر. وفي حالة أن تقل الكمية عن ١٪ بالوزن فإن هذا النقص سوف يؤدي إلى

تقليل تأثير غسل البللورات وتعرقها. وعلى العكس، إذا زادت الكمية عن ٦٠٪ بالوزن تؤدي تلك الزيادة إلى تثبيط الزيادة التي تحدث في تأثير الغسل والتعرق مما يجعل تشغيل عمود تنقية البللورات من الأمور الصعبة. وقد يتم تدوير السائل المتبقي المسحوب إلى جهاز التبلر crystallizing device و/أو وحدة تبلر السائل الأصلي المتبقي المذكورة عاليه، أو يتم سحبه جزئياً من الجهاز.

وهناك طريقة مميزة أخرى لنموذج هذا الاختراع، وهى طريقة يستخدم فيها جهاز التبلر crystallizing device على دفعات. ويوجد جهاز من هذا النوع، وهو جهاز تبلر ديناميكي dynamic crystallizing متاح لدى الشركة السويسرية Sulzer Chemtech، كما يوجد أيضاً جهاز تبلر إستاتيكي static crystallizing متاح لدى الشركة الفرنسية BEFS Prokem.

وفي عملية التبلر على دفعات، يعتمد عدد الخطوات اللازمة للتبلر على درجة النقاء المستهدفة. وفي هذا الاختراع، فإنه لكى يتم إنتاج حمض الأكريليك acrylic acid بدرجة نقاء عالية ينصح بإجراء خطوة التنقية (خطوة التبلر الديناميكي dynamic crystallizing) بعدد مرات يتراوح ما بين ١- ٦ مرات، والأفضل ما بين ٢- ٥ مرات، والأكثر تفضيلاً ما بين ٢- ٤ مرات، وأن تجرى خطوة الكشط (خطوة التبلر الديناميكي dynamic crystallizing و/أو خطوة التبلر الإستاتيكي static crystallizing) بعدد مرات يتراوح ما بين صفر- ٥ مرات، والأفضل ما بين صفر- ٣ مرات. وقد يتم التخلص جزئياً من المادة المتبقية واستبعادها إلى خارج الجهاز.

وقد تكون هناك عملية تنقية أولية تسبق خطوة التنقية بالتبلر، وهى عملية تقوم على التبلر، ولذلك، يمكن أن يطلق على كل من عملية التنقية الأولية وما يليها من عمليات التنقية بأنها سلسلة من خطوات التبلر. وقد يستخدم في عملية التنقية الأولية جهاز للتنقية يتكون من تجميعة تحتوى على جهاز للتبلر مع جهاز لفصل الجوامد عن السوائل، مثلاً. ويمكن هنا استخدام جهاز التبلر

(CDC) أو جهاز التبلر crystallizing device المزود بخزان لتعمل كأجهزة للتبلر، كما يمكن استخدام السير المرشح أو جهاز الفصل الذي يعمل بالطرد المركزي، الخ، وذلك كجهاز لفصل الجوامد عن السوائل.

وهناك طريقة مميزة لنموذج هذا الاختراع ولأداء عملية التنقية الأولية، وتقوم هذه الطريقة على استخدام جهاز يشتمل على جهاز تبلر مزود بخزان، وجهاز للفصل يعمل بالطرد المركزي. ويتكون جهاز التبلر crystallizing device المزود بخزان من عمودين متصلين ببعضهما ويزود كل منهما بأداة تقليب مع سطح يتكون من غلاف ثنائي الجدران ويتم ضبطه عند درجة حرارة ثابتة باستخدام thermostat. أولاً، يستقبل خزان التبلر الأول إمداداً من محلول حمض الأكريليك acrylic acid المائي ويقوم بتبلر محتوى حمض الأكريليك acrylic acid وفصل المحلول المعالج إلى بللورات وسائل أصلي بواسطة جهاز للفصل يعمل بالطرد المركزي، مع غسل البللورات باستخدام الصهارة. يتم بعد ذلك إمداد السائل الأصلي وسائل الغسيل الذي تم الحصول عليهما بشكل متتابع إلى خزان تبلر ثان، بحيث يتم بذلك تبلر محتوى حمض الأكريليك acrylic acid وفصله إلى بللورات وسائل أصلي بواسطة جهاز للفصل يعمل بالطرد المركزي. يتم غسل البللورات المنفصلة باستخدام الصهارة. وبالنسبة لإجمالي كمية تبلر حمض الأكريليك acrylic acid الذي تم الحصول عليه من خزان التبلر الأول وخزان التبلر الثاني معاً فهى لا تقل عن ٢٠٪ بالوزن، ويفضل أن تتراوح هذه الكمية ما بين ٢٠٪ بالوزن، ويفضل أن تتراوح هذه الكمية ما بين ٣٠- ٩٠٪ بالوزن، وتحديداً ما بين ٤٠- ٩٠٪ بالوزن. ونتيجة لذلك، فإن تركيز حمض الأسيتيك acetic acid في السائل الأصلي المتبقي يمكن أن تزيد هنا عن ٢٪ بالوزن. ويتم دمج البللورات الذي تم الحصول عليها لاحقاً مع المحلول المحتوى على حمض الأكريليك acrylic acid والذي خضع لمعالجة أولية بالتنقية، وبعد ذلك تجرى عملية تنقية أخرى للبللورات.

تتضمن عملية التنقية، على سبيل المثال، طريقةً للتبلر التجزيئي ذات مراحل متعددة. ويمكن أداء عملية التبلر هذه بخطوة للتبلر الديناميكي dynamic crystallization يستخدم فيها جهاز للتبلر الديناميكية dynamic crystallizing مزود بجهاز تبلر أنبوبي tubular crystallizing ، وهذا يزود بدوره بوسيلة لضبط درجة الحرارة لأداء عمليات التبلر، والتعرق، والانصهار، مع خزان لاستعادة السائل الأصلي المتكون بعد حدوث التعرق، ومع مضخة لإمداد حمض الأكريليك acrylic acid إلى جهاز التبلر crystallizing device ونقله بعد ذلك من وعاء التخزين الواقع في الجزء الأسفل من جهاز التبلر crystallizing device وصولاً إلى الجزء الأعلى من جهاز التبلر crystallizing device الأنبوبي. وقد تجرى هذه العملية بتجميعة من خطوة تبلر ديناميكي dynamic crystallization وخطوة تبلر إستاتيكي static crystallization باستخدام جهاز تبلر أنبوبي tubular crystallizing مزود بوسيلة لضبط درجة الحرارة لأداء عمليات التبلر والتعرق والانصهار، وهو الجهاز مزود عند الجزء الأسفل منه بصمام سحب خارجي، ويستخدم فيه خزان لاستقبال السائل الأصلي المتكون بعد حدوث التعرق بالتبلر الإستاتيكي static crystallization.

ويتم إدخال المحلول الخام المحتوى على حمض الأكريليك acrylic acid في شكل طور سائل إلى الجهاز التبلر crystallizing device ، وبعد ذلك يتم في سطح التبريد تصلد طور صلب يختلف من حيث التركيب عن الطور السائل liquid phase المدخل إلى الجهاز. وعندما يتصلد جزء من حمض الأكريليك acrylic acid المستخدم يتراوح ما بين ٤٠- ٩٠٪ بالوزن والأفضل ما بين ٥٠- ٨٠٪ بالوزن فإنه يتم فوراً فصل وإزالة الجزء الباقي للطور السائل، وذلك عن طريق إزالة الطور المتبقي بواسطة مضخة (خطوة التبلر الديناميكي dynamic crystallization) أو عن طريق دفق هذا الطور إلى الخارج (تبلر إستاتيكي static crystallization). وبعد ذلك

يمكن أن تجرى خطوات إضافية لغسل الطبقة البللورية أو ما يسمي بطبقة التعرق، وتحديداً عن طريق الانصهار خارج منطقة البللورات غير النقية.

وعند إجراء التبلر الديناميكي dynamic crystallization والتبلر الإستاتيكي static crystallization في خطوة متعددة المراحل فيمكن بشكل منفصل أن تجرى تلك العمليات وفق مبدأ التيار العكسي. ويتم هنا فصل المواد المراد بلورتها في تلك الخطوات عن السائل الأصلي، ثم إمداد تلك المواد المتبلرة إلى خطوات تالية ذات مستويات نقاء أعلى. وفي الوقت نفسه، يتم إمداد تلك المواد المتبقية من عملية التبلر إلى خطوات لاحقة ذات درجة نقاء أقل.

وبصفة عامة فإن جميع الخطوات التي تكون فيها الأحماض ذات درجة نقاء أعلى من المحاليل الخام المحتوية على الحمض تعرف هنا بأنها خطوات للتنقية، بينما تعرف جميع الخطوات الأخرى بأنها خطوات للكشط. وتجرى خطوات الكشط بهدف استرداد حمض الأكريليك acrylic acid الموجود في السائل الأصلي من خطوات التنقية. وهناك صعوبات تواجه عمليات التبلر الديناميكي dynamic crystallization وهى زيادة نسبة حمض الأكريليك acrylic acid مع انخفاض درجة نقائه. وعلى العكس تجرى عملية التبلر الإستاتيكي static crystallization بسهولة مقارنة بعمليات التبلر الديناميكي dynamic crystallization حتى مع انخفاض درجة نقاء حمض الأكريليك acrylic acid . ولغرض زيادة نسبة استرداد حمض الأكريليك acrylic acid تجرى عملية تبلر أخرى إضافية على السائل الأصلي النهائي في عمليات التبلر الديناميكي dynamic crystallization وذلك من خلال عملية للتبلر الإستاتيكي static crystallization .

ويعتمد عدد خطوات التبلر اللازمة على درجة النقاء المتوقعة. وللحصول على حمض الأكريليك acrylic acid بدرجة عالية من النقاء فيفضل هنا أن تجرى خطوة التنقية (خطوة التبلر الديناميكي dynamic crystallization) بعدد مرات يتراوح ما بين ١- ٥، والأفضل أن يتراوح هذا العدد ما بين ٢- ٣، وأن تجرى خطوة الكشط (خطوة التبلر الإستاتيكي static crystallization) بعدد مرات يتراوح ما بين ١- ٥، والأفضل ما بين ١- ٤، وفي خطوة التبلر الديناميكي dynamic crystallization يفضل أن يتراوح هذا العدد ما بين ١- ٥، والأفضل ما بين ١- ٣.

وقد يتم تدوير البقايا المسحوبة من الجولة الأخيرة في خطوة التبلر الإستاتيكي static crystallization إلى سائل أصلي متبقي من عملية التبلر بعد التنقية الأولية المذكورة عاليه، أو يتم السحب هنا إلى خارج الجهاز.

٤- تقطير المحلول المحتوى على حمض الأكريليك acrylic acid

يحتوى السائل الأصلي المتبقي الناتج عن جهاز التبلر crystallizing device (٥٠) على مواد ذات درجة غليان منخفضة مثل حمض الأسيتيك acetic acid والماء ثنائي الصيغة الجزيئية لحمض الأكريليك decomposing acrylic acid dimer ومثبطات البلمرة polymerization inhibitors ، إلى جانب حمض الأكريليك acrylic acid بتركيز عالٍ. ولغرض الاستفادة بشكل فعال من السائل الأصلي المتبقي يقوم هذا الاختراع على إمداد جزء على الأقل من هذا السائل إلى عمود التقطير distillation column (٧٠) بحيث يتم سحب المواد ذات درجة الغليان العالية عن طريق قاع العمود column bottom ، والحصول على مواد ذات درجة الغليان المنخفضة وحمض الأكريليك acrylic acid في شكل ناتج تقطير عن طريق الجزء العلوي من العمود. وتتاح هنا أعمدة أخرى لتعمل بمثابة عمود التقطير distillation column المستخدم لهذا الغرض

(٧٠)، وهذه تشتمل على عمود مندمج، وعمود مزود بلوحة (عمود ذي صواني tray column)، الخ.

وتجرى عملية التبلر تحت ظروف تؤدي إلى حث دفع المواد ذات درجة الغليان المنخفضة مثل الماء وحمض الأسيتيك acetic acid ، وأيضاً حمض الأكريليك acrylic acid عن طريق التقطير. وقد يتم بشكل ملائم اختيار تلك الظروف اعتماداً على تركيز حمض الأكريليك acrylic acid ، وتركيز الماء، وتركيز حمض الأسيتيك acetic acid في السائل الأصلي المتبقي المراد إدخاله. وبصفة عامة يكون من الملائم هنا اختيار الضغط عند قمة العمود (الضغط المطلق) في حدود قيمة تتراوح ما بين ١٠- ٤٠٠ هكتو باسكال hPa ، والأفضل ما بين ١٥- ٣٠٠ هكتو باسكال hPa ، وتحديداً ما بين ٢٠- ٢٠٠ هكتو باسكال hPa . وعند انخفاض قيمة هذا الضغط عن ١٠ هكتو باسكال hPa (الضغط المطلق) فإن هذا النقص سوف تتبعه مساوئ تتمثل في الحاجة إلى عمود ومكثف وجهاز للتفريغ الهوائي، مما يزيد من تكاليف المعدات المستخدمة. وعلى العكس فإنه عند زيادة قيمة الضغط عن ٤٠٠ هكتو باسكال hPa (الضغط المطلق) فإن هذه الزيادة سوف تتبعها مساوئ تتمثل في زيادة درجة الحرارة في عمود التقطير distillation column (٧٠) مما يزيد من احتمال حدوث البلمرة. وبصفة عامة تتراوح درجة الحرارة عند قمة العمود ما بين ٣٠- ٧٠ درجة مئوية، وتحديداً ما بين ٤٠- ٦٠ درجة مئوية، بينما تتراوح درجة الحرارة عند أسفل العمود ما بين ٥٠- ١٤٠ درجة مئوية، وتحديداً ما بين ٦٠- ١٢٠ درجة مئوية. وتحت هذه الظروف التي تجرى فيها عملية التقطير يتم الحصول على منتج التقطير (٧١) الذي يحتوى على تركيز من حمض الأسيتيك acetic acid يزيد عنه في السائل الأصلي المتبقي، وهذا المنتج (٧١) يتم تدويره بعد ذلك إلى عمود الامتصاص absorption column (٣٠).

ولغرض منع المواد القابلة للبلمرة مثل حمض الأكريليك acrylic acid من التعرض لعمليات البلمرة أثناء التقطير، يسمح بإضافة مثبط للبلمرة polymerization inhibitor إلى سائل الارتجاع reflux liquid . ويمكن هنا استخدام عدد من مثبطات البلمرة polymerization inhibitors التي جاء وصفها عاليه، وهى مواد مناسبة ومتاحة بغرض إضافتها للمحلول المائي الماص.

٥- تحلل المركب الثنائي الصيغة الجزيئية حمض الأكريليك Decomposition of Acrylic Acid Dimer

يحتوى السائل القاعدي لعمود التقطير distillation column (٧٠) على مركب ثنائي الصيغة الجزيئية لحمض الأكريليك decomposing acrylic acid dimer ، ويؤدي تحلل هذا المركب إلى استرجاع حمض الأكريليك acrylic acid . وقد لا يحتاج جهاز تحلل هذا المركب إلى أن يكون مقيد بشكل خاص، ولكن يحتاج فقط إلى أن يكون قادر على تحلل المركب ثنائي الصيغة الجزيئية لحمض الأكريليك decomposing acrylic acid dimer ، مع استرجاع الحمض المذكور فيما بعد. وعلى سبيل المثال يمكن أن يكون للجهاز القدرة على تحليل المركب ثنائي الصيغة الجزيئية لحمض الأكريليك decomposing acrylic acid dimer ، مع دفع حمض الأكريليك acrylic acid عن طريق عملية التقطير (راجع براءة الاختراع اليابانية رقم ٣٥٩٧٧-١٩٨٦-ب) وبراءة الاختراع اليابانية رقم ٣٦٥٠١-١٩٨٦-ب). وبشكل مفضل قد يعتمد الجهاز على استخدام عمود مزود بصينية، وهذه يتم تزويدها بمبخر ذي شريحة رقيقة، مع خزان لتحلل المركب ثنائي الصيغة الجزيئية (راجع براءة الاختراع اليابانية رقم ١٢٢٢٢-١٩٩٩-أ).

وقد يستخدم جهاز تحلل المركب ثنائي الصيغة الجزيئية لحمض الأكريليك decomposing acrylic acid dimer والمذكور أعلاه، وذلك بشكل منفصل عن عمود التقطير distillation column (٧٠). ويفضل أن تجرى عملية التحلل في خزان ملحق بعمود التقطير distillation column (٧٠) الذي يزود بمبخر ذي طبقة رقيقة.

وعلى وجه التحديد، يتم إدخال سائل قاع عمود التقطير distillation column (٧٠) (السائل القاعدي للمبخر ذي الطبقة الرقيقة ٧٣) إلى خزان تحلل المركب ثنائي الصيغة الجزيئية (٧٥) بحيث يتم تحلل المركب ثنائي الصيغة الجزيئية لحمض الأكريليك decomposing acrylic acid dimer الموجود في الخزان. ويقوم الخزان بتحليل هذا المركب تحت درجة حرارة تتراوح ما بين ١٢٠- ٢٢٠ درجة مئوية، بزمن احتجاز يتراوح ما بين ٠,١- ٦٠ ساعة تبعاً لاختلاف درجات الحرارة التي يحدث عندها التحلل. وبعد تحلل المركب الثنائي الصيغة الجزيئية وتحوله إلى حمض الأكريليك acrylic acid ، فإن هذا الحمض يتم استرجاعه بعد ذلك عن طريق الجزء العلوي من عمود التقطير distillation column (٧٠) وذلك من خلال تدوير حمض الأكريليك acrylic acid الناتج عن التحلل إلى المبخر ذي الطبقة الرقيقة.

وعند استخدام عمود استرجاع حمض الأكريليك acrylic acid المزود بالمبخر ذي الطبقة الرقيقة وبخزان للتحليل المركب ثنائي الصيغة الجزيئية، وذلك بشكل منفصل عن عمود التقطير distillation column (٧٠) فقد يتم هنا تدوير حمض الأكريليك acrylic acid المسترجع والذي تم الحصول عليه عن طريق الجزء العلوي من عمود استرجاع حمض الأكريليك acrylic acid ، وذلك إلى عمود التقطير distillation column (٧٠) و/أو إلى عمود الامتصاص absorption column (٣٠).

وقد تضاف إلى خزان تحلل المركب ثنائي الصيغة الجزيئية محفِّز لتحلل مثل ملح معدني قلوي، أو ملح معدني لعنصر أرضي قلوي، أو مركب يحتوى على مجموعة N-OXY حسبما ذكر في براءة الاختراع اليابانية رقم ٨٩٦٧٢-٢٠٠٣-أ. وتكون الإضافة هنا أثناء عملية تحلل المركب ثنائي الصيغة الجزيئية لحمض الأكريليك decomposing acrylic acid dimer . وعند استخدام المركب المذكور أعلاه المحتوى على مجموعة N-OXY كمادة مثبطة للبلمرة في خطوة

الامتصاص أو في خطوة التقطير فإنه يعمل بشكل إضافي كمحفِّز لتحلل المركب ثنائي الصيغة الجزيئية لحمض الأكريليك decomposing acrylic acid dimer .

الأمثلة:

سيتم الآن وصف الاختراع بتحديد أكثر من خلال الأمثلة الآتية:

٥ **مثال لإنتاج المحفز:**

تم هنا تحضير محفِّز من النوع الذي يحتوى على molybdenum-bismuth ، وذلك وفق الإجراءات التي جاء وصفها في براءة الاختراع اليابانية رقم ٣٢٥٧٩٥-٢٠٠٠-أ ، ويتم تمييز هذه المادة بـ "المحفز I". وقد تم تحضير المحفز الذي يحتوى على الموليبدنوم molybdenum والفانديوم vanadium ، وذلك وفق الإجراءات التي جاء وصفها في براءة الاختراع اليابانية رقم ٢٠٦٥٠٤-١٩٩٦-أ ، ويتم تمييز هذه المادة بـ "المحفز II".

١٠

مثال (١):

تم إنتاج حمض الأكريليك acrylic acid باستخدام الجهاز الموضح في شكل ١.

لقد تم استخدام مفاعل مزود عند محيطه الخارجي بغطاء لتدوير وسط الحرارة، ويحتوى على أنابيب للتفاعل طول قطرها الداخلي ٢٥ مم وطولها ٧٠٠٠ مم وتزود على مسافة ٣٥٠٠ مم من الجزء السفلي للغطاء برقيقة أنبوبية مثقبة تقوم بتقسيم الغلاف المحتوى على وسط الحرارة إلى نصفين أحدهما علوى والآخر سفلي. ويحتوى الجزء السفلي (منطقة التفاعل الأولى) والجزء العلوي (منطقة التفاعل الثانية) في المفاعل على درجات من الحرارة يتم ضبطها والتحكم فيها

١٥

عن طريق تدوير أوساطها الحرارية المناظرة وقد تم تعبئة المفاعل بـ: (١) كرات خرفية يبلغ متوسط طول قطرها ٥ مم، و(٢) خليط من المحفز (I) والكرات الخرفية ذات متوسط طول القطر ٥ مم وذلك بنسبة حجمية قدرها ٧٠: ٣٠، و(٣) المحفز (I)، و(٤) حلقات من معدن غير قابل للصدأ طول قطرها الخارجي ٥ مم وطول قطرها الداخلي ٤,٥ مم وطولها ٦ مم، و(٥) خليط من المحفز (II) والكرات الخزفية التي يبلغ متوسط طول قطرها ٥ مم، وذلك بنسبة قدرها ٧٥: ٢٥، و(٦) المحفز II موضوعة بشكل متتابع من الجزء السفلي تجاه الجزء العلوي من المفاعل بأطوال طبقة مناظرة قدرها ٢٥٠ مم، و٧٠٠ مم، و٢٣٠٠ مم، و٥٠٠ مم، و٦٠٠ مم، و١٩٠٠ مم.

وإلى منطقة التفاعل الأولى في المفاعل يتم تدوير هواء يحتوى على بروبيلين propylene (تركيز المكون المائي water component ٢٪ بالوزن)، وجزء من الغاز المنصرف (غاز إعادة التدوير recycle gas) الناتج عن عمود الامتصاص absorption column ، وذلك لإمداد نسبة حجمية من البروبيلين propylene قدرها ٨٪، ونسبة حجمية من الأكسجين oxygen قدرها ١٤,٤٪، ونسبة حجمية من الماء قدرها ٢٪. (ويحتوى الباقي على نتروجين N2 ، وبروبان propane ، وCOx، وحمض أكريليك acrylic acid ، وحمض أسيتيك acetic acid) بمعدلات تدفق مناظرة وعند درجة حرارة تبريد لغاز إعادة التدوير recycle gas ثم ضبطها لتثبيت سرعة فراغية في مدرجة التفاعل الأولى عند ١٢٥٠ في الساعة$^{-1}$ (STP).

وقد تم ضبط درجات حرارة الوسط الحراري لمنطقة التفاعل الأولى والثانية بحيث يثبت معدل تحول البروبيلين propylene عند نسبة جزيئية قدرها ٩٧ ±٠,٥٪، وبحيث يثبت ناتج تركيز الأكرولين acrolein عند نسبة جزيئية قدرها ١ ± ٠,٥٪ تحت ضغط عند المنفذ قدره ٠,١٥ ميجا باسكال (ضغط مطلق) لمنطقة التفاعل الثانية. وبالتالي فإن الغاز المحتوى على حمض

الأكريليك acrylic acid بنسبة قدرها ١٦,٦٢٪ بالوزن قد تم هنا الحصول عليه بمعدل قدره ١٨,٧٧ كجم/ ساعة.

وبعد ذلك تم تبريد الغاز المحتوى على حمض الأكريليك acrylic acid إلى ٢٠٠ درجة مئوية بواسطة جهاز التبريد الأولّى، وتم ترقيده على عمود لامتصاص حمض الأكريليك acrylic acid بحيث يمكن جمع المحلول المحتوى على هذا الحمض.

لقد كان عمود الامتصاص absorption column المذكور عبارة عن عمود معبأ مملوء بمواد تعبئة مشكلّة تصنعّ عدداً من اللوحات النظرية قدره ٢١ محسوبة بعمليات حسابية عند الجزء السفلي من العمود، مع منفذ لإمداد الغاز المحتوى على حمض الأكريليك acrylic acid ومنفذ لخروج السائل الماص. وعند الجزء العلوي من العمود هناك منفذ للدخول للمحلول المائي الماص وآخر لخروج الغاز، ويزود الجزء الجانبي من العمود (اللوحة النظرية التاسعة عشرة) بأنبوب لإمداد السائل الموجود عند قمة العمود من عمود التقطير distillation column ، كما يزود أيضاً بجهاز التبريد الجزء من الغاز المنصرف عبر قمة العمود column top.

ويستخدم الماء المحتوى على هيدروكينون hydroquinone وذلك بمثابة ماء للامتصاص بكمية تعادل ٢٠٠ جزء بالمليون على أساس الوزن إلى كمية حمض الأكريليك acrylic acid الموجود في الغاز المحتوى على هذا الحمض والمدخل إلى عمود الامتصاص absorption column ، وكان معدل إمداد هذا الماء بواقع ١,٠١ كجم/ ساعة.

وقد أجريت عملية الامتصاص تحت درجة حرارة عند قمة عمود امتصاص absorption column حمض الأكريليك acrylic acid قدرها ٦٦,٩ درجة مئوية، وتحت ضغط مطلق عند قمة العمود قدره ٠,١١ ميجا باسكال، وحرارة تبريد لغاز إعادة التدوير recycle gas قدرها ٤٠,٦ درجة مئوية، وبمعدل إعادة تدوير قدره ٢٩٪. وقد تم تدوير ناتج التكثيف الذي تم الحصول عليه عن

طريق تبريد غاز إعادة التدوير recycle gas وذلك وصولاً به إلى عمود الامتصاص absorption column .

ومن خلال الجزء الجانبي من العمود، فإن السائل الذي تم تدويره والذي يشتمل على نواتج تقطير عمود التقطير distillation column مع السائل الأصلي المتبقي الناتج عن جهاز التبلر crystallizing device بنسب وزنية قدرها ٧٤,٨٪ حمض أكريليك acrylic acid ، و٨,٦٪ ماء، ٥,١٪ حمض أسيتيك acetic acid ، و ٢,١ حمض ماليك maleic acid ، و٠,٢٪ فورفورال furfural ، و٠,٨ بنزالدهيد benzaldehyde ، و٠,٢ فورمالدهيد formaldehyde ، و٤,٢ ٪ مركب ثنائي الصيغة الجزيئية لحمض الأكريليك decomposing acrylic acid dimer ، و٤٪ شوائب أخرى قد تم إمداده هنا بمعدل ١,٩٠ كجم/ ساعة.

وفي هذا الوقت، كانت كفاءة امتصاص حمض الأكريليك acrylic acid في عمود الامتصاص absorption column ٩٨,٢٢٪.

وقد تم إمداد المحلول المحتوى على حمض الأكريليك acrylic acid إلى الجزء العلوى من العمود المعبأ الذي يبلغ طول قطره الداخلي ١٠٠مم ويبلغ ارتفاع الطبقة المعبأة منه ٥ متر، وذلك لفصل الأكرولين acrolein عن طريق الحفاظ على قيمة للضغط عند قمة العمود قدرها ٦٢٥ هكتو باسال (ضغط مطلق)، ودرجة حرارة عند قاع العمود column bottom قدرها ٧٠ درجة مئوية بالتسخين. ونتيجة لذلك، فإن المحلول المائي المحتوى على حمض الأكريليك acrylic acid والذي يحتوى على نسب وزنية قدرها ٨٩٪ حمض أكريليك acrylic acid ، و٣,٢٪ ماء، و١,٩ حمض أسيتيك acetic acid ، و١,١ حمض ماليك maleic acid ، و٠,٠٧٪ فورفورال furfural ، و٠,٣٪ بنزالدهيد benzaldehyde ، و٠,٠٦ فورمالدهيد formaldehyde ، و٢,٣ مركب ثنائي الصيغة الجزيئية لحمض الأكريليك decomposing acrylic acid dimer ،

و٢,٠٧٪ شوائب أخرى قد تم الحصول عليه هنا بمعدل قدره ٥,١٠ كجم/ ساعة. أما الغاز الذي تم الحصول عليه من الجزء العلوي للعمود فقد تم إمداده إلى الجزء الأسفل من عمود امتصاص absorption column حمض الأكريليك acrylic acid .

وقد تم بعد ذلك إمداد هذا المحلول المحتوى على حمض الأكريليك acrylic acid إلى جهاز للتبلر لبلورته في هذا الجهاز. ويتكون جهاز التبلر crystallizing device من اثنين من أدوات التبلر يتصلان مع بعضهما على التوالي وفق الطريقة التي جاء وصفها في صفحات ٧٧- ٩٨ من عدد يوليو ٢٠٠١ من مجلة "Chemical Devices". وقد احتوت كل من أجهزة التبلر على خزان التبلر على خزان أفقي للتبلر ذي فراغ داخلي مقسم بواسطة عدة لوحات للتبريد (حيث تم فصل الأجزاء السفلي منه بواسطة فجوة تعمل كممر). وقد اجريت عمليات التبريد والتبلر من خلال لوحات التبريد تلك. وهناك قائمة تقليب عمودية ثم توفيرها عند مراكز لوحات التبريد، مع مناشف تعمل على تجديد أسطح التبريد، ومع ريشات للتقليب. وقد أزيح السائل الذي تم توفيره من خلال منفذ إمداد سائل المادة الخام عند إحدى النهايات الطرفية وذلك بواسطة عمود التقليب عبر الممر الواقع أسفل لوحات التبريد في اتجاه النهاية الطرفية الأخرى. وعند إمداد المحلول المحتوى على حمض الأكريليك acrylic acid إلى جهاز التبلر crystallizing device الأول يقوم هذا الجهاز بتبلر حمض الأكريليك acrylic acid ، وبالتالي يعمل السير المرشح على فصل المحلول إلى بللورات وسائل أصلي، ثم إمداد هذا السائل الأصلي الذي تم الحصول عليه لاحقاً إلى جهاز التبلر crystallizing device الثاني. ويقوم جهاز التبلر crystallizing device الثاني بتبلر حمض الأكريليك acrylic acid ، وبالتالي يعمل السير المرشح في هذه الحالة على فصل المحلول إلى بللورات وسائل أصلي. ويعمل جهاز التبلر crystallizing device تحت درجة حرارة لوحات التبريد في جهاز التبلر crystallizing device الأول والتي تم ضبطها عند درجة صفر درجة مئوية، وتحت درجة حرارة لوحات التبريد في جهاز التبلر crystallizing device

الثاني والتي تم ضبطها عند درجة ٧٠ درجة مئوية، وبكمية من تبلر حمض الأكريليك acrylic acid الذي تم الحصول عليها بشكل مترافق من جهاز التبلر crystallizing device الأول والثاني قدرها ٦٨٪ بالوزن نسبة إلى كمية حمض الأكريليك acrylic acid التي تم إمدادها إلى جهاز التبلر crystallizing device الأول. وقد تم بعد ذلك إمداد البللورات الذي تم الحصول عليها بواسطة جهاز التبلر crystallizing device الأول والثاني إلى جهاز تنقية البللورات.

ويتطابق هذا الجهاز مع جهاز التبلر crystallizing device الذي جاء وصفه في صفحات ٧٦-٧٧ من عدد يوليه ٢٠٠١ من مجلة "Chemical Devices"، وفي براءة الاختراع اليابانية رقم ٤٠٦٢١-١٩٧٢-ب وعلى وجه التحديد، تم تزويد اسطوانة معدنية بامتداد مركزها بناقل حلزوني يندمج مع الجزء الأعلى منه بوسيلة لدمج البللورات، ومنفذ لخروج المنتج الناتج عن الصهر عند الجزء الأسفل، مع فتحة لخروج السائل المتبقي، ومع منفذ لإمداد البللورات عند الجزء الجانبي منها. ويتم نقل البللورات إلى الجزء العلوي من جهاز التنقية بواسطة ناقل حلزوني، مع دمج تلك البللورات بواسطة وسيلة للدمج. وقد تم سحب الصهارة الناتجة خلال منفذ مخرجات المنتج وتركت نسبة وزنية قدرها ١٠٪ من الصهارة لتهبط من الجزء العلوي للجهاز. وعند هبوط الصهارة يمكن توصيل البللورات بواسطة الناقل الحلزوني لأغراض الغسل والبثق. وقد تم سحب السائل الهابط من الجزء العلوي خلال منفذ مخرجات السائل المتبقي أدناه.

وهكذا تم الحصول على حمض أكريليك acrylic acid بنسبة بقاء قدرها ٩٩,٩٤٪ بالوزن، وذلك بمعدل قدره ٣,١٢ كجم/ ساعة. وفي هذا الوقت، احتوى حمض الأكريليك acrylic acid على كمية من الماء قدرها ٤٠ جزء بالمليون بالوزن، وكمية من حمض الأسيتيك acetic acid قدرها ٥١٥ جزء بالمليون بالوزن، وكمية من حمض الماليك maleic acid قدرها ٤ جزء بالمليون بالوزن، وكمية من الفورفورال furfural قدرها ٠,١ جزء بالمليون بالوزن، وكمية من

البنـــزالدهيد benzaldehyde قدرها ٠,٥ جزء بالمليون بـــالوزن، وكميـــة مـــن الفورمالدهيـــد formaldehyde قدرها صفر جزء بالمليون بالوزن، مع كمية مـــن المركـــب ثنـــائي الـــصيغة الجزيئية لحمض الأكريليـــك decomposing acrylic acid dimer قـــدرها ٤٠ جـــزء بـــالمليون بالوزن.

وكان ناتج تنقية حمض الأكريليك acrylic acid ٩٩,٩٪.

وهناك نسبة قدرها ٣٠٪ من السائل الأصلي المتبقي الذي تم الحصول عليه من جهـــاز التبلـــر crystallizing device الثاني، مع السائل المتبقي المسحوب من جهاز تنقية البللـــورات، وهـــذه النسبة تم إمدادها إلى الجزء الوسطى من عمود التقطير distillation column الخـــاص بجهـــاز تحلل المركب ثنائي الصيغة الجزيئية لحمـــض الأكريليـــك decomposing acrylic acid dimer .

ويتكون هذا الجهاز الأخير من عمود تقطير مزود بصينية تدفق ثنـــائي (١٥) وخـــزان لتحلـــل المركب ثنائي الصيغة الجزيئية لحمض الأكريليك decomposing acrylic acid dimer ، مع جهاز تبخير ذي طبقة رقيقة. وقد تم التبخير هنا بإجراء تحلل حراري تحت درجة حرارة ١٤٥ درجة مئوية في خزان تحلل المركب ثنائي الصيغة الجزيئية، وبزمن احتجاز قدره ٤ ســـاعات، مـــع التحكم في المبخر ذي الطبقة الرقيقة بحيث يتم ضـــبط درجـــة الحـــرارة فـــي قـــاع العمـــود column bottom عند ٨٥ درجة مئوية، ونسبة ارتجاع قدرها ٠,١، وضغط عند قمـــة العمـــود قدره ٣٣ هكتو باســـكال hPa ، مـــع إضـــافة 4H- TEMPO (4-hydroxy-2,2,6,6-tetramethyl piperidinoxyl) كمادة مثبتة من ســـائل الارتجـــاع reflux liquid إلـــى حمـــض الأكريليـــك acrylic acid الذي يتم إمداده إلى عمود التقطير distillation column بكمية تعادل ٢٠٠ جـــزء بالمليون نسبة إلى حمض الأكريليك acrylic acid الـــذي يـــتم إمـــداده إلـــى عمـــود التقطيـــر distillation column . وإلى خزان تحلل المركب الثنائي الصيغة الجزيئية تم إمداد نسبة وزنيـــة

قدرها ٢٠٪ من محلول مائي من هيدروكسيد الصوديوم sodium hydroxide ليعمل كمحفز لتحلل المركب ثنائي الصيغة الجزيئية لحمض الأكريليك decomposing acrylic acid dimer بكمية قدرها ٠,٠٤٪ بالوزن (في صورة هيدروكسيد صوديوم sodium hydroxide مختزل) نسبة إلى السائل الأصلي المتبقي المراد إمداده.

ومن الجزء الأعلى من العمود تم استرجاع حمض الأكريليك acrylic acid الذي يحتوى على نسبة وزنية من حاض الأكريليك acrylic acid قدرها ٨٢,٩٪، ونسبة وزنية من الماء قدرها ٩,٦٪، مع نسبة وزنية من حمض الأسيتيك acetic acid قدرها ٥,٧٪، وذلك بمعدل ٠,٥١ كجم/ ساعة. وقد تم تدوير حمض الأكريليك acrylic acid المسترجع بالترافق مع السائل الأصلي المتبقي في جهاز التبلر crystallizing device الثاني وفي جهاز تنقية البللورات، وذلك إلى الجزء الجانبي من عمود الامتصاص absorption column ، وكان للسائل الذي تم تدويره التركيب الآتي: ٧٤,٨٪ بالوزن حمض أكريليك acrylic acid ، ٨,٦٪ بالوزن ماء، ٥,١ بالوزن حمض أسيتيك acetic acid ، ٢,١ بالوزن حمض ماليك maleic acid ، ٠,٢ بالوزن فورفورال furfural ، ٠,٨٪ بالوزن بنزالدهيد benzaldehyde ، ٠,٢٪ بالوزن فورمالدهيد formaldehyde ، ٤,٢ بالوزن من مركب ثنائي الصيغة الجزيئية لحمض الأكريليك decomposing acrylic acid dimer ، ٤٪ بالوزن شوائب أخرى.

مثال رقم (٢)

تم إنتاج حمض الأكريليك acrylic acid باستخدام الجهاز الموضح في شكل رقم ٢.

وقد أجريت عملية الإنتاج بإتباع الإجراءات المذكورة في مثال ١، مع الإمداد بسائل تدوير يحتوى على نواتج التقطير الذي تم الحصول عليها من العمود، مع السائل الأصلي المتبقي في جهاز التبلر crystallizing device والذي يتكون من ٧٧,٥٪ بالوزن حمض أكريليك

acrylic acid ، و٨,٥ بالوزن ماء، ٤,٨٪ بالوزن حمض أسيتيك acetic acid ، و٢,١ بالوزن حمض ماليك maleic acid ، و٠,٢ بالوزن فورفورال furfural ، و٠,٦٪ بالوزن بنزالدهيد benzaldehyde ، و٠,٢٪ بالوزن فورمالدهيد formaldehyde ، و٢,٥٪ بالوزن مركب ثنائي الصيغة الجزيئية لحمض الأكريليك decomposing acrylic acid dimer ، مع ٣,٦٪ بالوزن شوائب أخرى من الجزء الجانبي للعمود. وبالتالي تم هنا الحصول على محلول مائي من حمض الأكريليك acrylic acid يحتوى على ٨٩,٩٪ بالوزن حمض أكريليك acrylic acid ، ٣,٢٪ بالوزن ماء، ١,٩٪ بالوزن حمض أسيتيك acetic acid ، ١,١ بالوزن حمض ماليك maleic acid ، ٠,٠٦ بالوزن فورفورال furfural ، ٠,٢٪ بالوزن بنزالدهيد benzaldehyde ، ٠,٠٦٪ بالوزن فورمالدهيد formaldehyde ، ١,٦٪ بالوزن مركب ثنائي الصيغة الجزيئية لحمض الأكريليك decomposing acrylic acid dimer ، مع ١,٩٨٪ بالوزن شوائب أخرى، وذلك من الجزء الموجود في القاع للعمود المعبأ وبمعدل قدره ٥,٠٥ كجم/ ساعة. وقد تم إمداد الغاز الذي تم الحصول عليه من الجزء الأعلى للعمود إلى الجزء الأسفل من عمود امتصاص absorption column حمض الأكريليك acrylic acid .

وكانت كفاءة امتصاص حمض الأكريليك acrylic acid في عمود الامتصاص absorption column ٩٨,٢١٪.

بعد ذلك، تم إمداد المحلول المائي لحمض الأكريليك acrylic acid إلى جهاز التنقية الأولية المكون من خزان للتبلر وجهاز للفصل يعمل بالطرد المركزي وذلك لإجراء عملية تبلر للمحلول. ويتكون خزان التبلر من وعائين يرتبطان مع بعضهما على التوالي ويزود كل منهما بأداة للتقليب وغلاف ثنائي الجدران. ويتم التحكم في هذا الغلاف عند درجة حرارة ثابتة بواسطة ترموستات. ويتم أولاً إمداد المحلول المائي لحمض الأكريليك acrylic acid إلى خزان التبلر

الأول. ويقوم هذا الوعاء بتبلر حمض الأكريليك acrylic acid في المحلول، مما يتسبب في قيام جهاز الفصل بفصل المحلول إلى بللورات وسائل أصلي، وغسل البللورات بواسطة صهارة. وبعد ذلك تم إمداد السائل الأصلي وسائل الغسيل الذي تم الحصول عليهما لاحقاً إلى خزان تبلر ثاني. ويقوم هذا الوعاء بتبلر حمض الأكريليك acrylic acid في المحلول، مما يتسبب في قيام أداة الفصل التي تعمل بالطرد المركزي بفصل المحلول إلى بللورات وسائل أصلي، وغسل البللورات بواسطة صهارة. وقد كانت درجة حرارة غلاف خزان التبلر الأول ٥ درجة مئوية، وكانت درجة حرارة غلاف خزان التبلر الأول والثاني ١٤ درجة مئوية، وكان إمداد سائل الغسيل بمعدل ٠,١٦ كجم/ ساعة. ومن خزان التبلر الأول والثاني تم الحصول على حمض الأكريليك acrylic acid يحتوى على ٩٨,٩٪ بالوزن حمض أكريليك acrylic acid ، و٠,٢٪ بالوزن ماء، و٠,٣٪ بالوزن حمض أسيتيك acetic acid ، ٠,٣٪ بالوزن حمض ماليك maleic acid ، و٠,٠٠٣٪ بالوزن فورفورال furfural ، و٠,٠١٪ بالوزن بنزالدهيد benzaldehyde ، و٠,٠٠٢٪ بالوزن فورمالدهيد formaldehyde ، مع ٠,٤ بالوزن مركب ثنائي الصيغة الجزيئية لحمض الأكريليك decomposing acrylic acid dimer ، وذلك بمعدل ٣,١٥ كجم/ ساعة.

تم إمداد نسبة قدرها ٣٠٪ من السائل الأصلي المتبقي الذي تم الحصول عليه من خزان التبلر (٢) إلى الجزء الوسطي لعمود التقطير distillation column في الجهاز الخاص بتحلل المركب الثنائي الصيغة الجزيئية لحمض الأكريليك decomposing acrylic acid dimer . ويتشابه هذا الجهاز مع الجهاز المستخدم في مثال ١، وتم تشغيله تحت نفس الظروف الواردة في مثال ١.

ومن الجزء الأعلى للعمود، تم استرجاع منتج التقطير المحتوى على ٨٤٪ بالوزن حمض الأكريليك acrylic acid ، و٩,٣٪ بالوزن ماء، و٥,٣٪ بالوزن حمض أسيتيك acetic acid ،

وذلك بمعدل ٠,٥٠ كجم/ ساعة. وقد تم تدوير منتج التقطير المسترجع بالترافق مع السائل الأصلي المتبقي إلى الجزء الجانبي لعمود الامتصاص absorption column . وقد كان للسائل الذي تم تدويره التركيب الآتي: ٧٧,٥٪ بالوزن حمض أكريليك acrylic acid ، و٨,٥٪ بالوزن ماء، و٤,٨٪ بالوزن حمض أسيتيك acetic acid ، و٢,١٪ بالوزن حمض ماليك maleic acid ، و٠,٠٢٪ بالوزن فورفورال furfural ، و٠,٦٪ بالوزن بنزالدهيد benzaldehyde ، و٠,٢٪ بالوزن فورمالدهيد formaldehyde ، مع ٢,٥٪ بالوزن مركب ثنائي الصيغة الجزئية لحمض الأكريليك acrylic acid ، مع ٣,٦٪ بالوزن شوائب أخرى.

وقد تم عندئذ إمداد حمض الأكريليك acrylic acid الذي تم الحصول عليه من خزان التبلر إلى جهاز تبلر آخر، ثم تنقيته في هذا الجهاز عن طريق خطوة للتبلر الديناميكي dynamic crystallization تجرى مرتين متكررتين. وفضلاً عن ذلك تمت معالجة المتبقي من عملية التبلر في هذه الخطوة للتنقية وذلك بأداء خطوة للتبلر الديناميكي dynamic crystallization ٣ مرات متكررة، مع خطوة للتبلر الإستاتيكي static crystallization تجرى مرتين متكررتين.

وقد أجريت عملية التبلر الديناميكي dynamic crystallization في جهاز لتنقية البللورات مطابق لجهاز التبلر crystallizing device الذي تم الكشف عنه في براءة الاختراع اليابانية رقم ٤١٦٣٧-١٩٧٨-ب. وعلى وجه التحديد، كان هذا الجهاز عبارة عن اسطوانة معدنية تزود عند الجزء الأسفل من بوعاء تخزين، وتبلغ قياساتها ٦ مم طولاً، و٧٠ مم قطر داخلي، وتتكيف لنقل السائل الموجود في وعاء التخزين إلى الجزء العلوي من الاسطوانة بواسطة مضخة للتدوير تسمح بتدفق السائل أسفل سطح الجدار الداخلي للاسطوانة في شكل شريحة رقيقة هابطة. وقد تم تزويد الاسطوانة عند السطح بغلاف ثنائي الجدران تم التحكم فيه بحيث يحتجز عند درجة

حرارة ثابتة معينة بواسطة الترموستات. وقد تم أداء إحدى دورات التبلر الـديناميكي dynamic crystallization وذلك وفق الإجراءات الآتية:

١- **التبلر** Crystallization : تم إمداد حمض الأكريليك acrylic acid إلى وعاء التخزين وسمح له بالهبوط أسفل سطح جدار الاسطوانة في شكل شريحة رقيقة هابطة بواسطة مضخة للتدوير بحيث يتم خفض درجة حرارة الغلاف إلى مستوى يقل عن درجة التصلد، مع ترسيب بنسبة ٦٠- ٨٠٪ بالوزن من بللورات حمض الأكريليك acrylic acid الموجودة على سطح الجدار.

٢- **التعرق** Sweating: تم إيقاف مضخة التدوير وتم رفع درجة حرارة الغلاف إلى مستوى يقارب درجة التصلد، وذلك لحث تعرق حوالي ٢- ٥٪ بالوزن من البللورات. وبالنسبة للصهارة المتبقية بعد التعرق فقد تم كشطها إلى الخارج بواسطة المضخة.

٣- **الإنصهار** Melting : تم رفع درجة حرارة الغلاف إلى مستوى يعلو درجة التصلد، وذلك لحث عملية انصهار البللورات. وقد تم كشط الصهارة الناتجة إلى الخارج بواسطة المضخة.

وفي العملية التي جاء وصفها عاليه كانت درجة الحرارة ودرجة التصلد معتمدةً على الخطوات ذات العلاقة.

وقد أجريت عملية التبلر الإستاتيكى static crystallization في أنبوب مزود عند الجزء السفلي منه بصمام للسحب طول قطره الداخلي ٩٠ مم وطوله ١ متر، ومزود عند سطحه بغلاف ثنائي الجدران. وقد تم التحكم في هذا الغلاف بحيث يتم احتجازه عند مستوى معين ثابت بواسطة

ترموستات. وفي جولة من دورات التبلر الإستاتيكي static crystallization تم تنفيذ إحدى تلك الدورات وفقاً للإجراءات الآتية:

١- **التبلر** Crystallization : تم الإمداد بحمض الأكريليك acrylic acid إلى أنبوب، مع تبلر نسبة وزنية منه قدرها ٦- ٨٠٪ عن طريق خفض درجات حرارة الغلاف إلى مستوى أقل من درجة التصلد.

٢- **التعرق** Sweating : تم سحب السائل الأصلي المتبقي بعد التبلر خلال الجزء الأسفل من الأنبوب، ثم بثقت نسبة وزنية منه تتراوح ما بين ١٥- ٢٥٪ مع رفع درجة حرارة الغلاف إلى مستوى يقارب درجة التصلد. وبعد التعرق تم سحب السائل المتكون عن طريق التعرق.

٣- **الإنصهار** Melting : تم رفع درجة حرارة الغلاف إلى مستوى يزيد عن درجة التصلد، وذلك لحث انصهار البللورات. وقد تم سحب الصهارة والحصول على حمض أكريليك acrylic acid ذي درجة نقاء عالية تصل إلى ٩٩,٩٥٪ بالوزن، وذلك بمعدل ٣,٠٧ كجم/ ساعة.

وفي هذا الوقت، احتوى حمض الأكريليك acrylic acid على ١٠ جزء بالمليون من الماء، و٤٧٥ جزء بالمليون بالوزن من حمض الأسيتيك acetic acid ، و٢ جزء بالمليون بالوزن من حمض الماليك maleic acid ، و٠,١ جزء بالمليون بالوزن من الفورفوال furfural ، و٠,٠٣ جزء بالمليون بالوزن من البنزالدهيد benzaldehyde ، وصفر جزء بالمليون بالوزن من الفورمالدهيد formaldehyde ، و١٢ جزء بالمليون بالوزن من المركب ثنائي الصيغة الجزيئية لحمض الأكريليك decomposing acrylic acid dimer .

وكان مستوى النقاء في حمض الأكريليك acrylic acid الناتج ٩٨,٥٪.

مثال رقم (٣):

تم إنتاج حمض الأكريليك acrylic acid باستخدام الجهاز الموضح في شكل (١).

وقد أجريت عملية الإنتاج هذه بإتباع الإجراءات المذكورة في مثال ١، مع إمداد سائل التدوير المكَون في عمود التقطير distillation column والسائل الأصلي المتبقي عند جهاز التبلر crystallizing device والذي يحتوى على ٨٣,٥٪ بالوزن حمض الأكريليك acrylic acid ، و٦,٧٪ بالوزن ماء، و٣,١٪ بالوزن حمض أسيتيك acetic acid ، و١,٣٪ بالوزن حمض ماليك maleic acid ، و١,٤٪ بالوزن فورفورال furfural ، و٠,٥٪ بالوزن بنزالدهيد benzaldehyde ، و٠,٢٪ بالوزن فورمالدهيد formaldehyde ، و٢,٦٪ بالوزن حمض أكريليك acrylic acid ، و٠,٧٪ بالوزن شوائب أخرى، وذلك خلال الجزء الجانبي من العمود. وبعد ذلك تم الحصول على محلول حمض أكريليك acrylic acid يحتوى ٩٠,٢٪ بالوزن حمض الأكريليك acrylic acid ، و٣,٤٪ بالوزن ماء، و١,٦٪ بالوزن حمض أسيتيك acetic acid ، و١٪ بالوزن حمض ماليك maleic acid ، و٠,٧٪ بالوزن فورفورال furfural ، و٠,٣٪ بالوزن بنزالدهيد benzaldehyde ، و٠,٠٩٪ بالوزن فورمالدهيد formaldehyde ، و٢,٤٪ بالوزن مركب ثنائي الصيغة الجزيئية لحمض الأكريليك decomposing acrylic acid dimer ، و٠,٣١٪ بالوزن شوائب أخرى، وذلك من الجزء الأسفل من العمود بمعدل ٦,٣٦ كجم/ ساعة. وقد تم إمداد الغاز الذي تم الحصول عليه من الجزء الأعلى من العمود وصولاً به إلى الجزء الأسفل لعمود امتصاص absorption column حمض الأكريليك acrylic acid . وفي الوقت نفسه، كانت كفاءة امتصاص حمض الأكريليك acrylic acid في عمود الامتصاص absorption column ٩٨,٢٠٪.

تمت بعد ذلك تنقية هذا المحلول المائي لحمض الأكريليك acrylic acid باستخدام نفس جهاز التبلر الديناميكي dynamic crystallization في مثال -٢، مع أداء عملية التبلر الديناميكي dynamic crystallization ٤ مرات.

وهكذا، تم الحصول على حمض الأكريليك acrylic acid بدرجة نقاء عالية تصل إلى ٩٩,٩٤٪ بالوزن بمعدل ٣,٠٩ كجم/ ساعة.

وفي هذا الوقت، احتوى حمض الأكريليك acrylic acid على ١٠٠ جزء بالمليون بالوزن من الماء، و٤٥٠ جزء بالمليون بالوزن حمض أسيتيك acetic acid ، و٣ جزء بالمليون بالوزن حمض ماليك maleic acid ، و٠,٤ جزء بالمليون بالوزن فورفورال furfural ، و٠,١ جزء بالمليون بالوزن بنزالدهيد benzaldehyde ، وصفر جزء بالمليون بالوزن فورمالدهيد formaldehyde ، و٣٠ جزء بالمليون بالوزن مركب ثنائي الصيغة الجزيئية لحمض الأكريليك decomposing acrylic acid dimer .

وكانت درجة نقاء حمض الأكريليك acrylic acid ٩٩٪.

وقد تم إمداد ٤٥٪ من السائل الأصلي المتبقي بالخطوة الخاصة بالتبلر الديناميكي dynamic crystallization إلى الجزء الوسطى من عمود تقطير المركب ثنائي الصيغة الجزيئية لحمض الأكريليك decomposing acrylic acid dimer في جهاز التحلل، وكان عمود التحلل والتقطير المستخدم للمركب ثنائي الصيغة الجزيئية لحمض الأكريليك decomposing acrylic acid dimer مماثلاً للعمود المستخدم في مثال -١، كما تم تشغيله تحت نفس الظروف التي تم فيها تشغيل العمود في مثال -١.

ومن خلال الجزء الأعلى للعمود تم استرجاع منتج تقطير يحتوى على ٨٦,٤٪ بالوزن حمض أكريليك acrylic acid ، و٧,٠٪ بالوزن ماء، و٣,٢٪ بالوزن حمض أسيتيك acetic acid ، وذلك بمعدل ١,٤٢ كجم/ ساعة. وقد تم تدوير منتج التقطير بالترافق مع السائل الأصلي المتبقي إلى الجزء الجانبي من عمود الامتصاص absorption column ، وكان للسائل الذي تم تدويره التركيب الآتي: ٨٣,٥٪ بالوزن حمض أكريليك acrylic acid ، و٦,٧٪ بالوزن ماء، و٣,١٪ بالوزن حمض أسيتيك acetic acid ، و١,٣٪ بالوزن حمض ماليك maleic acid ، و١,٤٪ بالوزن فورفورال furfural ، و٠,٥٪ بالوزن بنزالدهيد benzaldehyde ، و٠,٢٪ بالوزن فورمالدهيد formaldehyde ، و٢,٦٪ بالوزن المركب ثنائي الصيغة الجزيئية لحمض الأكريليك decomposing acrylic acid dimer ، مع ٠,٧٪ بالوزن شوائب أخرى.

مثال مقارن (١):

تم التشغيل هنا بنفس الإجراءات المتبعة في مثال -١، مع استبعاد عملية تدوير السائل المكون من نواتج التقطير على عمود التقطير distillation column والسائل الأصلي المتبقي عن جهاز التبلر crystallizing device إلى عمود الامتصاص absorption column . وبالتالي تم هنا الحصول على محلول مائي من حمض الأكريليك acrylic acid يحتوى على ٩٠٪ بالوزن حمض أكريليك acrylic acid ، و٤,٧٪ بالوزن ماء، و٢,٨٪ بالوزن حمض أسيتيك acetic acid ، و٥٪ بالوزن حمض ماليك maleic acid ، و٠,٠٣٪ بالوزن فورفورال furfural ، و٠,٠٣٪ بالوزن بنزالدهيد benzaldehyde ، و٠,٠١٪ بالوزن فورمالدهيد formaldehyde ، و١٪ بالوزن مركب ثنائي الصيغة الجزيئية لحمض الأكريليك decomposing acrylic acid dimer ، مع ٠,٠٣٪ بالوزن شوائب أخرى، وذلك عن طريق قاعدة العمود المعبأ وبواقع ٣,٤٦ كجم/ ساعة. قد تم إمداد الغاز الذي تم الحصول عليه عن طريق الجزء الأعلى للعمود إلى الجزء

الأسفل من عمود امتصاص absorption column حمض الأكريليك acrylic acid . وفي المثال المقارن -١، كانت كفاءة امتصاص حمض الأكريليك acrylic acid ٩٧,٩٠٪.

وقد تمت تنقية المحلول المائي لحمض الأكريليك acrylic acid المذكور عاليه، و٨٠٪ من السائل الأصلي الناتج عن خطوة التبلر (والذي يتكون من ٤٣,٦٪ بالوزن حمض أكريليك acrylic acid ، و٢٧,١٪ بالوزن ماء، و١٥,١٪ بالوزن حمض أسيتيك acetic acid ، و٢,٩٪ بالوزن حمض ماليك maleic acid ، و٠,١٪ بالوزن فورفورال furfural ، و١٪ بالوزن بنزالدهيد benzaldehyde ، و٠,٥٪ بالوزن فورمالدهيد formaldehyde ، و٥,٨٪ بالوزن المركب ثنائي الصيغة الجزيئية لحمض الأكريليك decomposing acrylic acid dimer ، و٤,٨٪ بالوزن شوائب أخرى)، وذلك باستخدام نفس جهاز التبلر crystallizing device المذكور في مثال -١، وبمعدل قدره ٢,٤٠ كجم/ ساعة. وقد كان لحمض الأكريليك acrylic acid الذي تم الحصول عليه درجة نقاء قدرها ٩٩,٧١٪، وكان منتج التنقية لهذا الحمض ٩١,٧٪.

النتائج:

أفادت نتائج المقارنة بين مثال -١، والمثال المقارن -١، بأنه عند إلغاء إمداد سائل التدوير إلى عمود الامتصاص absorption column فإن نسبة امتصاص حمض الأكريليك acrylic acid قد انخفضت من ٩٨,٢١٪ إلى ٩٧,٧٠٪. وعندما تم تدوير ٨٠٪ من السائل الأصلي إلى خطوة التبلر مع استبعاد ٢٠٪ منه خارج الجهاز انخفضت هنا درجة النقاء ونواتج التنقية.

عناصر الحماية

١- طريقة لإنتاج حمض الأكريليك acrylic acid ، تشتمل على الخطوات الآتية:

(أ) إدخال غاز يحتوى على حمض الأكريليك acrylic acid الذي تم الحصول عليه بتفاعل أكسدة حفزية في الطور الغازي catalytic gas phase oxidation لمادة خام من حمض الأكريليك acrylic acid إلى عمود امتصاص absorption column ، والسماح للغاز بأن يتلامس مع محلول مائي ماص، ومن ثم يتم الحصول على محلول يحتوى على حمض الأكريليك acrylic acid.

(ب) إمداد المحلول المحتوى على حمض الأكريليك acrylic acid إلى خطوة لتبلر وفصل المحلول إلى حمض أكريليك acrylic acid وسائل أصلي متبقي به محتوى حمض الأسيتيك acetic acid بنسبة لا تقل عن ٢٪ بالوزن، و.

(ج) إخضاع جزء على الأقل من السائل الأصلي المتبقي لعملية تقطير، مع تدوير ناتج التقطير الذي تم الحصول عليه إلى عمود الامتصاص absorption column في الخطوة (أ) أعلاه، حيث يتم إدخال ناتج التقطير إلى عمود الامتصاص absorption column من موضع يختلف عن قمة العمود، وبالتالي يتم الحصول على محلول يحتوى على حمض الأكريليك acrylic acid به حمض الأكريليك acrylic acid لا يصل تركيزه إلى ٨٥٪ بالوزن في عمود الامتصاص absorption column في الخطوة (أ) أعلاه.

٢- طريقة وفقاً لعنصر الحماية (١)، وتشتمل أيضاً على خطوة لإمداد سائل قاعدة عمود التقطير distillation column إلى جهاز لتحلل المركب ثنائي الصيغة الجزيئية لحمض الأكريليك decomposing acrylic acid dimer .

٣- طريقة وفقاً لعنصر الحماية (١)، حيث تتم معالجة المحلول الذي يحتوى على حمض الأكريليك acrylic acid في الخطوة (أ) أعلاه لفصل الأكرولين acrolein الموجود بالمحلول، ثم يتم بعد ذلك إدخال محلول حمض الأكريليك acrylic acid الناتج إلى الخطوة (ب) المذكورة.

٤- طريقة وفقاً لعنصر الحماية (١)، حيث يتم إخضاع سائل قاعدة عمود التقطير distillation column للتحلل للحصول على حمض الأكريليك acrylic acid .

٥- طريقة وفقاً لعنصر الحماية (١)، حيث يتم إدخال ناتج التقطير إلى عمود الامتصاص absorption column من موضع يوفر ألواحاً نظرية بما يتراوح من ٢٥ إلى ١٠٠، حيث يشير رقم اللوحة النظرية (١٠٠) إلى قاع العمود column bottom.

٦- طريقة وفقاً لعنصر الحماية (١)، حيث يتم إدخال ناتج التقطير إلى العمود من موضع يوفر ألواحاً نظرية بما يتراوح من ٥٠ إلى ١٠٠، حيث يشير رقم اللوحة النظرية (١٠٠) إلى قاع العمود column bottom .

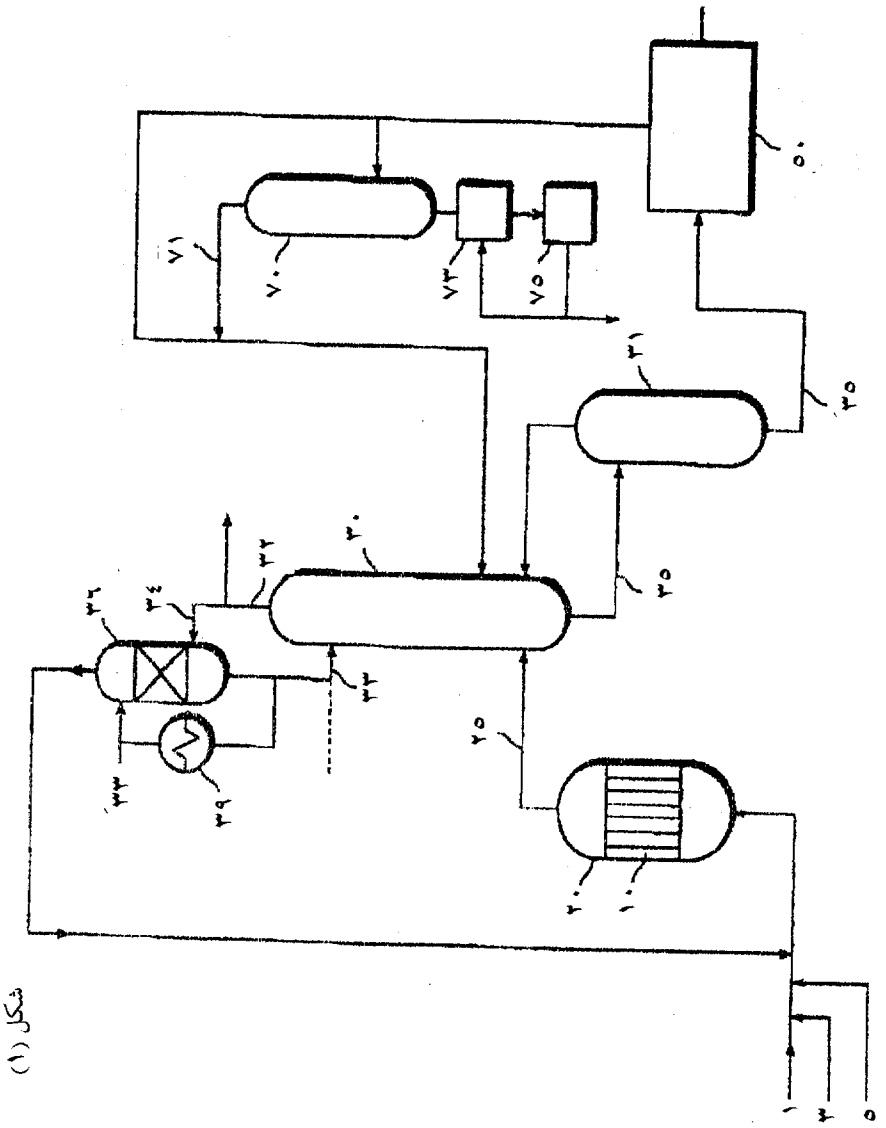
٧- طريقة لإنتاج حمض الأكريليك acrylic acid ، تشتمل على الخطوات:

(أ) تفاعل مادة خام لحمض بتفاعل أكسدة حفزية في الطور الغازي catalytic gas phase oxidation للحصول على غاز يحتوى على حمض الأكريليك acrylic acid .

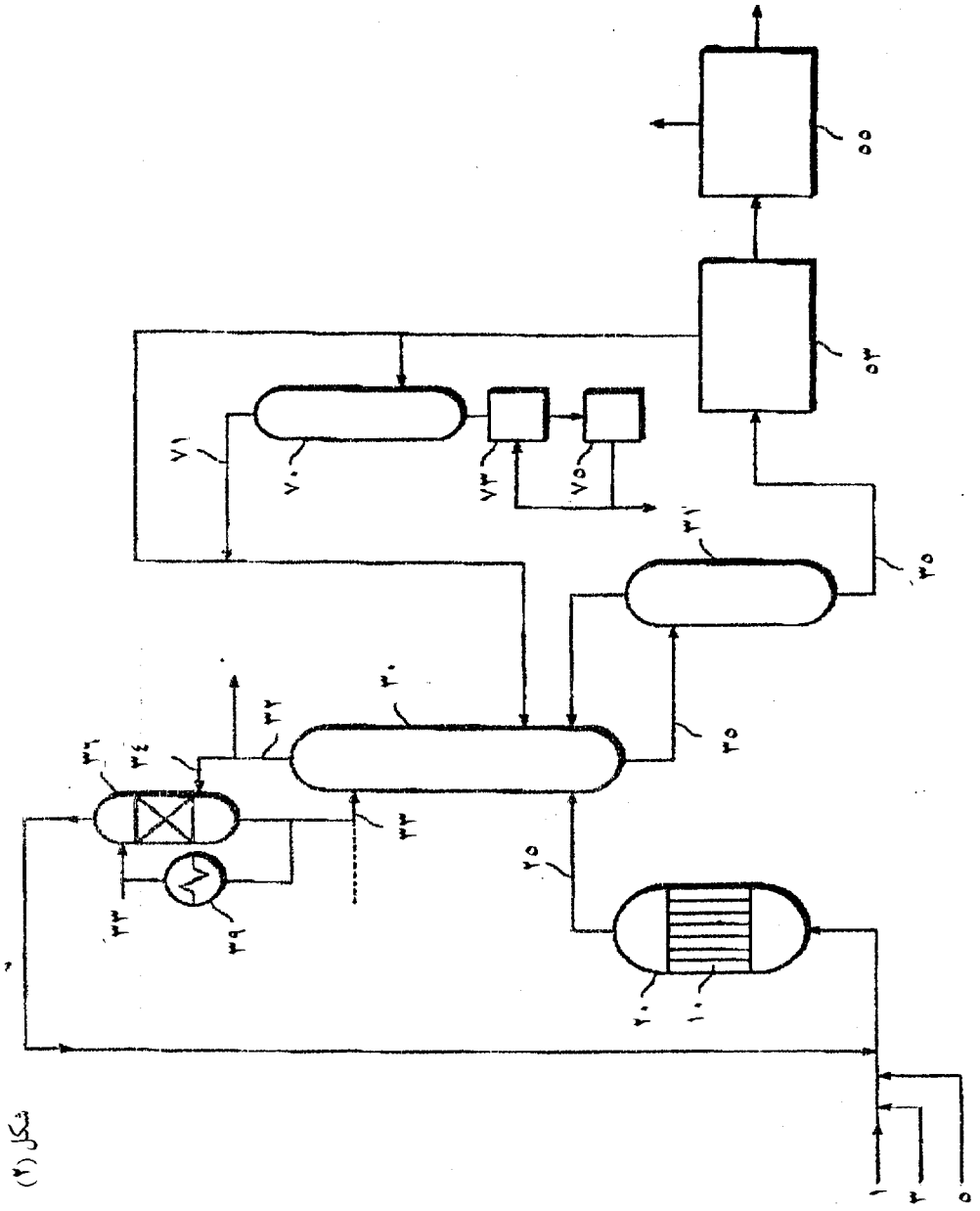
(ب) توصيل الغاز الذي يحتوى على حمض الأكريليك acrylic acid المذكور بمحلول مائي ماص ضمن عمود الامتصاص absorption column وبالتالي الحصول على محلول يحتوي على حمض أكريليك acrylic acid.

(ج) إمداد المحلول المحتوى على حمض الأكريليك acrylic acid إلى خطوة لتبلر، وبالتالي فصل المحلول إلى حمض أكريليك acrylic acid وسائل أصلي متبقي.

(د) إخضاع جزء على الأقل من السائل الأصلي المتبقي لعملية تقطير، مع تدوير ناتج التقطير الذي تم الحصول عليه إلى عمود الامتصاص absorption column في الخطوة (ب) أعلاه.



شکل (۱)



شکل (۲)