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

[11] رقم البراءة: ١٧٩٧
[45] تاريخ المنح: ١٤٢٨/٠٤/١٩هـ
الموافق: ٢٠٠٧/٠٥/٠٦م

[12] براءة اختراع

[72] **اسم المخترع:** جوشيم ثيل، أولريك هامون، برند جربر، هيلموت جانسين، بجورن كيبيل

[73] **مالك البراءة :** بي ايه اس اف اكتنجسلشافت
عنوانه: لودويجشافين، ٧٠٥٦، المانيا

[74] **الوكيل:** ناصر علي كدسة

[21] **رقم الطلب:** ٠٣٢٤٠٢٩٧

[22] **تاريخ الإيداع :** ١٤٢٤/٠٧/٢٠ هـ
الموافق : ٢٠٠٣/٠٩/١٦ م

[30] **بيانات الأسبقية:**
٢٠٠٢/٠٩/١٩م المانيا [DE] ١٠٢٤٣٦٢٥

[51] **التصنيف الدولي[7] :**
Int. Cl.[7]:B01F 3/04

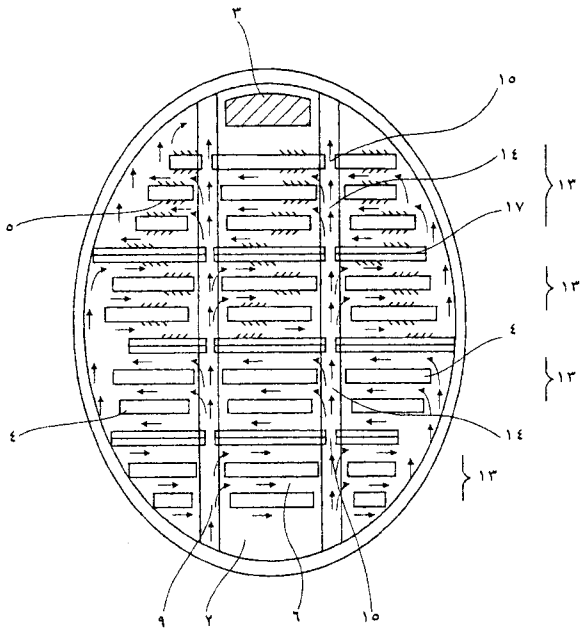
[56] **المراجع:**
براءة أمريكية ٤٧٤٤٩٢٩ ١٩٨٨/٠٥/١٧م

اسم الفاحص: صقر بن ناصر الفطيماني

[54] **اسم الاختراع:** صينية محكمة الغلق هيدروليكياً hydraulically لنقل كتلة متدفقة تقاطعياً أو عرضياً

[57] **الملخص:** صينية محكمة الغلق هيدروليكياً hydraulically لنقل كتلة متدفقة تقاطعياً أو عرضياً، وأعمدة فصل تحتوي على الصينية المحكمة هيدروليكياً hydraulically لنقل كتلة متدفقة عرضياً واستعمال أعمدة الفصل المذكورة لعمليات الفصل الحراري thermal separating processes.

١١ عنصر حماية، ١٣ شكل



الشكل (٤)

صينية محكمة الغلق هيدروليكياً hydraulically لنقل كتلة متدفقة تقاطعياً أو عرضياً

الوصف الكامل

خلفية الاختراع:-

يتعلق هذا الاختراع بصينية محكمة هيدروليكياً hydraulically لنقل كتلة متدفقة تقاطعياً أو عرضيا مناسبة كسطح داخلي في أعمدة الفصل لنقل الكتلة بين الأطوار السائلة liquid والغازية gas، وبها قنوات مستقلة مرتبة متوازية والتي تصل مسارات السائل liquid streams، الغاز الموزعة بين القنوات التي تغطيها قواديس طويلة تنغمس حافتاها الطوليتان السفليتان داخل السائل الموجود بالقنوات وبها شقوق لخروج الغاز gas ولها أسطح توجيه تقوم بتوجيه خروج الغاز gas إلى السائل في اتجاه مائل، وذلك لكي تشكل اتجاه تيارات السائل liquid streams داخل القنوات، ويضبط توجيه الجانب الطولي (الأكثر طولاً) للقواديس متعامداً على اتجاه التدفق العرضي للسائل. وتشتمل هذه المجموعة على صواني لنقل الكتلة، فمثلاً، على صواني Thormann® الموضحة في مؤلفات التقنية (الفنية).

الوصف العام للاختراع:

ويتعلق هذا الاختراع كذلك بأعمدة فصل تشتمل على واحدة على الأقل من صواني نقل الكتلة المذكورة وكذلك باستعمال أعمدة الفصل المذكورة لعمليات الفصل الحراري thermal separating processes.

وعموماً تكون نواتج التفاعلات الكيميائية chemical reactions عناصر غير نقية لكنها مخاليط عناصر يجب استخراج المكونات المستهدفة والمطلوبة منها.

وبصورة متكررة، تستعمل عمليات الفصل التي تنفذ في أعمدة الفصل لهذا الغرض وفي أعمدة الفصل تلك، تنقل التيارات الغازية والسائلة liquid في تيار متصاحب أو متضاد ونتيجة لعدم التوازن الموجود بين التيارات، يحدث انتقال للحرارة والكتلة الذي يؤدي في النهاية للفصل المرغوب في عمود الفصل. وفي هذا المستند، يجب تسمية عمليات الفصل هذه بعمليات الفصل الحراري thermal separating processes.

وتتضمن أمثلة عمليات الفصل الحراري thermal separating processes على التكثيف التقطيري (البراءة الألمانية رقم أ-١٩٩٢٤٥٣٢) و/ أو التكرير (يتم رفع طور البخار

الصاعد في تيار عكسي ضد تيار السائل الهابط؛ ويعتمد تأثير الفصل على تركيب البخار في التوازن المختلف عن تركيب السائل liquid)، الامتصاص (غاز gas وسائل liquid ينتقلان في تيار مترافق أو متضاد؛ ويعتمد تأثير الفصل على قابلية الذوبان المختلفة للمكونات الغازية gas داخل السائل liquid)، الاستخلاص أو التجزئ (مثل الإمتصاص، باستثناء أن طور السائل يشحن بمكون يحتجز بواسطة غاز gas الاستخلاص) والمج (عملية عكس الإمتصاص؛ يزال الغاز gas الذائب في طور السائل بالتخفيض الجزيئ للضغط).

وبصفة عامة، تشتمل أعمدة الفصل سالفة الذكر على أسطح داخلية تحقق غرض زيادة مساحة السطح لنقل الحرارة والكتلة الذي ينفذ الفصل في عمود الفصل.

وتشتمل أمثلة تلك الأسطح الداخلية على حشوات مركبة، حشوات عشوائية و/ أو صواني نقل.

وتحقق صواني تقل الكتلة غرض توفير أماكن بها أطوار سائلة liquid مستمرة في عمود الفصل على هيئة طبقات سائلة عندئذ يكون سطح البخار أو تيار الغاز gas الصاعد، مثلاً، في طبقة السائل liquid وبالتالي يوزع نفسه داخل طور السائل المستمر هو سطح الاستبدال الأساسي أو الحتمي.

وتكون صواني نقل الكتلة المستخدمة هي تلك التي بها تدفق سائل مدفوع بشكل خاص متكرر.

ويتحقق تدفق السائل المدفوع بواسطة صواني نقل الكتلة التي بها على الأقل مخرج (مصرف) واحد، من خلاله تتدفق السوائل من الصينية العلوية للصينية السفلية (التغذية) بصرف النظر عن مسار تدفق البخار في عمود الصينية ويختار تدفق السائل الأفقي فوق صينية النقل من التغذية حتى الصرف طبقاً للمهمة المتعلقة بهندسة العملية. ويمر الغاز gas أو البخار من خلال المقاطع المفتوحة بالصينية.

وعند نقل السائل عبر الصينية في تيار عكسي (يوضع التغذية والصرف لصينية نقل الكتلة على نفس الجانب من الصينية)، تسمي الصينية صينية التدفق العكسي. وفي حالة صواني التدفق نصف القطري، يتدفق السائل liquid نصف قطريا على الصينية من المنتصف (التغذية) حتى الصرف عند حافة الصينية.

وفي حالة الصواني ذات التدفق المتقاطع، بنقل السائل، المرئي فوق مساحة التدفق الكلية، عرضياً عبر الصينية من التغذية حتى الصرف. وعموما، تكون صواني التدفق التقاطعي ذات تصميم أحادي التيار. وبمعني أخر ترتب المداخل والمصارف على جوانب متقابلة بالصينية.

ولكن قد تكون أيضا ذات تدفق مزدوج لتصميم به أكثر من تدفق مزدوج). وفي هذه الحالة، قد تكون التغذية أو المدخل، مثلا، في المنتصف والصرف قد يوضع على كل من الجوانب المتقابلة لصينية نقل الكتلة.

وتتميز صواني التدفق التقاطعي المحكمة هيدوليكياً بأنها لا يمكن أن تفرغ عند توقف العمود، بغض النظر عن ثقب التفريغ الصغير (مقطعة عادة يقل أكثر من ٢٠٠ مرة عن المقطع الكلي للمسارات) الذي يوجد بكل صينية تدفق تقاطعي لأسباب النفع (الصلاحية).

وبمعني أخر، حتى عند الاحمال القليلة للعمود، تحتوي صواني التدفق العرضي المحكمة هيدروليكياً hydraulically على سائل متراكم (سائل مرتجع و/ أو داخل) ولا توجد أي مخاطر لعملها وهي جافة. وينتج هذا عن الحقيقة أن مسارات الصواني المحكمة هيدروليكياً hydraulically للتدفق التقاطعي ليست ثقوبا عديمة المدخنة، حسبما تكون الحالة، مثلا، في الصواني مزدوجة التدفق، الصواني ذات المنخل والصواني ذات المصام، فضلا عن ذلك، يقوم كل مسار إلى مدخنة تمنع الصينية من العمل وهي جافة وفوق المدخنة، تثبت قواديس عاكسة للبخار (أجراس) مغمورة في السائل المتراكم بالصينية. وبشكل متكرر، تشقق أو تسنن (تحزز) القواديس العاكسة للغاز gas عند حوافها (أي بها شقوق نقل) ويحدد تيار البخار الصاعد بواسطة قواديس hoods حيود البخار ويتدفق موازي للصينية، أي، عمودياً على العمود، إلى السائل المتراكم (المجمع).

وتمثل فقاعات البخار الخارجة من قواديس متجاورة توزع على مسافات منتظمة تماماً فوق الصينية طبقة رابعة في السائل liquid المتراكم.

وتتحكم أنابيب الصرف أو أجزاء الصرف التي تخرج من الصينية، عموماً على اليسار أو اليمين كبديل، المدعومة بالسدود، في منسوب السائل liquid داخل صواني نقل الكتلة وتدفع السائل للصينية التالية التي أسفلها. ومن الضروري لفعالية الأحكام الهيدروليكي hydraulically أن تغمر أنابيب الصرف أو أجزاء التفريغ بالصينية العلوية في السائل المتراكم بالصينية التي

أسلفها. ويستحسن عدم وجود أية سدود دخول. وتسمح أغطية الفقاقيع (الأغطية الفقاعية) التي يمكن ضبطها من حيث الإرتفاع بالتكيف مع ظروف التدفق وتساوي أعماق الغمر في حالة عدم انتظام الانتاج بحيث يكون لكل أغطية الفقاقيع بالصينية تيار غاز gas منتظم.

وبالاعتماد على تصميم وترتيب الأغطية الفقاعية. تقسم الصواني المحكمة هيدروليكيا ذات التدفق التقاطعي المصممة على أساس تيار وحيد، مثلاً، إلى صواني ذات أغطية دائرية (مسار، مدخنة وغطاء فقاعي دائرية)، صواني ذات أغطية نفقية (المسار، المدخنة والغطاء الفقاعي مستطيلة، ترتب الأغطية الفقاعية بالتناوب مع الحافة المستطيلة الأطوال الواقعة موازية لاتجاه التدفق العرضي للسائل) وصواني Thormann (المسار، المدخنة والغطاء الفقاعي مستطيلة، وتوزع الأغطية الفقاعية على التناوب مع الحافة المستطيلة الطويلة المتعامدة على اتجاه التدفق العرضي للسائل).

وتوصف صواني Thormann، مثلاً، في البراءة الألمانية رقم DE-A19924532، في نشرة

"Montz, Ihr Partner in der Verfahrenstechnik", from Julius Montz GmbH, Apparate fur die chemische Industrie, D-40705 Hilden, 2002, pages 58 and 59, and in Technische Fortschrittsberichte, Volume 61, Grundlagen der Dimensionierung von Kolonnenb6den, Verlag Theodor Steinkopf, Dresden, 1967, pages 66 to 73.

وبين أي قادوسين في صينية Thormann الموزعة بالتسلسل في اتجاه التدفق العرضي، توجد قناة يتدفق فيها السائل liquid والميزة الخاصة بصواني Thormann أن السائل يتدفق في تيار مضاد في أي قناتين متتاليتين في إتجاه التدفق العرضي. ويتم هذا التدفق المدفوع بواسطة البخار الذي يخرج من شقوق مثبتة بشكل مناسب تشبه أسنان المنشار لها أسطح توجيه.

<u>شرح مختصر للرسومات</u>

الأشكال رقم ١أ و١ب تبين المسقط الأفقي لصينية Thormann،

شكل رقم ٢ يبين مقطعا في قواديس Thormann ومداخن البخار.

شكل رقم ٣ يبين تيار السائل الموجه على صينية Thormann المتأثر بترتيب القواديس بالاشتراك مع شقوق البخار الخاصة؛

شكل رقم ٤ يبين مسقطاً أفقياً لتيار السائل liquid الموجه على صينية تدفق عرضي لنقل الكتلة وفقاً للإختراع،

شكل رقم ٥ يبين مجسماً لجزء من صينية نقل الكتلة موضوع الإختراع،

شكل رقم ٦ يبين مجسما لقادوس hood من صينية نقل الكتلة موضوع الإختراع،

شكل رقم ٧ يبين مقطعيا طولياً رأسياً بإخلال قادوس heterogeneously به عنصر توجيه والصينية،

شكل رقم ٨ يبين مقطعياً رأسياً في قادوس والصينية،

شكل رقم ٩ يبين طوليا راسيا في منطقة طرفي القادوسين التي بها استواء بشكل مسار السائل بينهما،

شكل رقم ١٠ يبين مسقطا جانبياً لأسطح التوجيه بالقادوس الذي ويمكن ضبط زاوية ترسيبه حسب "المهمة"،

شكل رقم ١١ يبين مقطعا في قادوس له أسطح توجية لقادوس يمكن ضبط زاوية ترسيبة حسب المهمة،

شكل رقم ١٢ يبين التطبيق الذي على شكل شلال لصينية نقل الكتلة موضوع الاختراع.

الوصف التفصيلي:-

يتميز استخدام صواني Thormann بصفة خاصة عند أحمال البخار العالية. ويفضل فرق الضغط المنخفض استعمال صواني Thormann تحت للضغط المنخفض. والميزة الأخرى لصواني Thormann هي أنها تظل تعمل بصورة مستقرة عند أحمال منخفضة جداً للسائل liquid. ولكن، عيب صواني Thormann أن درجتها أو فعاليتها واستقرار تشغيلها، وخصوصا عند الاحمال الكبيرة للسائل، غير مرضية بشكل تام. وتحدث الأحمال العالية بالسائل خصوصاً في أعمدة الفصل المشكلة للسعات العالية. وتكون عموماً أعمدة فصل ذات أقطار كبيرة. وفي هذا السياق، تكون الاقطار الكبيرة هي خصوصا الاقطار الأكبر من أو تساوي ٤م، مثلاً من ٤-٨م أو حتى ١٢م.

ويهدف هذا الاختراع لتقديم صواني تدفق عرضي لنقل الكتلة التي من جهة لها مميزات صواني Thormann، لكن من الجهة الأخرى، تحتوي على العيوب سالفة الذكر بدرجة قليلة، إذا وجدت هذه العيوب.

وبصفة خاصة، يجب أن تكون صواني نقل الكتلة المحسنة ذات التدفق العرضي مناسبة لتحل محل صواني التدفق العرضي المحكمة هيدروليكياً التي لها درجة كبيرة من الفعالية الموصي بها لمشكلة الفصل التي في البراءة الالمانية رقم DE-A 19924532 في المستند سالف الذكر. ويجب تلبية شكل المطلوب سالف الذكر بصفة خاصة بالنسبة للمثال التطبيقي للبراءة الالمانية رقم DE-A 19924532.

ولذلك وجد أن صينية نقل الكتلة المحكمة هيدروليكيا ذات التدفق العرضي (١) مناسبة كسطح داخلي لآعمدة الفصل لنقل الكتلة بين أطوار السائل liquid والغاز gas، وبها قنوات مستقلة (٦) موزعة متوازية والتي تنقل السائل، و مسارات غاز gas (٧) موزعه بين القنوات التي تعطي بقواديس طويلة (٤) حافتيها الطوليتين السفليتين (٤أ) مغمورة في سائل القنوات (٦) وبها شقوق لخروج الغاز gas (٥) ذات أسطح توجيه (٥أ) توجه الغاز gas الخارج إلى السائل الذي في اتجاه مائل، لكي تولد اتجاه تيارات السائل liquid streams داخل القنوات، ويوجه الجانب الأطول للقادوس متعامدا على اتجاه التدفق العرضي للسائل. حيث، يوجه سطحي توجيه (٥أ) للقواديس (٤) في قناتين متتابعتين على الأقل (٦) في اتجاه التدفق العرضي بطريقة ما بحيث يتدفق السائل الذي داخل تلك القنوات في نفس الاتجاه (تدل عليه أرقام الإشارة في الأشكال رقم ٤ حتى ١١)، وبخلاف ذلك يوصل السائل بطريقة ملتوية عبر كل القنوات.

ويسمي تسلسل القنوات التي لها نفس اتجاه تدفق السائل liquid الموجود في اتجاه التدفق العرضي وغير مضطرب بسبب أي قناة لها اتجاه تدفق مضاد في هذا المستند بمنطقة الصينية (١٣).

ووفقا للاختراع، تشتمل منطقة الصينية أساساً على قناتين على الأقل. وعموما لا تتضمن منطقة الصينية على أكثر من ست صواني. وبصورة متكررة، تشتمل منطقة الصينية كذلك على ثلاث أو أربع، وأحياناً خمس قنوات.

ووفقاً للإختراع من المفيد كذلك عند تثبيت ألواح التوجيه (١٧) البارزة فوق القادوس hood على الجانب العلوي لبعض القواديس على الأقل في صينية نقل الكتلة المحكمة

هيدروليكيا ذات التدفق العرضي موضوع الإختراع. وكذلك من المفيد تثبيت عناصر التوجيه (ألواح التوجيه) على تلك القواديس على الأقل التي تفصل مناطق الصينية ذات اتجاه التدفق العكسي عن بعضها البعض. وعموما، يشكل سطح عناصر التوجيه زاوية قائمة مع نهاية القادوس.

وبصفة عامة، تضطرب القنوات التي في صواني نقل الكتلة ذات التدفق العرضي المحكمة هيدروليكياً موضوع الاختراع بواسطة قنوات عرضية (٩) عمودية على القنوات.

طبقاً للإختراع، من المفيد أن يكون بالقنوات العرضية مضايق عندما تحيط منطقتا صينية لهما اتجاه تدفق مضاد ببعضهما البعض. وفي الحالة الشديدة، قد يغلق المضيق لعمل حاجز.

وفي أبسط حالة، قد تشكل المضايق بواسطة مسارات الغاز gas و/ أو القواديس المرتبة أقرب لبعضها البعض عند الطرف الجانبي. وفي الحالة الشديدة سالفة الذكر، قد يتضمن هذا البديل على مساري غاز gas وقواديس الملحومة لعمل مسار غاز gas وحيد (أطول) وقادوس عند الجانب الطرفي.

ويضبط العرض B بين الحواف الطولية السفلية لقادوس حسب حمل الغاز gas المدروس.

وبصفة عامة يتراوح B بين ٢سم-٢٠سم أو حتى ٣٠سم، وأحياناً من ٤ حتى ٨سم.

وعموما تتراوح الجوانب الطولية لمسارات الغاز gas و/ أو القواديس بين ٥-٢٠سم. وأحيانا بين ١٠-١٠٠سم.

ويتحقق الدفع المحسن للسائل إلى القنوات المتتالية عندما يكون بالجانب العلوي استواء نحو النهاية عند طرف واحد على الأقل للقادوس.

ويسمح ضبط الزاوية α ($< ٠,٠ \geq ٩٠°$) بين سطح التوجيه والجانب الطولي للقادوس بمعدلات تدفق عالية جدا للغاز gas وتيارات سائل liquid زائدة جداً ناتجة عنه مضادة في الاتجاه. وكلما صغيرت الزاوية (أي، كلما اتسع إعداد شق خروج الغاز gas)، كلما زاد تيار السائل liquid.

وتوضح بعض التجسيمات المحددة للاختراع في الأشكال رقم ٤ حتى ١٢ المشروحة بالتفصيل فيما بعد. تحتوي الصينية ١ المبينة في الأشكال رقم ٤ حتى ٨ على لوح الصينية

الذي به عدة مسارات غاز gas متوازية طويلة على شكل شقوق ٧ كمداخن للبخار. وترتب الحواف الطولية على مداخن البخار عموديا على الخط الواصل بين سطح التغذية ٢ والساحب السفلي ٣ وجدرانها الجانبية ١٠ تشكل قنوات ٦ ينقل من خلالها السائل ويوضح فوق مداخن البخار قواديس ٤ لها شقوق خروج للغاز gas ذات شكل خاص ٥ في جدرانها الجانبية ٤أ و التي تبرز في القناة ٦ وبالتالي داخل السائل liquid.

وتشكل أحدي حواف كل شق خروج غاز gas ٥ سطح توجية مائل ٥أ، يضخ من خلالها الغاز gas على هيئة فقاعات داخل السائل liquid باسلوب موجه، لكي تولد تيارات موجها من السائل داخل القناة ٦. ويمكن ضبط أسطح التوجيه ٥أ لتتكيف مع المهمة. وبالنسبة للمعدلات العالية لتدفق الغاز gas، تزداد الزاوية α ومن ثم ينخفض تيار السائل الذي في القنوات ٦. بالإضافة لذلك، قد يتم الضبط عبر عدد من الشقوق. وتنقل قنوات التدفق ٦ المتكونة بواسطة القواديس المشقوقة السائل من سطح التغذية ٢ إلى الدافع السفلي ٣. وتتضمن حافة التدفق الزائدة ٨ عند التيارات من أسفل وارتفاع مدخنة البخار منسوباً للسائل على الصينية الممتدة حتى أعلى من الشق ٥. وتصعد الغازات gases أو الابخرة من أسفل عن طريق مداخن البخار ٧ إلى القادوس ٤ وتمر خلال الشقوق ٥ إلى السائل الذي ينقل عزم التدفق التدفق إليها.

ووفقا للاختراع، يكون لمجموعة خطوط القادوس hood المتتالية ٤ في اتجاه التدفق العرضي نفس اتجاه التدفق. ويسمح ذلك التوجية لأسطح التوجيه ٥أ عند شقوق من خروج الغاز gas ٥ في مجموعة من خطوط القادوس المتتالية وتغيير الانفصالات (الفواصل) ٩ بين القواديس ٤ الموضوعة على خط واحد بضبط تدفق سائل صينية نقل الكتلة موضوع الاختراع حسب الاقطار الأكبر للأعمدة بطريقة مثالية. وبالإضافة لذلك، يزداد العرض السفلي للقادوس عند الحمل الكبير بالغاز gas.

ويعمل تثبين عناصر التوجيه الرأسية، المنسوبة عادة ١٧ على القواديس ٤ على تقليل التدفق الزائد للقواديس بواسطة السائل liquid. وبعيداً عن هذا تنسب الدرجة الزائدة من كفاءة صينية نقل الكتلة موضوعة الاختراع للحقيقة أن لها الخواص التالي:

- توزيع ضيق لزمن البقاء؛
- الخلط العكسي الأدني،
- التقريب الجيد لتدفق الإمتلاء.

وعند معدلات التدفق العالية للغاز gas الحادثة في الشقوق ٥ عند الاحمال الشديدة بالغاز gas، يحتمل إذا طلب أن نعكسهم بتغير الشكل الهندسي للقادوس وباستعمال العناصر الطويلة الدخول فوق القواديس (مثلاً استقبال حشوات تركيبة أو مهاد ذات حشوات عشوائية بين الصواني).

ولكي نحسن دفع السائل للقنوات التالية في مناطق المرور ٩ بين الأطراف العلوية للقادوس ٤. يمكن تسوية نهايات أو الجوانب العلوية بالجوانب العلوية من القواديس ٤ على هيئة مستويات مسطحة مائلة ١٦ممتدة لاسفل حتى الأطراف. وفي أحد تجسيمات صينية نقل الكتلة موضوع الاختراع، لاتقع مسارات الغاز gas في اتجاه التدفق العرضي في مستوى واحد، لكنها توضع في مستويات متتالية بطبقة تشبة الدرجات (الصورة الشلالية وفقاً لشكل رقم ١٢).

وبطريقة مفيدة يوجد سد (جدار) تدفق زائد (١٨) عند الانتقال من مستوى للمستوى التالي ويوضع المستوى العلوي عند التغذية والمستوى السفلي عند المصرف.

وتكون المواد المفيدة لصواني نقل الكتلة المحكمة هيدروليكياً بالتدفق العرضي موضوع الاختراع هي أنواع الصلب غير القابل للصدأ (مثلاً ٤٣٠١-١، ٤٥٤١-١، ٤٤٠١-١، ٤٥٧١-١، ٤٠٠٠-١، ٤٤٣٥-١، ٤٥٣٩-١ ككل)، هماستلوي Cn Hasteloy، الالومنيوم aluminum، النحاس copper، التيتلنيوم titanium، مونيل Monel والمواد التخليقية، مثلاً، KERA، ديابون Diabon، FVC، في مجملها.

وتكون صواني نقل الكتلة بالتدفق العرضي (التقاطعي) موضوع الاختراع مناسبة بصفة خاصة لعوامل تحميل الغاز (السرعة السطحية للغاز gas، (الجذر التربيعي لكثافة الغاز gas)) في حدود بين ٠,١-٣ (باسكال) ٠,٥ وللسرعات الفراغية الساعية للسائل في نطاق بين ٠,٠٠١-١٠م^3/ (م^2. ساعة). وقد تشغل إما تحت الضغط الجوي، تحت ضغط منخفض أو تحت ضغط مرتفع.

وسوف يتضح أن صواني نقل الكتلة بالتدفق التقاطعي موضوع الاختراع قد تستعمل كبطانات داخلية فردية في عمود فصل. ومن ناحية أخرى، قد تستعمل أيضا بالاشتراك مع أنواع صواني أخرى (مثل الصواني مزدوجة التيار و/ أو صواني ذات صمام) و/ أو بالاشتراك مع بطانات داخلية بخلاف الصواني (مثلاً حشوات مركبة و/ أو حشوات عشوائية)

داخل عمود فصل. وتكون أعمدة الفصل المشتملة علي صواني نقل مادة بالتدفق التقاطعي وفقاً للإختراع مناسبة لعمليات الفصل الحراري thermal separating processes من أي نوع.

وفي هذا المستند، تدل الصواني مزدوجة التيار على صواني ذات منخل بدون جزء تصريف. وهي ألواح بها مسارات بسيطة (ثقوب، شقوق، الخ)، التي تسمي أحياناً صواني ذات منخل نضيض.

ويؤدي غياب أجزاء التصريف (الواحدات الآتية لأسفل) إلى صعود الغاز gas وسقوط السائل المرتجع في عمود الفصل المتدفق في الإتجاه المضاد من خلال نفس مسار الصينية.

ويعدل المقطع العرضي للمسارات حسب تحميل العمود بالطريقة المعروفة من قبل. وحيث يكون صغيراً جدا، يتدفق الغاز gas الصاعد عند معدل مرتفع من خلال المسارات بحيث يحتجز السائل الصاعد في العمود تماماً بدون أي حركة فصل. وعندما يكون مقطع المسارات كبيراً جداً، يمر الغاز الصاعد والسائل الهابط خلال بعضهما البعض بدون أي تبادل على الاطلاق وتكون الصينية معرضة لخطر التشغيل وهي جافة. وبمعني أخر يعرف نطاق العمل للصواني مزدوجة التيار بواسطة نقطتين محددتين. يجب ضبط معدل التحديد الأدني بحيث تظل طبقة سائل معينة على الصينية، لكي تسمح للصينية بالعمل.

ويعرف الحد العلوي بنقطة الفيضان عندما يؤدي المعدل لتراكم السائل على الصواني ذات المنخل التقطيري ويمنع التنقيط من خلالها. وخلال نطاق العمل الطبيعي، يتقطر السائل الصاعد في عمود الفصل في قطيرات من الصينية مزدوجة التيار للصينية مزدوجة التدفق، أي، ينثر طور الغاز gas المستمر بين الصواني ذات مناخل التنقيط عن طريق طور السائل المتشتت. وتترذذ بعض القطيرات المتصادمة مع الصينية ذات منخل التنقيط.

وبصفة عامة، فإن كل صينية تدفق مزدوج، وبالمثل كل صينية نقل كتلة وفقا للاختراع، توصل محاذية لجدران العمود. ولكن، توجد أيضا تجسيمات يوجد فيها فراغ متوسط بين جدار العمود والصينية الذي يقطعة فقط جزئيا عدة قناطر. وبالإضافة للمسارات الفعلية. فإن الصواني ذات التدفق المزدوج تحتوي عموما أيضا على ثقوب تسهل مثلا، تثبيت الصينية على حلقات الإرتكاز أو ما شابه ذلك (إنظر مثلاً، البراءة الألمانية رقم DE-A 10159823).

وتوصف الصواني مزدوجة التدفق التي قد تستعمل لأغراض هذا المستند، مثلاً، في

Technische Fortschrittsberichte, Vol. 61, Grundlagen der Dimensionierung van Kolonnenboden, pages 196 to 211, Verlage Theodor Steinkopf, Dresden (1967) and in DE-A 10230219.

وفي هذا المستند، تدل الصواني ذات الصمام على صواني تدفق تقاطعي بها ثقوب وبها لوح ذو شوط حركة محدود، صمامات موازنة أو رفع (اللسان العائم floating flap) التي تهيئ حجم ثقب مسار البخار حسب حمل عمود معني. ويحيد تيار الغاز gas الصاعد، ويتدفق موازي للصينية داخل سائل المرتجع reflux liquid المتراكم ويشكل طبقة رابعة. وتوصل أنابيب الصرف المزودة بهدارات المرتجع من صينية إلى صينية. وأحياناً، يكون لها تشكيل مزدوج التدفق. ولكن، قد يكون لها كذلك تشكيل ثلاثي أو متعدد التيارات (مثلاً تدفق ثماني). وبصفة عامة، من المفيد أن تزيد اتجاهات التدفق في نفس قطر العمود.

وتكون صواني التدفق التقاطعي لنقل الكتلة موضوع الإختراع مناسبة بصفة خاصة لتنفيذ عملية التكثيف التقطيري لخليط غاز gas ناتج يحتوي على حامض أكريليك acrylic acid مكون من أكسدة oxidation طور الغاز gas المحفزة جزئياً بشكل غير متجانس للمواد الأولية التي بها ٣ ذرات كربون لحامض الاكريليك acrylic acid باستخدام أكسجين oxygen جزيئي في عمود فصل وفقا للبراءة الالمانية رقم DE-A 19924532، من أسفل لأعلي، يشتمل على صواني أولي ذات تدفق مزدوج ثم صواني تدفق تقاطعي لنقل الكتلة وفقا للاختراع.

ويتضمن مصطلح "مواد أولية بها ٣ ذرات كربون" لحامض الاكريليك acrylic acid على تلك المركبات الكيميائية chemical التي يمكن الحصول عليها في صورة أساسية بإختزال حامض الاكريليك acrylic acid. وتشتمل أمثلة المواد الأولية المعروفة التي بها ٣ ذرات كربون لحامض الاكريليك acrylic acid على البروبان propane، البروبين propene وأكرولين acrolein. ولكن، تتضمن المواد الأولية التي بها ٣ ذرات كربون أيضا على مركبات مثل بروبينونالدهيد propionaldehyde أو حامض بروبيونيك propionic acid. وبدءاً من ذلك، تكون الأكسدة oxidation غير المتجانسة المحفزة جزئياً للطور الغازي باستخدام الأكسجين oxygen الجزيئي جزئياً على الأقل إزالة للهيدرجة بشكل تأكسدي oxidative.

وفي عمليات الأكسدة oxidation الجزئية لطور الغاز gas المحفزه بشكل غير متجانس وثيقة الصلة بالموضوع، تمر المواد الأولى C_3 (ذات ٣ ذرات كربون) لحامض الاكريليك acrylic acid المذكورة المخففة عموما بغازات خاملة، مثل النيتروجين CO_2, CO، هيدروكربونات خامل و/ أو بخار ماء، فوق مواد حفازة من معدن تقليدي مخلوط مع أكسيد في خليط مع الاكسجين الجزيئي عند درجات حرارة مرتفعة واحيانا عند ضغط مرتفع أيضا، وتتحول بالاكسدة oxidation إلى خليط غازي ناتج يحتوي على حامض الاكريليك acrylic acid.

ونموذجياً، يكون لخليط الغاز gas الناتج المحتوي على حامض أكريليك acrylic acid من الأكسدة oxidation الغير متجانسة المحفزة الجزيئية لطور الغاز gas للمواد الأولية C_3 لحامض الأكريليك acrylic acid مع أكسجين جزيئي فوق مواد حفازة صلبة التكوين التالي:

من ١-٣٠% بالوزن حامض أكريليك acrylic acid،

من ٠,٥-١٠% بالوزن أكسجين oxygen جزيئي،

من ١-٣٠% بالوزن ماء water،

من ٠-٥% بالوزن حامض خليك acetic acid،

من ٠-٣% بالوزن حامض بروبيونيك propionic acid،

من ٠-١% بالوزن حامض ماليك maleic acid و/ أو أنهيدريد ماليك maleic anhydride،

من ٠-٢% بالوزن أكرولين acrolein،

من ٠-١% بالوزن فورمالدهيد formaldehyde،

من ٠-١% بالوزن فورفورال furfural،

من ٠-٠,٥% بالوزن بنزالدهيد benzaldehyde،

من ٠-١% بالوزن بروبين propene، والباقي غازات خاملة، مثل النيتروجين nitrogen، أول أكسيد الكربون carbon monoxide، ثاني أكسيد الكربون carbon dioxide، ميثان methane أو بروبان propene.

وقد تتم أكسدة oxidation طور الغاز gas ذاتها كما وصفت في الطرق القديمة، وبدأ من البروبين propene، قد تتم أكسدة oxidation طور الغاز gas، مثلاً، في مرحلتي أكسدة

oxidation متتاليتين، كما وصف في البراءة الأوربية رقم EP-A 700714 و EP-A 700893. ومن ناحية أخرى، سوف يتضح أن أكسدة oxidation طور الغاز gas المذكورة في البراءة الالمانية رقم DE-A 19740253 والأوربية رقم DE-A 19740252 قد تطبق أيضا.

وعموما، تتراوح درجة حرارة خليط الغاز gas الناتج الخارج من أكسدة oxidation طور الغاز gas بين ١٥٠-٣٥٠°م، وأحيانا من ٢٠٠-٣٠٠°م.

ثم يستحسن تبريد خليط الغاز gas الساخن الناتج أولا في نظام إطفاء بالتبريد المباشر حتى درجة حرارة بين ١٠٠-١٨٠°م، قبل نقله علاوة على سائل liquid الاطفاء المستخدم إلى القسم السفلي (القاع) من عمود الفصل وفقا للإختراع المشتمل على صواني التيار التقاطعي لنقل المادة موضوع الاختراع لاغراض التكثيف التقطيري. ويتراوح عموما ضغط التشغيل في العمود بين ٠,٥-٥ بار، أحياناً من ٠,٥-٣ بار وفي حالات عديدة بين ٠,٥-٢ بار.

وقد يكون نظام الاطفاء المستخدم هو أي جهاز معروف من الطراز السابق لهذا الغرض (مثلا أجهزة غسيل الغاز gas بالرش، أجهزة غسيل الغاز gas فنتوري، أعمدة الفقاقيع أو الأجهزة الأخرى التي بها اسطح مرشوشة)، رغم تفضيل استخدام أجهزة غسيل الغاز gas الفنتورية أو مبردات الرش. وتعطى الأفضلية لإستعمال جهاز متزامن (مثلاً نفاث لوح الإرتطام). وللتبريد غير المباشر أو التسخين غير المباشر لسائل الإطفاء، وخصوصاً عند البداية، يتم ذلك فوق ناقل حرارة أو مبادل حراري. وفي هذا الشأن، تكون كل ناقلات الحرارة العامة أو مبادلات الحرارة مناسبة. وتعطي الأفضلية لمبادلات الحرارة ذات حزمة الآنابيب، مبادلات الحرارة ذات اللوح والمبردات الهوائية. وأوساط التبريد المفيدة هي الهواء في حالة مبردات هوائية مناسبة وسوائل التبريد، وخصوصاً الماء، في حالة جهاز تبريد أخر.

واحد أمثلة سائل الاطفاء النافع هو سائل القاع من التكثيف التقطيري وفقا للإختراع أو خليط من سائل القاع وناتج التكثيف الناتج عن إنشطار جزء من السائل السفلي والمخلوط مع مانع البلمرة. وبمعنى أخر، يحتمل، إذا طلب، أن تفصل أوليجوميرات oligomers حامض الأكريليك acrylic acid، التي تكونت من إضافة ميتشيل (Michael) بطريقة قابلة للانعكاس وتوجد في جزء من السائل السفلي المسحوب باستمرار من عمود الفصل موضوع الاختراع بتأثير درجات الحرارة المرتفعة (من ١٣٠-٢٥٠°م)، وأحيانا مع إضافة مواد حفازة للانفصال حامضية أو قاعدية تحت ضغط منخفض (مثلاً بين ١٠٠ أو ٢٠٠-٥٠٠ ملي بار) لإنتاج

حامض أكريليك acrylic acid. ويستحسن تكثيف حامض الأكريليك acrylic acid المنطلق في صورة بخارية، ويخلط مع مانع البلمرة polymerization inhibitor (مثل فينوثيازين phenothiazine في حامض أكريليك acrylic acid مزال في صورة نقية)، ويدمج مع باقي سائل القاع المسحوب، المستعمل كسائل إطفاء. وتكون عموماً درجة حرارة سائل الإطفاء بعد ترك مبادل الحرارة سالف الذكر بين ١٠٠-١٥٠°م. ونقطة الدخول لخليط الغاز gas الناتج المطفأ من الأكسدة oxidation الحفزية للطور الغازي وسائل الاطفاء المستخدم إلى عمود الفصل موضوع الاختراع هي المنطقة السفلية من العمود التي تشتمل بصورة مفيدة على مجزئ متكامل يعمل بفرق الطرد المركزي وينفصل بواسطة صينية أولى ذات مدخنة عن الصواني السفلية مزدوجة التيار.

وفي نفس الوقت تعمل الصينية ذات المدخنة كصينية تجميع يسحب منها باستمرار ناتج التكثيف وينقل إلى المنطقة السفلية و/ أو إلى منطقة الاطفاء. ويثبت فوق صينية المدخنة الأولى مجموعة أولي من صواني التدفق المزدوج الموزعة بانتظام تام في عمود الفصل التي تستكمل بصينية مدخنة ثانية (صينية تجميع collecting tray). ويسحب باستمرار حامض أكريليك acrylic acid خام له درجة نقاء عادة في حدود ≤ ٩٥% بالوزن كجزء متوسط الغليان من صينية التجميع الثانية تلك في التيار الجانبي. ومن المفيد، أن يدفع حامض الأكريليك acrylic acid الخام إلى مراحل أخرى تقطيريه و/ أو تبلورية وأيضاً تنقية وسوف تعاد دورة جزء على الأقل من سوائل القاع و/ أو السوائل الأم الحادثة في التقطير (عمليات التكرير) و/ أو التبلورات crystallizations إلى عمود الفصل وفقا للاختراع أسفل صينية التجميع الثانية، لكن فوق الأولى.

وطبقا للاختراع، سوف يدفع حامض الاكريليك acrylic acid الخام المسحوب كجزء متوسط الغليان إلى البلورة بغرض التنقية الزائدة. ولا تتعرض عملية البلورة المستخدمة لأي قيود. وقد تتم البلورة باستمرار أو على دفعات، على مرحلة واحدة أو أكثر، لأي درجات نقاء محبذة، وعند الطلب، قد يضاف الماء لحامض الأكريليك acrylic acid الخام المراد تنقيته بالبلورة قبل البلورة (يحتوي عندئذ على، على حسب كمية حامض الاكريليك acrylic acid الموجود، حوالي ١٠% بالوزن، عادة حتى ٥% بالوزن، من الماء).

ومن المدهش أن درجة أسترة حامض الأكريليك acrylic acid (نقاء ≥٩٨% بالوزن) قد تتحقق فقط بمرحلة بلورة وحيدة. وبشكل مفيد، تنفذ خطوة البلورة كبلورة معلق، مثل المبينة في العمود ١٠ من البراءة الألمانية رقم DE-A 19924532. ويكون لبلورات حامض الأكريليك acrylic acid المتكونة في بلورة المعلق شكلاً مكعباً أو مخروطياً. وتتراوح نسبة الطول (L) إلى السمك (T) المعتادة بين L: T= ١: ١ حتى ٦: ١، ويفضل في حدود بين ١: ١-٤: ١، والأفضل بين ١,٥٠: ١ حتى ٣,٥: ١. ومن المألوف أن يكون السمك T للبلورات في حدود ٢٠-٦٠ ميكرومتر، وغالبا بين ٥٠-٣٠٠ ميكرومتر. وعادة يكون الطول L للبلورات في حدود ٥٠-١٥٠٠ ميكرومتر، غالباً من ٢٠٠-٨٠٠ ميكرومتر. وعند فصل البلورات المعلقة عن باقي السائل الأم بواسطة عمود غسيل المصهور (مثلاً وفقا للبراءة الالمانية رقم DE-A 10223058)، يحتل أيضاً أن نحصل على حامض أكريليك acrylic acid فائق الإمتصاص (نقاء ≥ ٩٩,٧% بالوزن) بمرحلة بلورة وحيدة، أي حامض أكريليك acrylic acid المناسب لتحضير بولي أكريلاتات polyacrylates فائقة الامتصاص للماء. وفي هذه الحالة، يستحسن أن تكون الكمية الكلية من السائل الأم معادة الدورة إلى عمود الفصل موضوع الاختراع.

ومن ناحية أخرى، قد تتم البلورة أيضا كعملية بلورة لفيلم هابط تجزيل، كما توصي البراءة الأوربية رقم EP-A616998. وقد تشتمل، مثلاً، على مرحلتي تنقية (مبلورات الفيلم النازل المناسبة في هذا السياق قد تتضمن علي: مثلا، من ١٠٠٠-١٤٠٠ أنابيب بلورة بطول ١٠-١٥م وقطر خارجي ٥٠-١٠٠مم). ويستحسن أعادة دورة السائل الأم المستبعد في مرحلة التنقية الثانية إلى مرحلة التنقية الأولى. ويفضل أن تعاد الدورة الكاملة للسائل الأم المستبعد في مرحلة التنقية الأولى إلى عمود الفصل موضوع الاختراع. وقد يدفع المنتج النقي من مرحلة التنقية الأولى كلياً أو جزئياً لمرحلة التنقية الثانية. وعند دفع جزء فقط، سوف يخلط الباقي عموما مع المنتج النقي لمرحلة التنقية الثانية لإعطاء المنتج النهائي الجاهز للاستخدام.

ووفقا للاختراع، سوف يدفع جزء حامض الأكريليك acrylic acid الخام المسحوب من صينية التجميع الثانية بصورة مفيدة لصينية التدفق المزدوج أسفل صينية التجميع تلك. وعموما سوف يدفع السائل الأم لهذه الصينية. وقبل دفعه، سوف يسخن السائل الأم عموماً حتى درجة حرارة تناظر تقريبا درجة حرارة السحب من الاكريليك acrylic الخام.

وفوق صينية التجميع الثانية، وتوجد أولا مجموعة ثانية من الصواني مزدوجة التدفق الموزعة بانتظام التي تحل محل صواني النقل بالتدفق التقاطعي موضوع الاختراع التي بالمثل توزع بانتظام. وأحيانا تشكل الصينية العلوية مزدوجة التدفق كصينية موزع. ومعنى أخر، تحتوي مثلاً، على قنوات للتدفق الزائد ذات تدفق زائد مسننة.

وتستكمل صواني نقل الكتلة بالتدفق التقاطعي موضوع الاختراع بواسطة صينية ثالثة ذات مدخنة (صينية تجميع).

ويوجد فوق صينية التجميع الثالثة صواني ذات صمام، ويستحسن مزدوجة التدفق. وقد يوجد مبدأ الصواني ذات الصمام وكذلك الصواني ذات الصمامات التي قد تستعمل وفقا للاختراع، مثلا، في

Technische Fortschrittsberichte, Volume 61, Grundlagen der Dimensionierung von Kolonnenboden, p. 96 to 138.

وميزتها الأساسية هي أنها تعطي مسارا مناسباً لحملها المعين من البخار المتدفق خلالها عبر نطاق أحمال واسع. وطبقا للاختراع، تعطي الأفضلية لاستعمال صواني ذات ثقل الموازنة. وبمعني أخر، توجد أقفاص بها ثقوب مغلقة باثقال في ثقوب الصينية. وطبقاً للاختراع، تعطي الأولوية الخاصة للصمامات VV12 من Stahl, DE, Viernheim. وفي منطقة الصينية ذات الصمام، يتكثف الماء أساساً، وكذلك المكونات الأقل تطايراً من الماء. ويسمي ناتج التكثيف المتكون بماء الحامض acid water.

ويسحب ماء الحمض باستمرار من صينية التجميع الثالثة. وتعاد دورة جزء من الماء المسحوب إلى عمود عند أعلى صواني نقل الكتلة ذات التدفق التقاطعي موضوع الاختراع. والجزء الأخر من ماء الحامض acid water المسحوب يبرد بواسطة مبادل حراري غير مباشر، و، بصورة مماثلة، تعاد دورة جزء إلى عمود الفصل موضوع الاختراع. وتعاد دورة جزء إلى عمود الفصل موضوع الاختراع عند صينية الصمام العلوية (عند درجة حرارة من ١٢-٢٢°م)، ويستحسن من ١٢-١٧°م والجزء الأخر من صينية ذات صمام موضوعة قرب منتصف المسافة بين صينية التجميع الثالثة والصينية العلوية ذات الصمام (عند درجة حرارة حوالي ١٨-٣٢°م، ويفضل بين ١٨-٢٥°م).

ويتم جزء من التبريد بتوصيل ماء الحامض acid water من خلال مبخر البروبيلين propylene، لكي تحول البروبيلين لأكسدة oxidation طور الغاز gas المحفزة غير المتجانسة، التي تخزن في صورة سائلة، إلى طور الغاز gas.

وتزال المكونات الأكثر تطايراً من الماء في وصورة غازية عند قمة عمود الفصل موضوع الاختراع وعادة تعاد دورتها جزئيا على الأقل كغاز gas مخفف إلى أكسدة oxidation طور الغاز gas. ولكي نتجنب التكثيف في مكثف غاز الدورة، يسخن غاز gas العادم بشدة مقدما بواسطة مبادل حرارة غير مباشر. ويدفع عادة الجزء غير معاد الدورة لغاز العادم إلى الإحراق.

ولغرض منع البلمرة، يدفع محلول p- ميثوكسي فينول p-methoxyphenol = MEHQ في المنتج النقي وأحيانا بالإضافة لمحلول من فينوثيازين phenothiazine في المنتج النقي حتى الجزء العلوي من صواني نقل المادة المحكمة هيدروليكياً hydraulically بالتدفق التقاطعي موضوع الاختراع. ويستعمل هذا المحلول كذلك لتثبيت المنتج النقي.

وبالإضافة لذلك، يدفع محلول فينوثيازين phenothiazine (PTZ) في المنتج النقي تقريبا في منتصف جزء العمود المزود بصواني نقل الكتلة المحكمة هيدروليكياً ذات التدفق التقاطعي موضوع الاختراع.

وفي المبدأ، ينفذ أيضا تكوين ماء الحامض acid water خارج عمود الفصل موضوع الاختراع. وفي هذه الحالة، سوف يكثف تماماً الماء خارج تيار الغاز منخفض الغليان الخارج من قمة العمود بواسطة التبريد المباشر في منطقة حرة داخلية أو منطقة إحتواء داخلية بواسطة سائل أطفاء ثاني. وبدورة يكون ناتج التكثيف هو ماء الحامض acid water. وسوف تعاد دورة جزء من ماء الحامض يحكمة إلى قمة العمود لزيادة أداء الفصل فيه ويفرغ جزء أخر من ماء الحامض acid water ونتخلص منه (مثلا بالاحراق) ويبرد عادة الجزء المتبقي من ماء الحامض بصورة غير مباشرة في مبادل حرارة خارجي ويستعمل كسائل إطفاء ثاني. وتكون مكونات التيار منخفض الغليان الأكثر تطايراً من الماء هي التي تشكل غاز العادم الذي يعاد دورته جزئيا على الأقل كغاز gas دورة في أكسدة oxidation طور الغاز gas.

ويستحسن أن تمتد الصواني مزدوجة التدفق في العملية موضوع الاختراع داخل عمود الفصل وفقا للاختراع حتى تقريبا المستوى داخل عمود الفصل، المتجة نحو قمة العمود، الذي

فيه تكون محتويات حامض الاكريليك acrylic acid بسائل المرتجع ≥ ٢٠% بالوزن، منسوبة لوزن سائل المرتجع.

وعموما يتراوح عدد الصواني مزدوجة التدفق لعملية الفصل موضوع الاختراع بين ٢٥-٤٥. ويفضل أن تتراوح نسبة ثقوبها بين ١٥-٢٥%. ويجبذ أن تكون مسارات الصواني مزدوجة التدفق المراد استخدامها وفقا للاختراع ذات ثقوب دائرية لها قطر منتظم. ويفضل أن يكون الأخير بين ١٠-٢٠مم. وإذا طلب، قد يضيق قطر الثقب في عمود الفصل موضوع الاختراع أو يوسع من أعلى إلى أسفل و/ أو قد يقل أو يزيد عدد الثقوب (مثلا قد يكون قطر الثقب ١٤مم ونسبة الثقب من أعلى لأسفل قد تزيد من ١٧,٤% حتى ١٨,٣%، ولكن، قد يكون عدد الثقوب فوق كل الصواني مزدوجة التدفق ثابتا وفقا للاختراع. ويفضل كذلك أن ترتب الثقوب الدائرية بانتظام عبر الصواني المنفردة مزدوجة التدفق بخطوة مثلثية محكمة (إنظر مثلاً البراءة الالمانية رقم DE-A 10230219).

وأيضا، تتجة حافة الدق للمسارات المختومة للصواني مزدوجة التدفق المراد استخدامها وفقا للاختراع في عمود الفصل وفقا للاختراع لاسفل (ذلك يقلل تكوين البوليمر polymer غير المحبذ).

ووفقا للاختراع، يقبل أن يناظر عدد صواني التدفق المزدوج المستخدمة للعملية موضوع الاختراع حوالي ١٠-١٥ لوحا نظرياً.

وعموما سوف يتراوح عدد صواني نقل الكتلة المحكمة هيدروليكياً بالتدفق التقاطعي موضوع الاختراع التالية للصواني مزدوجة التدفق التي في عمود الفصل موضوع الاختراع بين ٣٠-٥٠. ووفقا للاختراع، سوف تتراوح نسبة ثقوبها بشكل مفيد بين ٥-٢٥%، ويستحسن ١٠-٢٠% (تناظر نسبة الثقب تماما مساهمة النسبة المئوية لمقاطع المسارات إلى المقطع الاجمالي؛ في حالة صواني نقل الكتلة بالتدفق التقاطعي موضوع الاختراع من المفيد تماماً أن تقع داخل النطاق سالف الذكر).

ووفقا للاختراع، تعطي الأفضلية لاستخدام صواني نقل المادة ذات التدفق التقاطعي بالتيار الوحيد موضوع الاختراع. وبصفة عامة، سوف يكون عدد صواني التدفق التقاطعي المحكمة هيدروليكياً hydraulically موضوع الاختراع للعملية موضوع الاختراع بحيث يناظر حوالي ١٠-٣٠، واحيانا ٢٥، لوح نظري.

ويحتوي كل من صواني التدفق التقاطعي المحكمة هيدروليكياً hydraulically وفقا للاختراع والصواني ذات الصمامات التي تستخدم للعملية موضوع الاختراع على ماسورة نازلة واحدة على الأقل. وقد تكون إما ذات تدفق وحيد أو تدفق متعدد، مثلاً، تدفق مزدوج. وفي التشكيل أحادي التيار، قد يكون بها أيضا أكثر من ماسورة نازلة واحدة. وعلى وجه العموم، تبرشم كذلك المواسير الصاعدة في الصواني ذات المصامات هيدروليكياً hydraulically.

وبخلاف ذلك، قد يكون لصواني التدفق التقاطعي المحكمة هيدروليكياً hydraulically موضوع الاختراع، بعيدا عن توجيه الشقوق الناقلة، نفس التشكيل والترتيب للمسارات، المداخن وكذلك القواديس hoods مثل التي في صواني Thormann الموجودة حالياً.

ويتم كل من منع البلمرة لنظام الاطفاء لخليط الغاز gas الناتج الخاص بأكسدة oxidation طور الغاز gas سواء عبر موانع البلمرة الموجودة في السائل السفلي المستخدم للاطفاء وموانع البلمرة الأخرى الموجودة في أي ناتج تكثيف منفصل مستخدم للاطفاء أيضاً.

وكما ذكر بالفعل، من المفيد بصفة عامة أن تنفذ الانشطار بإضافة ملح غير عضوي تعمل إضافته لمحلول مائي من حامض برونشتيد قوي على زحزحة PH للمحلول المائي إلى النطاق القلوي، كما يوصي بها مثلا، بالبراءة الالمانية رقم DE-C 2407236 . وعلى أساس كمية السائل السفلي المراد تعريضه للفصل، سوف تتراوح كمية حفاز الفصل الاساسي الواجب إضافته بين ٠,١-٥% بالوزن. وتشتمل أمثلة حفازات الفصل المناسبة وفقا للاختراع على KOH، K_2CO_3، $KHCO_3$، NaOH، Na_2CO_3، $NaHCO_3$، LiOH، Li_2CO_3، و$CaCO_3$. وبمعني أخر، تكون حفازات catalysts الفصل المفيدة، بشكل خاص هي أملاح معادن قلوية و/ أو ملاح معادن أرضية قلوية لأحماض غير عضوية أو عضوية ضعيفة برونستيد Bronsted، مثل حامض الفوسفوريك phosphoric acid، حامض البوريك boric acid، حامض الكربونيك carbonic acid، حامض الفورميك formic acid أو حامض الخليك acetic acid. وبمعني أخر، لذلك تكون حفازات catalysts الفصل المفيدة بصفة خاصة هي فوسفاتات phosphates معدن قلوي و/ أو فوسفاتات phosphates معدن أرضي قلوي، بوراتات borates، كربونات carbonates، هيدروجين كربونات hydrogencarbonates، فورمات formates وخلات acetates.

وسوف تختار حفازات catalysts الفصل بطريقة ما بحيث تكون قابلة للذوبان في السائل السفلي تحت ظروف الفصل. ووفقا US-A 4293347، يكون لوجود فثالات ثاني الكيل dialkyl phthalates أيضا تأثيرا مفيدا على الفصل المتعلق بها. وعلى وجه العموم، ينفذ الفصل المتكامل عند ضغط ≥ ١ بار وعند درجة حرارة بين ١٣٠-٢٥٠°م.

وبصورة مفيدة، يتراوح ضغط الفصل بين ٢٥-٦٠٠ مللي بار، ويفضل بين ١٠٠-٣٠٠ مللي بار. ومن المستحسن أن تكون درجة حرارة الفصل بين ١٤٠-٢٣٠°م، ويفضل من ١٦٠-٢٠٠°م. وعند تنفيذ الفصل باستمرار (العملية موضوع الاختراع تنفذ بشكل مفيد باستمرار)، يجب أن يكون زمن البقاء في مفاعل الفصل بين ٠,٥-٤ ساعات.، ويجب تنفيذ الفصل وفقا للاختراع المراد إجراؤه بطريقة بسيطة في مبخر إزالة الضغط - تدوير مدفوع.

وكما وصف في US-A 5733075 وكذلك في DE-A 4101879، قد ينفذ فصل أوليجوميرات حامض الاكريليك acrylic acid oligomers أساسا بدون إضافة حفازات catalysts فصل حامضية أو قاعدية متخصصة. وتتضمن على حامض دوديسيل بنزين سلفونيك dodecylbenzenesulfonic acid، p- تولوين سلفونيك p-toluenesulfonic acid، حامض كبريتيك sulfuric acid، الحفازات الحامضية acidic catalysts الصلبة التي في JP-A 3-178949 أو الأملاح غير العضوية المذكورة بالفعل. وبصفة عامة، يتدفق مفاعل الفصل تخلليا بواسطة الهواء أثناء الفصل.

وفي العملية موضوع الاختراع، تتخلص عموما من الباقي الغير متطاير في مفاعل الفصل، مثلا بالحرق. وإذا طلب، تحافظ إضافة مذيب عضوي، مثلا ميثانول methanol، على بواقي الفصل المتطايرة في الحالة المائعة.

ونموذجياً تتراوح درجة الحرارة في قاع العمود موضوع الاختراع بين ٩٠-١٥٠°م، بينما تتراوح درجة الحارة عند الصينية العلوية ذات التدفق التقاطعي المحكمة هيدروليكيا hydraulically موضوع الاختراع بين ٤٠-٩٥°م، واحيانا بين ٦٠-٩٠°م. و عادة تكون درجة حرارة السحب لحامض الاكريليك acrylic acid الخام بين ٨٠-١١٠°م.

ويؤدي استخدام صواني نقل الكتلة موضوع الاختراع إلى حركة فصل محسنة تظهر في المحتوي المنخفض من حامض الاكريليك acrylic acid في الماء الحامض. ويسهل كذلك

التشغيل الأكثر استقرارا لعمود الفصل موضوع الاختراع، الذي يظهر في اختلاف فرق الضغط الأقل لكل لوح.

ويسمح هذا بدرجات نقاء لحامض الاكريليك acrylic acid الخام المسحوب عبر التيار الدوري ≤ ٩٦,٦% بالوزن. وعموما، توجد المحتويات الثانوية التالية في حامض الاكريليك الخام:

≤ ٠,٩% بالوزن حامض خليك acetic acid،

≤ ١,١٣% بالوزن ماء،

≤ ٠,٠٢٥% بالوزن حامض فورميك formic acid،

≤ ٠,٠٠١٥% بالوزن فورمالدهيد formaldehyde،

≤ ٠,٠١% بالوزن اكرولين acrolein،

≤ ٠,٠٧٥% بالوزن حامض بروبيونيك propionic acid،

≤ ٠,٤٢% بالوزن فورفورال furfurals،

≤ ٠,٠٢٥% بالوزن اكريلات اليل allyl acrylate،

≤ ٠,٠٠٠١% بالوزن فورمات اليل allyl formate،

≤ ٠,٥% بالوزن بنزالدهيد benzaldehyde،

≤ ٠,١٧% بالوزن انهيدريد ماليك maleic anhydride،

≤ ٠,٥% بالوزن حامض ثاني اكريليك diacrylic acid،

≤ ٠,٠٢٥% بالوزن فينوثيازين phenothiazine، و

≤ ٠,٠١٤% بالوزن MEHQ.

أكثر من وفوق هؤلاء، لا يمكن عموما اكتشاف أي محتويات أخرى لمكون ثانوي. وتتطلب العملية موضوع الاختراع عموما عدم ادخال أي طاقة. بخلاف ذلك، يساهم خليط الغاز gas الناتج كمحتوي طاقة كافية.

مثال ومثال مقارنة:

١-مثال مقارنة (توصف الحالة المستقرة)

الأكسدة المحفزة غير المتجانسة لطور الغاز gas من البروبيلين propylene إعطت خليط غاز gas ناتج عند درجة حرارة قدرها ٢٧٠°م له التركيب التالي:

١٠,٢٨٧٤% بالوزن حامض اكريليك acrylic acid،

٠,٢١٣٧% بالوزن حامض خليك acetic acid،

٠,٨٨٢٣% بالوزن ماء،

٠,٠٢٣٠% بالوزن حامض فورميك formic acid،

٠,٠٨٦٦% بالوزن فورمالدهيد formaldehyde،

٠,١٥٩٠% بالوزن اكرولين acrolein،

٠,٠٠٢٤% بالوزن حامض بروبيونيك propionic acid،

٠,٠٠٣٠% بالوزن فورفورال furfurals،

٠,٠٠١٣% بالوزن اكريلات اليل allyl acrylate،

٠,٠٠٠٣% بالوزن فورمات اليل allyl formate،

٠,٠٠٢٢% بالوزن بنزالدهيد benzaldehyde،

٠,١١٨٢% بالوزن انهيدريد ماليك maleic anhydride،

٠,٠٠٩٨% بالوزن حامض بنزويك benzoic acid،

٠,٩٦٦٨ % بالوزن CO_2،

٠,٦٤٢٦% بالوزن CO،

٠,٦٠٢١% بالوزن بروبان propane،

٠,٣١٩٩% بروبيلين propylene،

٠,٣٣٥٠% بالوزن O_2، و

٧٨,٣٤٤٢% بالوزن N_2.

ولم تكتشف أي مكونات أخرى.

وتم تبريد خليط الغاز gas الناتج (١٩٠٣٦٣ كجم/ ساعة) في مبرد رش يعمل بتيار مصاحب عن طريق التبريد المباشر حتى درجة حرارة ١٣٦,٤ °م.

وكان السائل المستخدم للتبريد المباشر (سائل الاطفاء) خليطا من سائل سفلي مسحوب من عمود الفصل الموصوف فيما يلي، وناتج تكثيف الفصل الممنوع من البلمرة (الناتج بفصل جزء من سائل الاطفاء، تكثيف طور الغاز الناتج وإضافة المنتج النقي الممنوع من البلمرة).

وكان تركيب سائل الاطفاء كما يلي:

١٦,٠٢٧٦% بالوزن حامض اكريليك acrylic acid،

٠,٠٨٦١% بالوزن حامض خليك acetic acid،

٠,٣٢٧٨% بالوزن ماء،

٠,٠٠٤٥% بالوزن حامض فورميك formic acid،

٠,٠٠٠٤% بالوزن فورمالدهيد formaldehyde،

٠,٠٠٧٠% بالوزن اكرولين acrolein،

٠,٠٠٩٥% بالوزن حامض بروبيونيك propionic acid،

٠,٢٣٥٦% بالوزن فورفورال furfurals،

٠,٠٠٠٤% بالوزن اكريلات اليل allyl acrylate،

٠,٧٩١% بالوزن بنزالدهيد benzaldehyde،

٤,٨٣٦٦% بالوزن انهيدريد ماليك maleic anhydride،

٤,٩٦٧٦% بالوزن حامض بنزويك benzoic acid،

٢٥,٧٢١٧% بالوزن حامض ثاني اكريليك diacrylic acid،

٣٢,٩٩٥٢% بالوزن حامض بولي اكريليك polyacrylic (قرب ميشيل Michael)،

١,٣١١٦% بالوزن فينوثيازين phenothiazine؛

٠,٩٩٧% بالوزن MEHQ، و

١١,٦٨٠% بالوزن من المكونات الأخرى عالية الغليان.

وكان لناتج التكثيف للفصل الممنوع من البلمرة polymerization (١٥٨٨ كجم/ ساعة) التركيب التالي:

٧٢,٠٨١٧% بالوزن حامض اكريليك acrylic acid،

٠,١١١٤% بالوزن حامض خليك acetic acid،

٠,٤٢٣٦% بالوزن ماء،

٠,٠٠٥٨% بالوزن حامض فورميك formic acid،

٠,٠٠٠٦% بالوزن فورمالدهيد formaldehyde،

٠,٠٠٩% بالوزن اكرولين acrolein،

٠,٠١٢٢% بالوزن حامض بروبيونيك propionic acid،

٠,٣% بالوزن فورفورال furfurals،

٠,٠٠٠٦% بالوزن اكريلات اليل allyl acrylate،

١,٠% بالوزن بنزالدهيد benzaldehyde،

٦,٠% بالوزن انهيدريد ماليك maleic anhydride،

٥,٢٢٩٥% بالوزن حامض بنزويك benzoic acid،

١٣,٦٩٧% بالوزن حامض ثاني اكريليك diacrylic acid،

٠,٠٢٨٧% بالوزن فينوثيازين phenothiazine، و

١,١٠% بالوزن MEHQ.

تم سحب جزء (٢٠٤٩ كجم/ ساعة) من سائل الاطفاء باستمرار ودفع للفصل. وتم هذا عند ضغط ٣٠٠ مللي بار ودرجة حرارة ١٨١,٤°م. وترك الغاز gas المفصول جهاز الفصل عبر فاصل يعمل بفرق الطرد المركزي عند درجة حرارة ١٧٥°م وتم حفظ باقي الفصل في حالة مائعة بإضافة الميثانول methanol ودفع للمحرقة.

وتم توصيل باقي سائل الاطفاء (٥٩٥٣٩٩ كجم/ ساعة) من خلال مبادل حراري ذي حزمة أنابيب ثم استخدام عند درجة حرارة قدرها ١٣٠,٧°م للتبريد المباشر لخليط الغاز الناتج.

وتم نقل خليط الغاز الناتج المبرد وسائل الاطفاء الناتج من التبريد المباشر إلي قاع عمود الفصل (للتكثيف التقطيري). وكان ارتفاع عمود الفصل ٥٤,٣ م.

وكان قطر عمود الفصل في منطقة صواني تورمان ٦,٥٠م وبخلاف ذلك ٦,٠م.

وتم تكامل الفاصل الذي يعمل فرق الطرد المركزي داخل المنطقة السفلية من العمود وتم منع قطيرات سائل الاطفاء من الاحتجاز أعلى المنطقة السفلية.

واكتملت المنطقة السفلية عند ارتفاع عمود (مثل كل الارتفاعات، مقاسة من قاع العمود) قدره ٧,٨م بواسطة صينية تجميع أولي (صينية المدخنة التي بها حوالي ١٦ مدخنة ذات سطح موزعة بانتظام؛ قطر المدخنة؛ ٦٠٠ مم؛ ارتفاع المدخنة: ١م).

وكان لصينية التجميع شكل مزدوج الجدران له ميل ٢° نحو المركز وكأس انطلاق مركزي وفوهة انطلاق (دي أن ~ ٢٠٠). وكان مقطع الغاز الحر حوالي ٣٠%.

تم سحب ٥٥٧٤٠ كجم/ ساعة من سائل المرتجع من صينية التجميع الأولى هذه ونقل إلي المنطقة السفلية. وكان تركيب ذلك السائل المرتجع.

٨٢,٠٨٦٩% بالوزن حامض اكريليك acrylic acid،

٠,٣٢٠٤% بالوزن حامض خليك acetic acid،

١,٠١٨٤% بالوزن ماء،

٠,٠١٢٣% بالوزن حامض فورميك formic acid،

٠,٠٠١٥% بالوزن فورمالدهيد formaldehyde،

٠,١٣١% بالوزن اكرولين acrolein،

٠,٠٥٥٦% بالوزن حامض بروبيونيك propionic acid،

١,٢٤٥١% بالوزن فورفورالات furfurals،

٠,٠٠٢٢% بالوزن اكريلات اليل allyl acrylate،

٠,٠٠٠١% بالوزن فورمات اليل allyl formate،

٢,٨٦٣٤% بالوزن بنزالدهيد benzaldehyde،

٨,٧٨٩٥% بالوزن انهيدريد ماليك maleic anhydride،

٠,٦٦٠٦% بالوزن حامض بنزويك benzoic acid،

٠,٦٧٢٥% بالوزن حامض ثاني اكريليك diacrylic acid،

٠,٠٤٧٧% بالوزن فينوثيازين phenothiazine، و

٠,٢٢٨٩% بالوزن MEHQ.

وكانت درجة الحرارة ١٠٢,٧°م. وكان الضغط ١,٤٨ بار.

ووضعت أول صينية من الـ ١٥ صينية مزدوجة التيار الابتدائية على مسافة ٢ متر فوق صينية التجميع الأولي. وتم تثبيت تلك الصواني مزدوجة التيار (قطر الثقب ١٤مم، عدد الثقوب ٣٣٦٧٨، نسبة الثقب ١٨%) على مسافات متساوية عند فاصل صواني قدره ٣٨٠مم. وتكونت المسارات من ثقوب دائرية بقطر منتظم قدره ١٤مم وحافة التثبيت في عمود الفصل المتجه لاسفل. وكانت نسبة الثقب حوالي ٢٠%. وكان ترتيب مراكز دوائر المرور متبوعه بخطوة مثلثية محكمة. وكانت المسافة بين مراكز دائرتين متجاورتين ٣٠مم.

وتم تشكيل الصينية الخامسة عشر مزدوجة التدفق كصينية توزيع. ولهذا الغرض، تكونت من أنبوبتين داخليتين (دي أن ~ ١٥٠) بها ٤٠ ثقب تفريغ (قطر ١٥ مم) بكل أنبوبة مدخلة.

واستكملت المجموعة الأولي من الصواني مزدوجة التدفق بصينية تجميع ثانية (صينية ذات مدخنة بها حوالي ١٦ مدخنة ذات سطح موزعة بانتظام؛ ارتفاع المدخنة حوالي ١,٧م، كأس انطلاق مركزي ذو فوهات انطلاق (دي ان ~ ٢٥٠)، المقطع الحر للغاز قدرة ~ ٣٠%) التي تم تثبيتها على ارتفاع ١,٥٠م فوق الصينية الاخيرة مزدوجة التدفق.

من تلك الصينية الثانية للتجميع، تم سحب حامض اكريليك acrylic acid خام باستمرار والذي كان له التركيب الأتي:

٩٦,٦١٠٩% بالوزن حامض اكريليك acrylic acid،

٠,٩% بالوزن حامض خليك acetic acid،

١,١٢١٩% بالوزن ماء،

٠,٠٢٥٠% بالوزن حامض فورميك formic acid،

٠,٠٠١٥% بالوزن فورمالدهيد formaldehyde،

٠,٠٠٩٨% بالوزن اكرولين acrolein،

٠,٠٧٤٨% بالوزن بروبيونيك propionic acid،

٠,٤١٤١% بالوزن فورفورالات furfurals،

٠,٠٠٢٥% بالوزن حامض اكريلات اليل allyl acrylate،

٠,٠٠٠١% بالوزن فورمات اليل allyl formate،

٠,١٤٤١% بالوزن بنزالدهيد benzaldehyde،

٠,١٦٦٧% بالوزن انهيدريد ماليك maleic anhydride،

٠,٤٩٣٥% بالوزن حامض ثاني اكريليك diacrylic acid،

٠,٢١٦ % بالوزن فينوثيازين phenothiazine، و

٠,٠١٣٤% بالوزن MEHQ.

وأعيدت دورة ٨٩٦٣٨ كجم/ ساعة من حامض الاكريليك acrylic acid الخام المسحوب عند درجة حرارة ٩٩,٥°م إلي الصينية الخامسة عشر مزدوجة التدفق (العد بدءاً من أسفل).

دفعت ٣٣١٥٢ كجم/ ساعة من حامض الاكريليك acrylic acid الخام المسحوب عند درجة حرارة ٩٩,٥°م إلي بلورة الفيلم الهابط التي لها مرحلتى تكرير وفقا 998 EP-A.616. وعند هذا الحد، انخفضت درجة حرارتها إلي ٢٩°م بتبادل الحرارة غير المباشرة.

وتم دفع المنتج النقي في مرحلة التكرير الأولي بكاملة (٢٦٩٤٠ كجم/ ساعة) إلي مرحلة التكرير الثانية. وكان تركيبة كما يلي:-

٩٨,٩٧٧٣% بالوزن حامض اكريليك acrylic acid،

٠,٤٥٥٢% بالوزن حامض خليك acetic acid،

٠,٢٦٩٦% بالوزن ماء،

٠٠,١٢٧% بالوزن حامض فورميك formic acid،

٠,٠٠٠٣% بالوزن فورمالدهيد formaldehyde،

٠,٠٠١٩% بالوزن اكرولين acrolein،

٠,٠٤٢٥% بالوزن حامض بروبيونيك propionic acid،

٠,٠٨٠٢% بالوزن فورفورال furfurals،

٠,٠٠٠٥% بالوزن اكريلات اليل allyl acrylate،

٠,٠٢٧٩% بالوزن بنزالدهيد benzaldehyde،

٠,٠٣٢٣% بالوزن انهيدريد ماليك maleic anhydride،

٠,٠٩٥٥% بالوزن حامض ثاني اكريليك diacrylic acid، و

٠,٠٠٤٢ % بالوزن فينو ثيازين phenothiazine، و

وأعيدت دورة السائل الأم لمرحلة التنقية الثانية بالكامل لمرحلة التنقية الأولي. وتم إدخال السائل الألم الخاص بمرحلة التنقية الأولي في صهريج وأعيدت دورته من هناك عند درجة حرارة ٩٠°م بكمية ١٢٦٧٨ كجم/ ساعة للصينية الخامسة عشر مزدوجة التدفق (العد من أسفل). وكان تركيب ذلك السائل الأم معاد الدورة كما يلي:

٩١,٦١٠٩% بالوزن حامض اكريليك acrylic acid،

٢,٠٤٤٢% بالوزن حامض خليك acetic acid،

٢,٦٨٤٨% بالوزن ماء،

٠,٠٥٦٩% بالوزن حامض فورميك formic acid،

٠,٠٠٣٨% بالوزن فورمالدهيد formaldehyde،

٠,٠٢٥٢% بالوزن اكرولين acrolein،

٠,١٦١٦% بالوزن حامض بروبيونيك propionic acid،

١,٠٦٦٨% بالوزن فورفورال furfurals،

٠,٠٠٦٤% بالوزن اكريلات اليل allyl acrylate،

٠,٣٧١٣% بالوزن بنزالدهيد benzaldehyde،

٠,٤٢٩٥% بالوزن انهيدريد ماليك maleic anhydride،

١,٢٧١٢% بالوزن حامض ثاني اكريليك diacrylic acid، و

٠,٠٥٥٦ % بالوزن فينوثيازين phenothiazine،

٠,٠٣٥٠% بالوزن MEHQ.

تم سحب ٢٠٤٧٥ كجم/ ساعة من المنتج النقي من مرحلة التنقية الثانية وكان له التركيب التالي:

٩٩,٧٠٩% بالوزن حامض اكريليك acrylic acid،

٠,١٩١٥% بالوزن حامض خليك acetic acid،

٠,٠٤٢٨% بالوزن ماء،

٠,٠٠٥٣% بالوزن حامض فورميك formic acid،

٠,٠٠٠٢% بالوزن اكرولين acrolein،

٠,٠٢١٠% بالوزن حامض بروبيونيك propionic acid،

٠,٠١٠٠% بالوزن فورفورال furfurals،

٠,٠٠٠١% بالوزن اكريلات اليل allyl acrylate،

٠,٠٠٣٥% بالوزن بنزالدهيد benzaldehyde،

٠,٠٠٤% بالوزن انهيدريد ماليك maleic anhydride،

٠,٠١١٩% بالوزن حامض ثاني اكريليك diacrylic acid،

٠,٠٠٠٥ % بالوزن فينوثيازين phenothiazine، و

تم خلط ١٩٩١ كجم/ ساعة من هذا الحامض أكريليك acrylic acid النقي مع PTZ بحيث نتج محلول يحتوي على ١,٥% بالوزن من PTZ الذائب (محلول المانع ١).

وتم خلط ٣٨ كجم/ ساعة من حامض الأكريليك acrylic acid النقي هذا مع MEHQ بحيث نتج محلول احتوي على ٣٠% بالوزن MEHQ (محلول المانع ٢).

واستخدام ١٠ كجم/ ساعة من محلول المانع ١ لكي تثبت نواتج تكثيف الانفصال. واستخدام ٢٤٣ كجم/ ساعة من محلول المانع ١ لكي نثبت ١٨٤٩٦ كجم/ ساعة من حامض الاكريليك phenothiazine النقي.

وبالتفصيل، تم تنفيذ بلورة الفيلم الهابط كما يلي (انظر مثلا شكل رقم ١٣). وتم امرار التيار البارد من حامض الاكريليك acrylic acid الخام المدفوع للبلورة الخاصة بالفيلم الساقط في البداية فوق مرشح F1 (بغرض إزالة البوليمر؛ مرشح سلة له عرض شبكة حوالي ٢٥٠ ميكرومتر) ثم نقل إلى صهريج التخزين ب١ (ثم صنع جهاز البلورة بالكامل من الصلب غير القابل للصدأ وتم تزويد مستودع التخزين بجهاز تسخين وتتراوح الاحجام النموذجية لمستودع التخزين ب١ في حدود ٢٥٠-٦٠٠م^3؛ وعادة لا يقلب مستودع التخزين ب١). ومن هناك، تم إدخال حامض اكريليك acrylic acid خام بواسطة المضخة بي ١ مثل التيار ٢ إلى مستودع تخزين ب٢ في محطة بلورة الطبقة. ولأن بلورة الطبقة ذات المرحلتين هي عملية ذات دفعات، يتم شحن مرحلة التنقية الأولى على دفعات باستخدام حامض الاكريليك acrylic acid الخام (التيار ٣) من مستودع التخزين ب٢. وبعد البلورة الجزئية لحامض التغذية المذكورة، وسمح للحامض المتبقي السائل وحامض التخمير الصاعد من التخمير (انظر وصف تسلسل المرحلة فيما بعد) ليمر إلى الخزان ب٣ على هيئة التيار ٩. وتم توصيل حامض الاكريليك acrylic acid الغني بالشوائب المجمع في ب٣ باستمرار عبر المضخة بي ٣ على هيئة التيار ١٠ إلى الخزان ب٦ وتعاد دورته منه على هيئة التيار ١١ إلى الصينية الخامسة عشر مزدوجة التدفق (العد من أسفل) بعمود الفصل. وتم صهر طبقة البلورات من مرحلة التنقية R1 المتبقية عند اكتمال التخمير في جهاز البلورة (أساسا بإدخال الحرارة غير المباشرة) وتنقل فورا لمرحلة التنقية الثانية R2 في نفس جهاز البلورة (التيار ٤). وسمح للسائل المتبقى الموجود فى مرحلة التنقية R2 بعد البلورة الجزئية والتخمير يمر إلى الخزان ب٤ مثل التيار ٧ ونقل عبر المضخة ٢ مثل التيار ٨ إلى مستودع التخزين ب٢. وصهرت بلورات مرحلة التنقية R2 المتبقية بعد التخمير فى جهاز البلورة بنفس الطريقة مثل التى فى حالة مرحلة التنقية أو بعد ذلك سمح لها بالمرور كتياره إلى مستودع التجميع ب٥ (استحدام تيار فرعى لتحضير محلول المانع ٢).

واستخدم المنتج النقى لمرحلة التنقية الثانية R2 فى الخزان S لتحضير محلول المانع ١ مع إضافة المثبت ٦ (PTZ) (بدلاً من و/أو علاوة على حامض الاكريليك acrylic acid النقى، التيار الجانبى S3 و/أو البلورات المصهورة للمرحلة R1 (أى S2) قد تستعمل أيضاً لتحضير محلول المانع ١ و/أو ٢). وأضيف محلول المانع ١ فى صورة التيار S4 للناتج النقى المصهور لمرحلة التنقية R2 فى المستودع ب٥ لكى نحصل على تركيز المثبت المذكور فى حامض الاكريليك acrylic acid النقى . وكان تيار التغذية ٥ هو محلول المانع ١ للغرض، المجمل، تثبيت عمود الفصل. وأجريت مراحل التنقية بشكل متكرر بالتسلسل R_1-R_2، R_1-R_2، R_1-R_2، R_1-R_2،

وأجريت كل من مرحلتي التنقية R_1 وR_2 فى جهازى بلورة للفيلم الساقط من سولز كيمتيك ايه جي Sulzer Chemtec AG، الذين يعملان على التوازى. واحتوى كل جهاز بلورة على ١٢٧٨ أنبوبة فيلم ساقط بطول ١٢م وقطرها خارجى ٧٠ مم. وكان القطر الداخلى ٦٧ مم. وفى الأنابيب، تدفق الحامض المراد بلورته الداخل بواسطة مضخة دوران كفيلم هابط فوق السطح الداخلى. وقد أمكن توصيل بيئة نقل حرارة (HTM) المدخلة بالمثل عبر مضخة تدوير فوق السطح الخارجى للأنابيب على هيئة فيلم ساقط. وكانت HTM المستخدمة هى خليط ماء / جليكول glycol درجة تجمده < -٢٥°م (كبديل، قد يستعمل خليط الماء/ الميثانول methanol الذى نقطة تجمده < -٢٥°م). وكانت أقصى شحنة لكلا جهازى التبلور حوالى ١٢٠ طن من الحامض/ الدمغة المراد تنقيته.

وتنتمى الصهاريج ب٢-ب٥ لمحطة البلورة وليس بها تقليب، وهى صهاريج ذات سخونة قليلة (ملفوفة من الخارج بأنابيب تسخين خفيف مشحونة بخليط مناسب قابل للتسخين من الماء/ الجليكول glycol) ذات سعات بين ٤٠ و١٥٠م^3.

وتم توصيل جهازى البلورة مع نظام تسخين / تبريد الذى بواسطته يمكن تغيير درجة حرارة بيئة نقل الحرارة المتدفقة فوق الأسطح الخارجية لأنابيب البلورة حسب الحاجة.

وقد تكون نظام التسخين/ التبريد أساساً من محطة تبريد بالضغط لتوصيل طاقة التبريد والتسخين، وصهاريج تخزين لاحتجاز بيئة نقل الحرارة عند درجات حرارة مختلفة.

وكانت الخطوات فى مرحلة التنقية المستقلة R1 أو R2 كما يلى، بعد شحن جهاز البلورة بحامض يراد تنقيته وأثناء دوران الحامض، استخدم ناقل الحرارة ليبدأ برنامج التبريد. وأثناء خفض درجة الحرارة، تجمدت طبقة بللورات غليظة متزايدة فوق الأسطح الداخلية

(الأنابيب المبلورة). وعند الوصول على الكتلة المرغوبة من الحامض المتجمد، توقف التبريد ودوران الحامض وتم تصريف الحامض السائل المتبقى للخارج. ثم رفعت درجة حرارة طبقات البلورات فى خطوة التخمير بزيادة درجة حرارة ناقل الحرارة. وقد أدى ذلك لانصهار جزئي لطبقات البلورات، أساساً فى المناطق ذات البلورات النقية الأقل (أى التى لها نقطة انصهار أقل بسبب الشوائب). وبالمثل كان سائل التخمير الناتج مفرغاً من جهاز التبلور. ثم صهرت طبقة البلورات المتبقية بعد نهاية أسلوب التخمير بزيادة أخرى لدرجة حرارة HTM لأعلى من نقطة انصهار الحامض النقى. وأعلى من محتوى معين للسائل، عملت مرة أخرى مضخة تدوير الحامض. وبعد اكتمال صهر طبقات البلورة، صرف المصهور الناتج للخارج كسائل نقى.

وكانت ظروف العملية المناسبة نموذجياً لمراحل التنقية متكررة ومذكورة فى الجدول التالى، والقيم التي بين الأقواس تعطى النطاق المستخدم.

	المرحلة R_1	المرحلة R_2
خطوة البلورة		
درجة حرارة البداية لـ HTM (°م)	٠ - ٦ (٢-٤)	١-٧ (٣-٥)
انحدار تبريد HTM (ك/ دقيقة)	٠,٣-٠,٧ (٠,٤-٠,٦)	٠,٣-٠,٧ (٠,٤-٠,٦)
نسبة الكتلة المتجمدة (% بالوزن من كتلة الشحنة)	٦٠-٨٠ (٧٠-٨٠)	٦٥-٨٥ (٧٣-٨٣)
خطوة التخمر		
درجة حرارة البداية لـ HTM (°م)	١٠-١٤ (١٢-١٣)	١١-١٥ (١٣-١٤)
انحدار تبريد HTM (ك / دقيقة)	٠,٢-٠,٦ (٠,٣-٠,٥)	٠,٢-٠,٦ (٠,٣-٠,٥)
نسبة الكتلة المتخمرة (% بالوزن للكتلة المشحونة)	١-١٠ (٤-٦)	١-١٠°م (٤-٦°م)
خطوة الصهر		
درجة حرارة HTM (°م)	٢٠-٤٠°م(٣٠-٣٥°م)	٢٠-٤٠°م(٣٠-٣٥°م)

المضخات المستخدمة كانت مضخات طرد مركزى.

بخلاف ذلك، اتبع أسلوب البراءة الأوربية رقم ٦١٦٩٩٨أ.

وعلى ارتفاع ١٠,٥٠م من صينية التوزيع الثانية وضعت أول واحدة من الـ ٢١ صينية الأخرى ذات التدفق المزدوج من النوع سالف الذكر (قطر الثقب أيضاً بانتظام ١٤مم، لكن عدد الثقوب ٢٠-٣٢ ونسبة الثقب ١٧,٤%)، التى وزعت بانتظام أيضاً على فواصل قدرها ٣٨٠ مم. وشكل آخر واحدة من تلك الصوانى مزدوجة التدفق ٢١ وبها قنوات channels للتدفق الزائد وبها مسار تدفق زائد مسنن تعمل كصينية توزيع .

وعلى مسافة ٨٠٠ مم فوق الصينية الأخيرة مزدوجة التدفق، بدأ تمدد عمود الفصل بطريقة مخروطية. وعلى ارتفاع ١٥٠٠ مم من آخر صينية مزدوجة التدفق، انتهى ذلك التمدد عند قطر عمود قدره ٦,٥٠م.

وعند هذا الارتفاع ، أي ١,٥ من آخر صينية مزدوجة التدفق، بدأ التوزيع المنتظم (فاصل الصينية = ١٥٠٠مم) لعدد ٢٨ صينية تورمان تقليدية فردية التدفق. وشكلت صوانى ثورمان بطريقة ما بحيث أدى ترتيب شقوق النقل فى قواديس صوانى ثورمان إلى اتجاه تدفق مضاد للسائل فى كل حالة فى قنوات channels متتالية فى اتجاه التدفق التقاطعى.

وكانت نسبة الثقب لصوانى ثورمان ١٤%. وكانت نسبة سطح المدخنة لسطح مخرج الشق ٠,٨. وكان إرتفاع المدخنة وارتفاع هدار التدفق الزائد ٤٠ مم. وكان الخلوص السفلى للأغطية الفقاعية (المسافة بين الحافة السفلية للشق والصينة) ١٠ مم. وكان ارتفاع الشق ١٥ مم. وكانت الزاوية بين الشق المائل والحافة الطولية لل hood ٣٠°. وكان الطول الأقصى للحافة الطولية لل ٨٠٠ مم. وفى المنطقة المحيطية الخارجية من العمود ، انخفض طول ال hood حتى حوالى ٢٠٠ مم لأسباب التعديل حسب استدارة العمود. وكانت المسافة بين يـن موضوعين على خط واحد فى اتجاه التدفق التقاطعى ٦٦ مم. وكان سطح المصرف للماسورة النازلة ١,٥% منسوبة للمساحة المقطعية للصينية. وكان العرض بين الحواف الطولية السفلية لل ٦٤ مم.

وعند ارتفاع أعلى صينية ثورمان، بدأ عمود الفصل فى الضيق مرة أخرى بطريقة مخروطية، وعلى ارتفاع ٧٠ مم فوق صينية ثورمان العلوية، اكتمل هذا الضيق وانكمش قطر العمود مرة أخرى إلى ٦م.

وعلى ارتفاع ١,٧م من أعلى صينية ثورمان وضعت صينية تجميع ثالثة (صينية ذات مدخنة بها حوالى ١٦ مدخنة ذات سطح موزعة بانتظام، ارتفاع المدخنة = ١,٥ م).

ومن صينية التجميع الثالثة ، تم سحب ٥٣٤٤٠٣ كجم/ ساعة من ماء الحامض acid الذى له درجة حرارة ٥٨,١°م وضغط ١,٢٤ بار.

وكان تركيب ماء الحامض :

٩,٣٨٦١% بالوزن حامض اكريليك acrylic acid؛

٤,٤٥٥٤% بالوزن حامض خليك acetic acid؛

٨٣,٢٦٥% بالوزن ماء،

٠,٥٤٢٩% بالوزن حامض فورميك formic acid،

٢,٢٧٥٤% بالوزن فورمالدهيد formaldehyde،

٠,٠٣٧٤% بالوزن اكرولين acrolein،

٠,٠٠٧٩% بالوزن حامض بروبيونيك propionic acid،

٠,٠٠٨٧% بالوزن فورفورالات furfurals،

٠,٠١٨٩% بالوزن فورمات الليل allyl formate،

٠,٠٠٠٢% بالوزن بنزالدهيد benzaldehyde، و

٠,٠٠٠١% بالوزن MEHQ.

أعيدت دورة ٢٦٦١٨ كجم/ساعة من ماء الحامض المسحوب (٥٨,١°م) علاوة على ٥٤ كجم/ ساعة من محلول المانع ٢ (١٧,٦°م) لأعلى صينية ثورمان Thormann.

ودفعت ٧٢٤٩ كجم/ ساعة من ماء الحامض المسحوب إلى المحرقة .

وأعيدت دورة ٣٠٠٣٢١ كجم/ ساعة من ماء الحامض المسحوب عند درجة حرارة ١٥°م إلى سادس صينية ذات صمام سوف توصف لاحقاً (العد من أسفل).

وأعيدت دورة ٢٠٠٢١٤ كجم/ ساعة من ماء الحامض المسحوب عند درجة حرارة ١٢,٧°م لأعلى صينية ذات صمام التى سوف توصف لاحقاً.

عند صينية ثورمان Thormann الرابعة عشر (العد من أسفل)، دفعت ١٧٤٢ كجم/ ساعة من محلول المانع ١ عند درجة حرارة ١٥,١°م.

وعلى ارتفاع ٢٣٠٠ من صينية التجميع الثالثة، تم تشتيت ١١ صينية مزدوجة التدفق ذات صمام فى ترتيب منتظم (فاصل الصينية = ٥٠٠ مم). وكان ارتفاع هدار الصرف ٣٥ مم. وكانت نسبة الثقب ١٨% ومجموع مساحات سطح الصرف للأنابيب الهابطة بالصنيتين

المتتاليتين ذوات الصمام كان ١٠% من المساحة لمقطعية للعمود. واستخدمت الصمامات VV12 المباعة من شتال Stahl، المانيا DE، فيرنهايم Viernheim.

وكان الضغط عند قمة العمود ١,٢ بار. وعند قمة العمود، كان لـ١٦٤٠٠١ كجم/ساعة من غاز العادم عند درجة حرارة ١٤°م الخارج من عمود الفصل التركيب التالى:

٠,٠٥٦٣% بالوزن حامض اكريليك acrylic acid،

٠,٠٢٩٣% بالوزن حامض خليك acetic acid؛

٠,٨٢١٢% بالوزن ماء،

٠,٠٠١٥% بالوزن حامض فورميك formic acid،

٠,١٨٢٩% بالوزن اكرولين acrolein،

٠,٠٠٠٤% بالوزن فورفورالات furfurals،

٠,٠٠٠٦% بالوزن فورمات الليل allyl formate،

٢,٢٨٣٠% بالوزن CO_2،

٠,٧٤٥٩% بالوزن CO،

٠,٦٩٨٩% بالوزن بروبان propane،

٠,٣٧١٣% بالوزن بروبيلين propylene،

٣,٨٧١١% بالوزن O_2؛

٩٠,٩٣٧٥% بالوزن N_2.

فى مبادل حرارة غير مباشر تم تسخين غاز العادم حتى ٣٨٠°م وبعد ذلك أعيدت دورة ٩٧,٩٩ كجم / ساعة من غاز العادم هذا عبر كباس غاز الدورة إلى أكسدة طور الغاز كغاز مخفف ودفعت ٦٦٩٠٢ كجم/ ساعة لغاز العادم للاحتراق .

وتميز تشغيل صوانى ثورمان باختلافات فى فرق الضغط لصينية ثورمان مستقلة يصل إلى ١ مللى بار لكل صينية. وأدى ذلك إلى اختلافات فى فرق الضغط لصوانى مزدوجة التدفق يصل إلى ٠,٥ مللى بار لكل صينية مزدوجة التدفق.

وكان متوسط فرق الضغط فى منطقة أول سبع صوانى ثورمان (العد من أسفل) حوالى ٨ مللى بار لكل صينية ثورمان، هبط إلى ٥ مللى بار لكل صينية ثورمان بازدياد ارتفاع لعمود.

٢- مثال (عملية الحالة المستقرة)

كان الأسلوب مثل مثال المقارنة، باستثناء ان صواني ثورمان قد شكلت بطريقة ما بحيث تم تشكيل شقوق النقل بالقواديس في قنوات channels التدفق المتتالية في اتجاه التدفق التقاطعي على هيئة أزواج بطريقة ما بحيث لم تعد تيارات السائل في هاتين القناتين المتتاليتين مباشرة مضاد، لبعضها البعض، لكل بخلاف هذا تتحول الأزواج المتتالية من قنوات channels التدفق إلى نفس الاتجاه ، وتغير اتجاه التدفق فقط من زوج إلى زوج.

وبالإضافة لذلك، كل hood أحاط بتغيير الاتجاه كان بامتداد الطول الكلي لل (بحد أقصي ٨٠٠ مم، وحد أدني ٢٠٠ مم) في المنتصف باستخدام ألواح توجيه بارتفاع ١٠٠ مم. وبالإضافة لذلك، انخفضت المسافة بين موضوعين على خط واحد في اتجاه التدفق التقاطعي الذي واجه تغيرا في الاتجاه من ٥٠ إلى ٢٥ مم.

وعندما كان تركيب ومقدار خليط الغاز الناتج من أكسدة الطور الغازي المحفزة غير المتجانسة هو نفسة وكان لحامض الاكريليك acrylic acid الخام المسحوب من عمود الفصل نفس التركيب تماما، هبط محتوي حامض الاكريليك acrylic acid في ماء الحامض من ٩,٣٨٦١% بالوزن إلى ٧,٥٠% بالوزن الذي أكد تأثير الفصل المحسن لصواني ثورمان المعدلة وفقا للاختراع. وفي نفس الوقت، هبطت اختلافات فرق الضغط في منطقة صواني ثورمان المعدلة وفقا للاختراع من ١ ملي بار إلى ٠,٣ ملي بار لكل صينية وانخفضت اختلافات فرق الضغط في منطقة صواني التدفق المزدوج من ٠,٥ إلى ٠,١ ملي بار لكل صينية مزدوجة التدفق. وسمح هذا بتشغيل عمود الفصل بطريقة أكثر استقرارا تماما التي اتضحت في الاختلافات الأقل في درجة حرارة التنظيم المثبت عند الصينية الخامس والأربعين من القاع (عند ارتفاع درجة الحرارة عند الصينية ٤٥، زاد ارتجاع ماء الحامض إلى عمود الفصل، وعندما هبطت درجة الحرارة تلك، إعيدت درة ماء حامض أقل إلى عمود الفصل)، وانخفضت الاختلافات في نوعية حامض الاكريليك acrylic acid الخام المسحوب.

وتكونت مادة عمود الفصل والصواني المحتواه داخله من الصلب غير القابل للصدأ من النوع ٤٥٧١-١.

عناصر الحماية

١ ١- صينية محكمة هيدروليكيا hydraulically لنقل كتلة mass transfer متدفقة
٢ تقاطعيا أو عرضيا مناسبة كسطح داخلي في أعمدة الفصل لنقل الكتلة mass
٣ transfer بين الاطوار السائلة والغازية liquid and gas phases، وبها قنوات
٤ channels مستقلة مرتبة متوازية والتي تصل مسارات السائل liquid، الغاز gas
٥ الموزعة بين القنوات channels التي تغطيها قواديس hood طويلة تنغمس حافتاها
٦ الطوليتان السفليتان داخل السائل liquid الموجود بالقنوات channels وبها شقوق
٧ لخروج الغاز gas ولها أسطح توجيه تقوم بتوجيه خروج الغاز gas إلى السائل
٨ liquid في اتجاه مائل، وذلك لكي تشكل اتجاه تيارات السائل liquid داخل القنوات
٩ channels، ويضبط توجيه الجانب الطولي lower longitudinal (الأكثر طولا)
١٠ للقواديس hoods متعامداً على اتجاه التدفق العرضي للسائل liquid. حيث يتم
١١ ضبط أسطح التوجيه للقواديس hoods في قناتين متتاليتين على الأقل في اتجاه
١٢ التدفق التقاطعي بطريق ما بحيث يتدفق السائل liquid الذي في تلك القنوات
١٣ channels في نفس الاتجاه وبخلاف هذا يوصل السائل liquid بطريقة متعرضة
١٤ عبر القنوات channels كلها.

١ ٢- صينية نقل كتلة بالتدفق التقاطعي crossflow mass transfer محكمة
٢ هيدروليكيا hydraulically مثل المذكورة في عنصر الحماية رقم ١، حيث تتقاطع
٣ القنوات channels مع قنوات عرضية cross-channels عمودية على القنوات
٤ channels.

١ ٣- صينية نقل كتلة بالتدفق التقاطعي crossflow mass transfer محكمة
٢ هيدروليكيا hydraulically مثل المذكورة في عنصر الحماية رقم ٢، حيث يكون
٣ بالقنوات العرضية cross-channels مضايق حيث تحيط منطقتا صينية لهما
٤ اتجاهات تدفق متضادة إحداهما بالأخرى.

٤- صينية نقل كتلة بالتدفق التقاطعي crossflow mass transfer محكمة هيدروليكيا hydraulically مثل المذكورة في عنصر الحماية رقم ٣، حيث تشكل المضايق بواسطة مسارات الغاز gas و/ أو القواديس hoods المرتبة أقرب لبعضها البعض عند الجانب الطرفي.

٥- صينية نقل كتلة بالتدفق التقاطعي crossflow mass transfer مثل المذكورة في أي من عناصر الحماية رقم ١-٤، حيث تثبيت ألواح التوجيه التي تبرز فوق القواديس hoods على الجانب العلوي لبعض القواديس hoods على الأقل.

٦- صينية نقل كتلة بالتدفق التقاطعي crossflow mass transfe مثل المذكورة في عنصر الحماية رقم ٥، حيث تثبت ألواح التوجيه على الأقل على الجانب العلوي للقواديس hoods المذكورة التي تفصل مناطق الصواني ذات اتجاه التدفق المضاد.

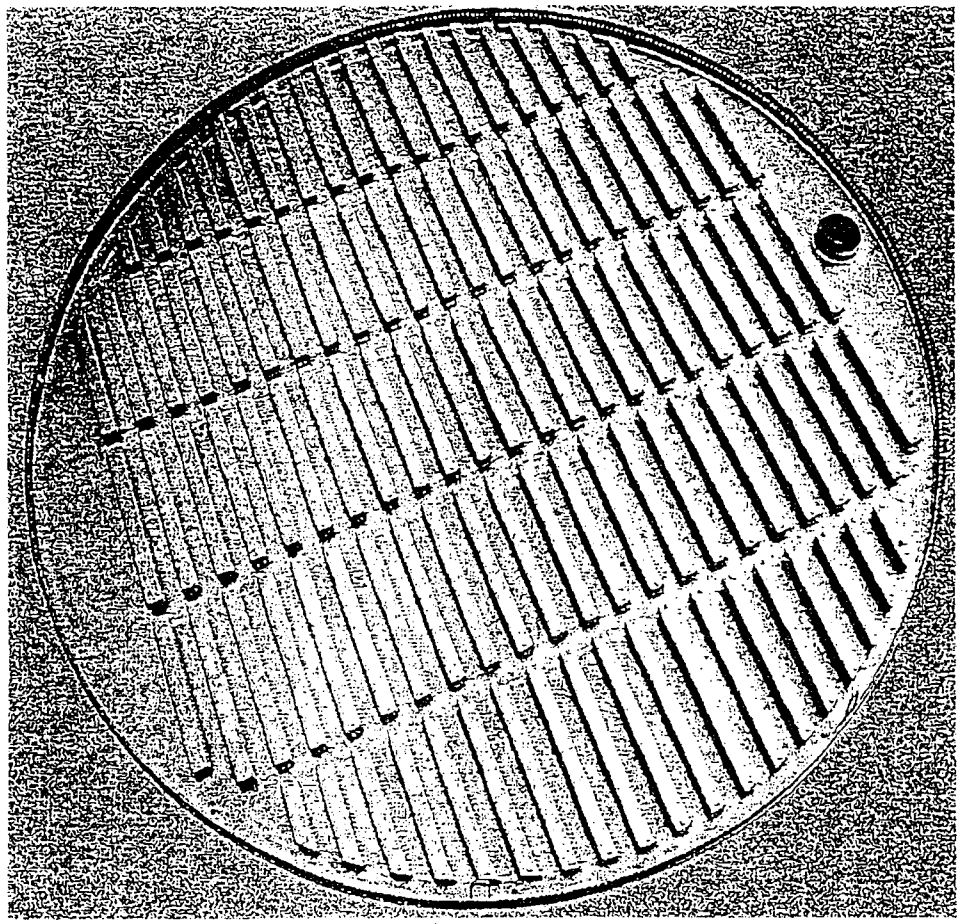
٧- صينية نقل كتلة A mass transfer مثل المذكورة في أي من عناصر الحماية رقم ١-٦، حيث تحتوي الجوانب العلوية للقواديس hoods، عند طرف واحد على الأقل للقادوس hood، على مسطح إلى الطرف.

٨- عمود فصل separating column يشتمل على الأقل على صينية واحدة لنقل كتلة بالتدفق التقاطعي crossflow mass transfe محكمة هيدروليكيا hydraulically مثل المذكورة في أي واحد من عناصر الحماية رقم ١-٧.

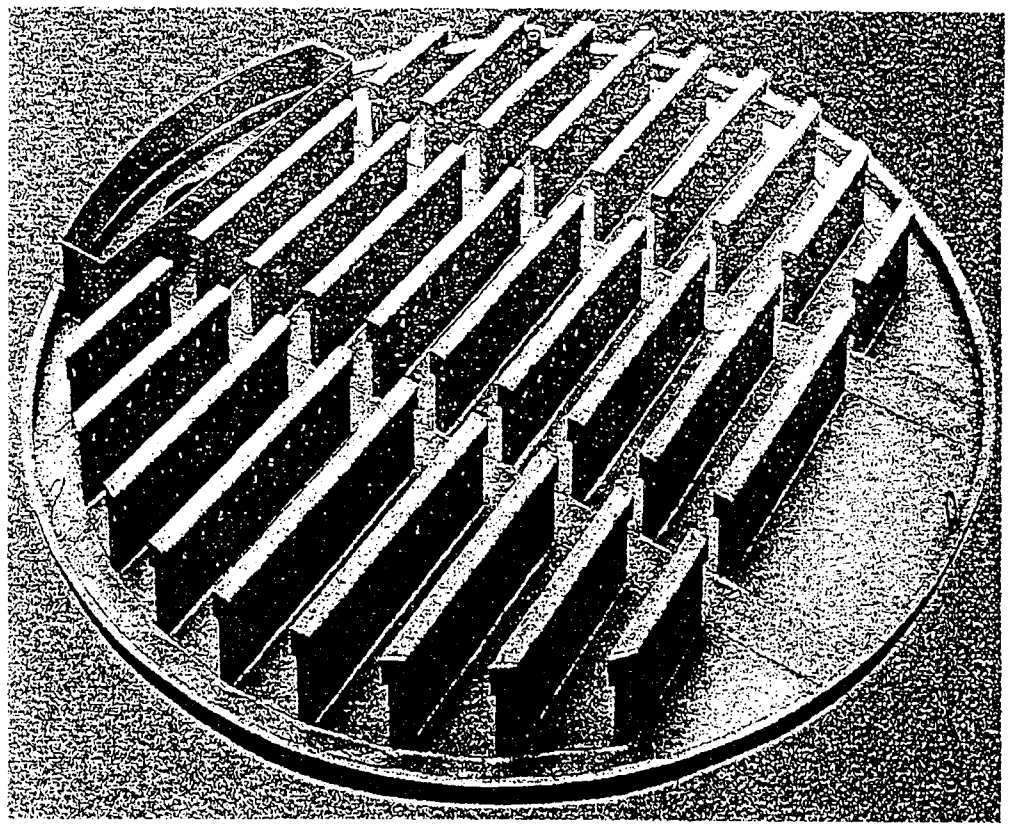
٩- عمود فصل separating column يشتمل، كأسطح داخلية فاصلة من أسفل لأعلى، على أولا صواني مزدوجة التدفق ثم صواني نقل كتلة بالتدفق التقاطعي crossflow mass transfe محكمة هيدروليكيا hydraulically مثل المذكورة في أي واحد من عناصر الحماية ١-٧.

١٠- عملية فصل حراري A thermal separating process، تنفذ في عمود فصل separating column مثل المذكور في عنصر الحماية رقم ٨ أو ٩.

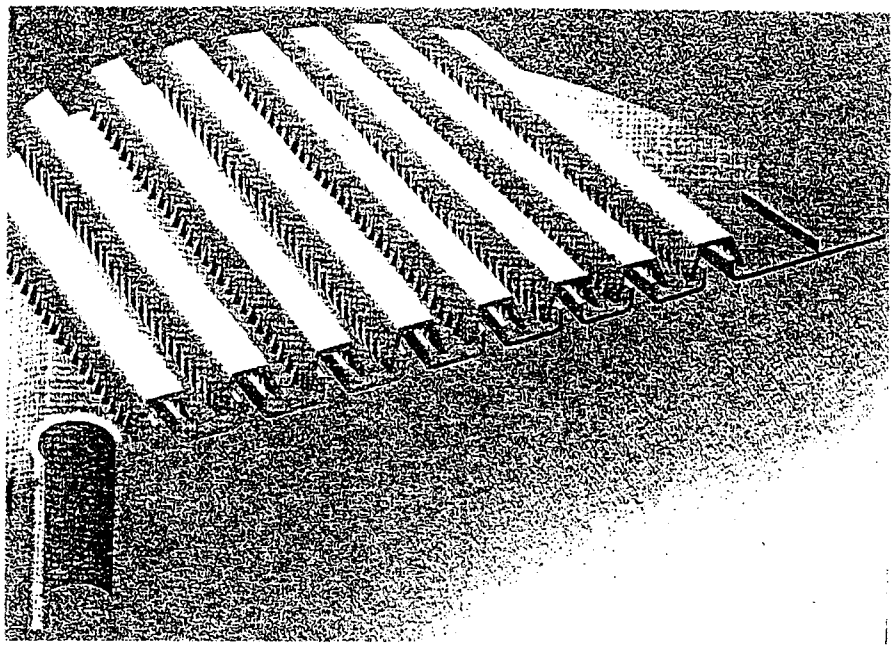
١١- عملية للتكثيف التقطيري fractionally condensing لخليط غاز gas ناتج يحتوي على حامض اكريليك acrylic acid من الأكسدة الجزئية partial oxidation لطور الغاز gas المحفز catalyzed غير المتجانس heterogeneously لمواد أولية بها ٣ ذرات كربون لحامض الاكريليك acrylic acid باستخدام الأكسجين oxygen الجزيئي في عمود فصل separating column مشتمل على صواني نقل مادة بالتدفق التقاطعي المحكمة هيدروليكيا hydraulically كأسطح داخلية للفصل، والتي تشتمل على استعمال عمود فصل separating column مثل المذكور في عنصر الحماية رقم ٨ أو ٩.



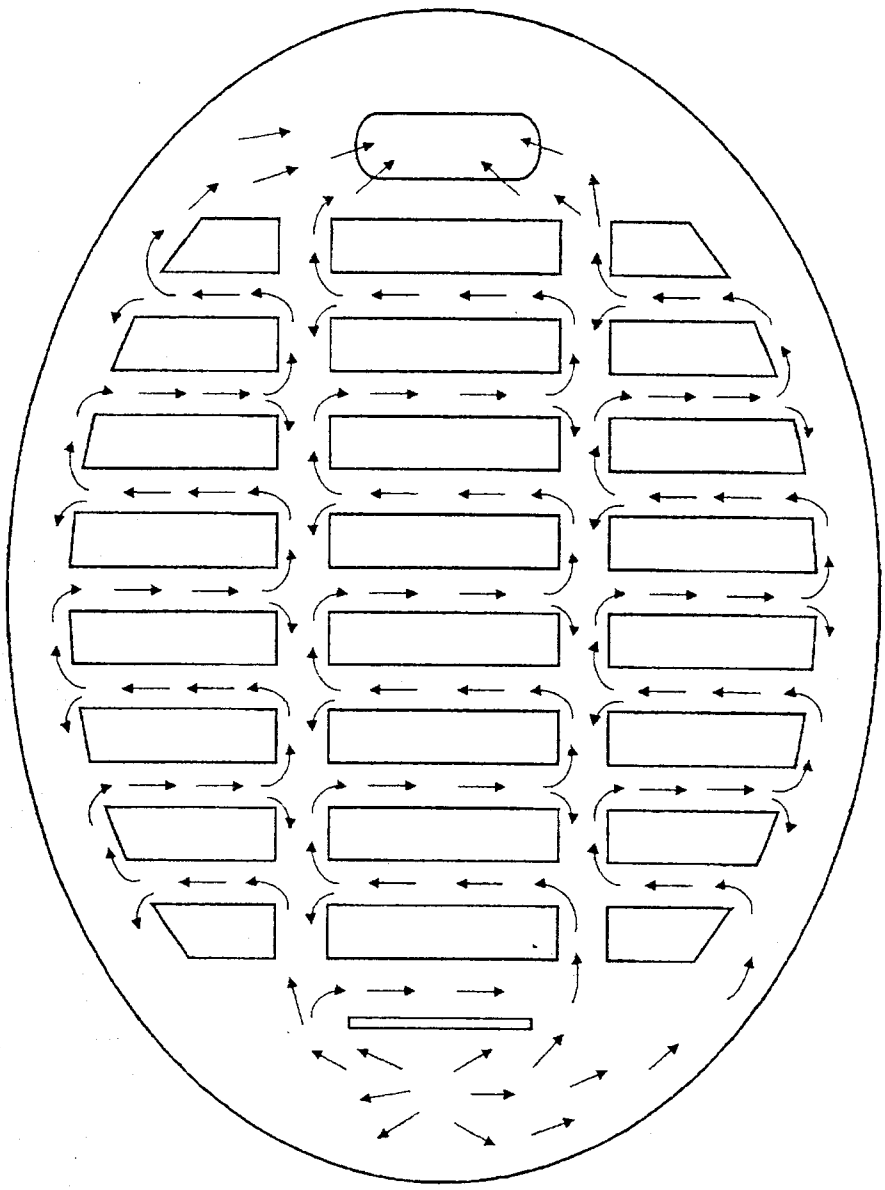
شكل ١أ



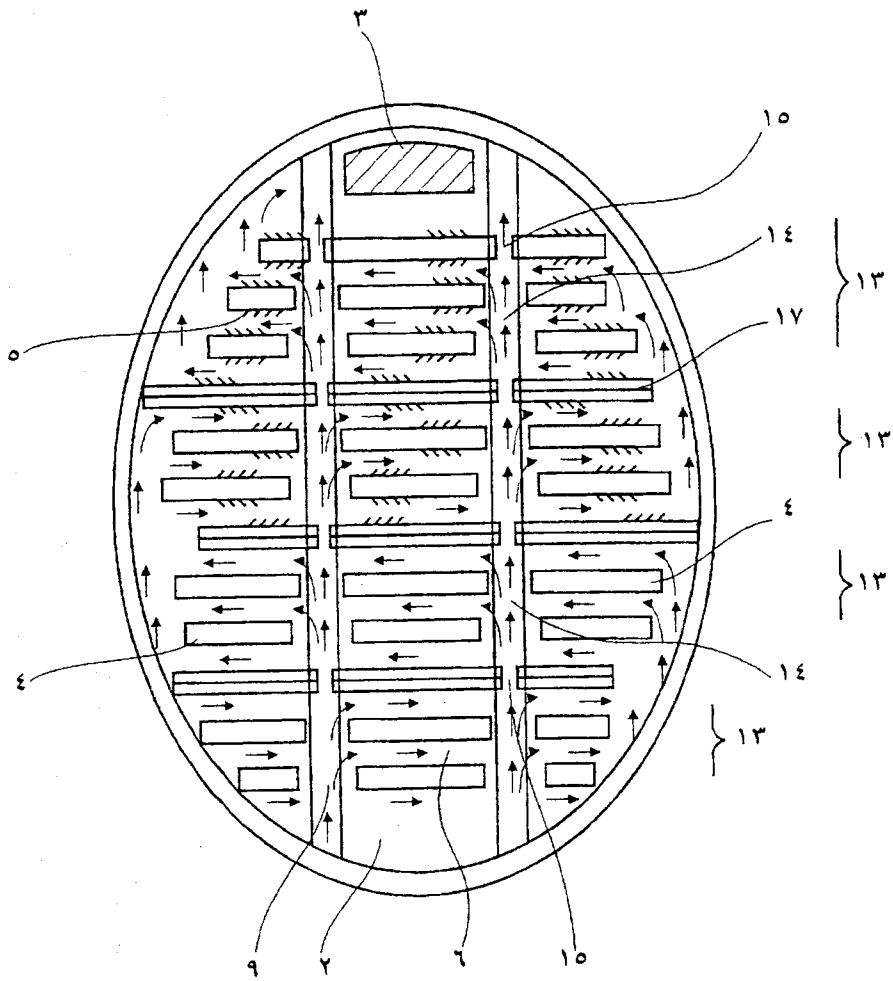
شكل ١ب



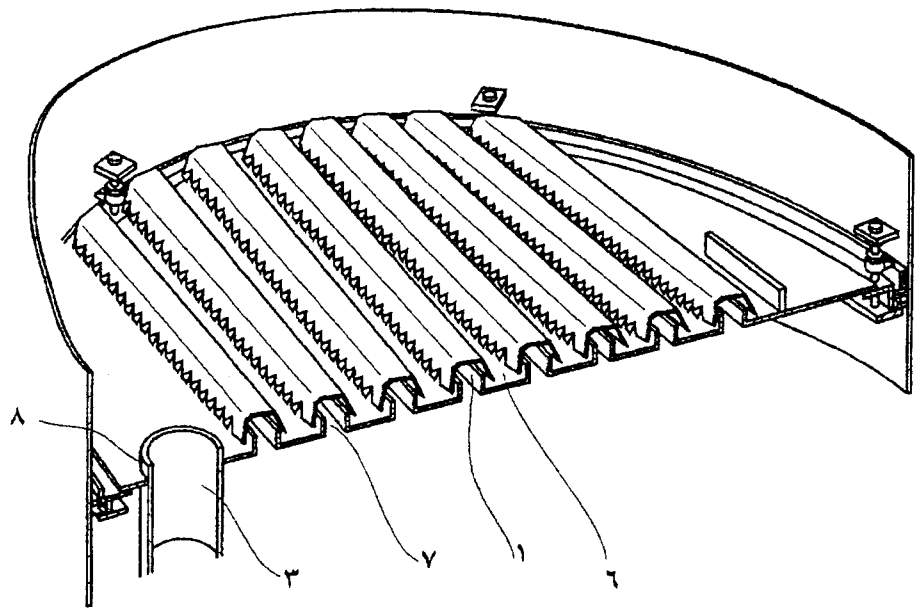
شکل ۲



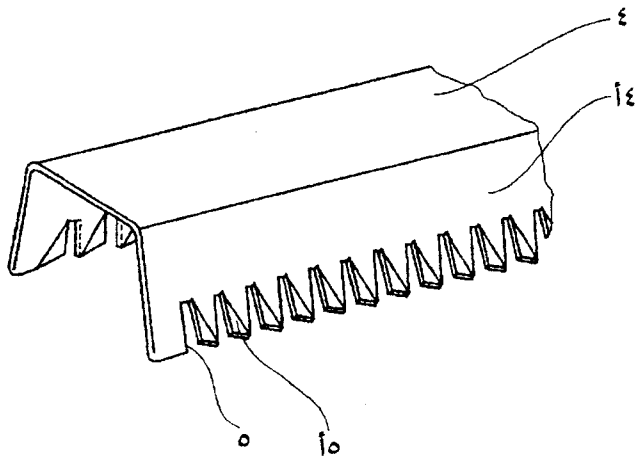
شكل ٣



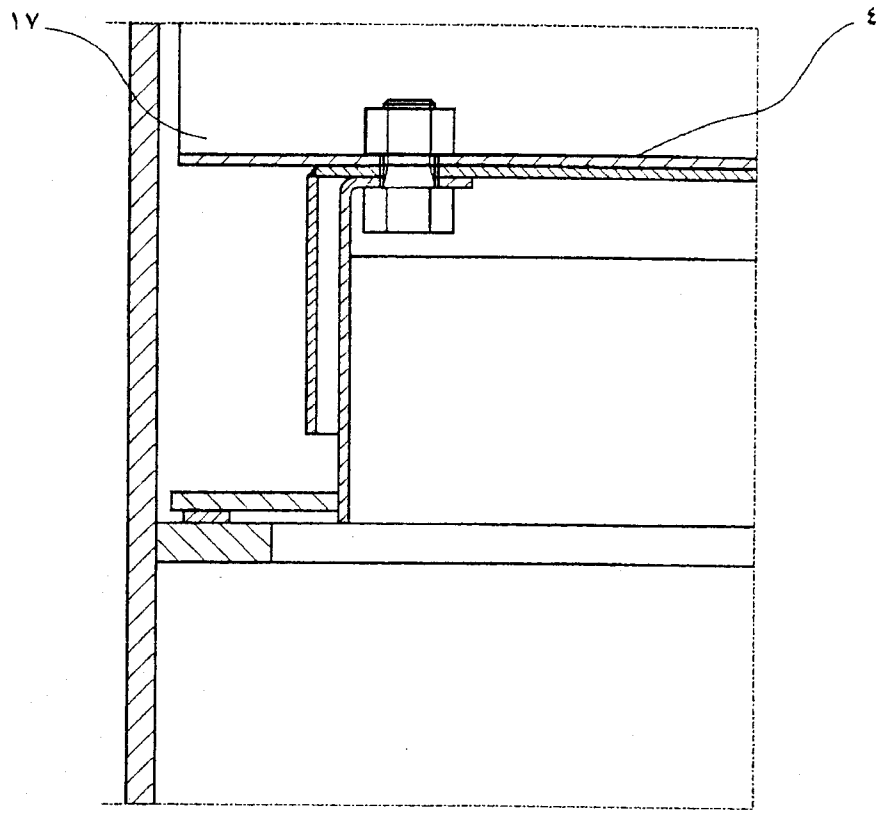
شكل ٤



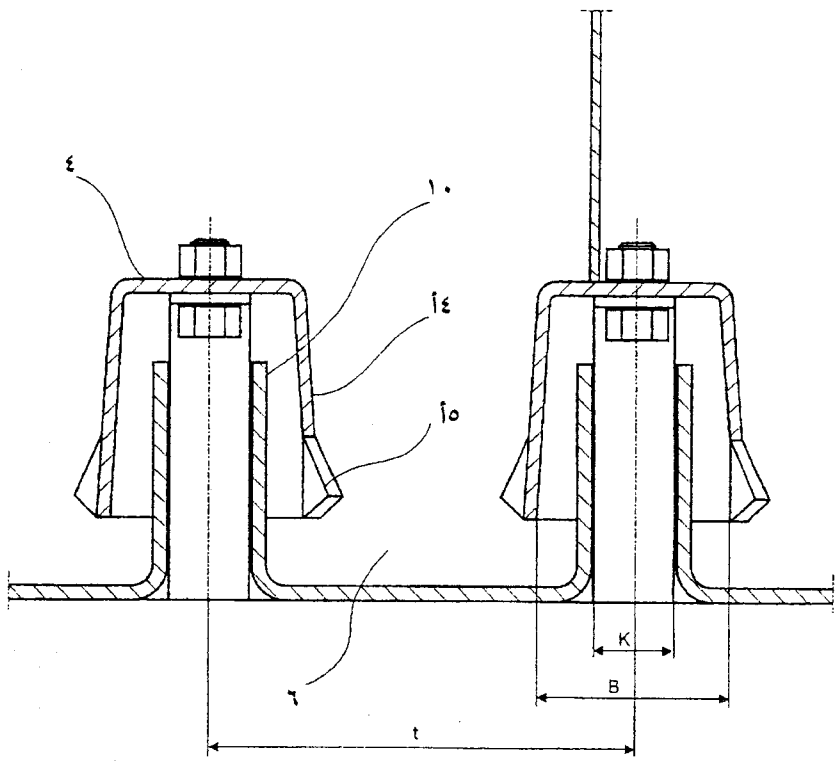
شكل ٥



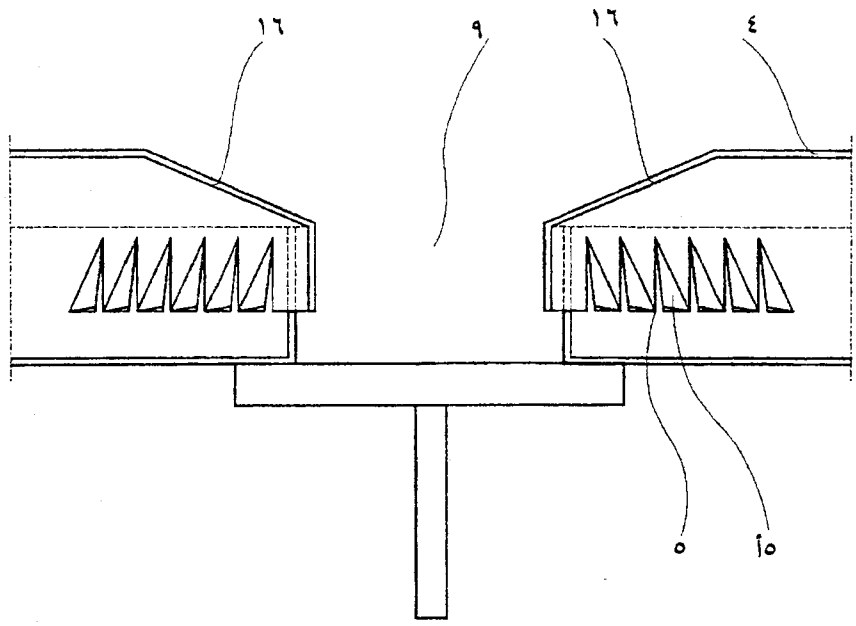
شكل ٦



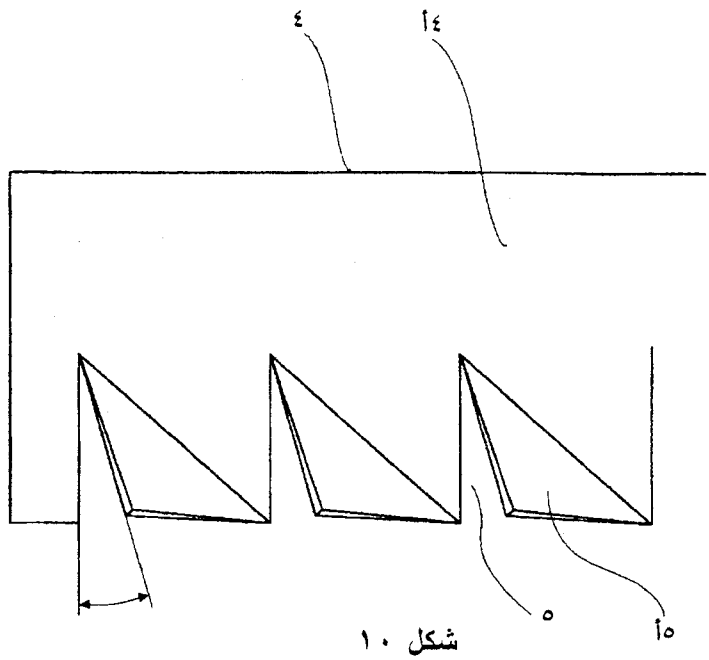
شكل ٧



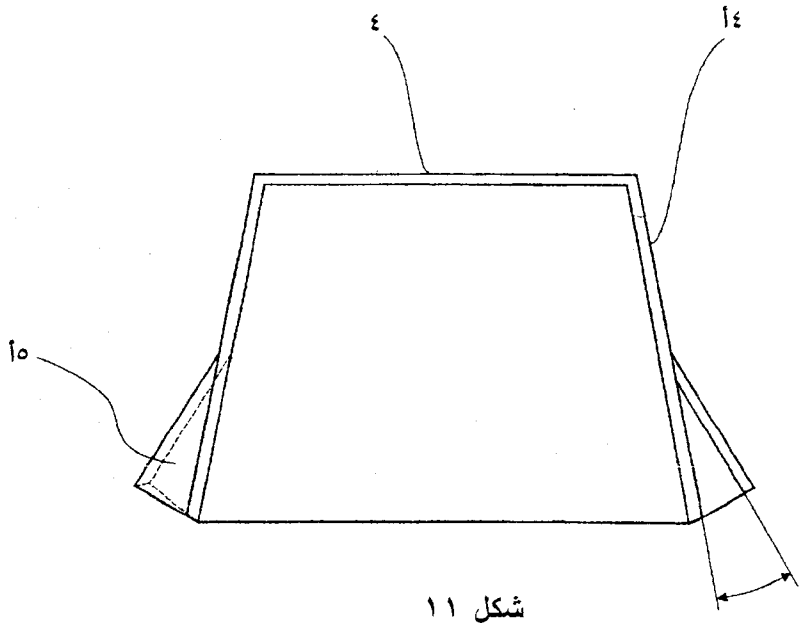
شكل ٨



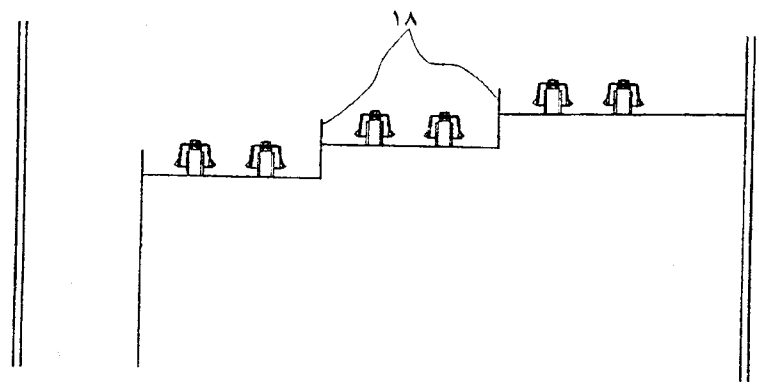
شكل ٩



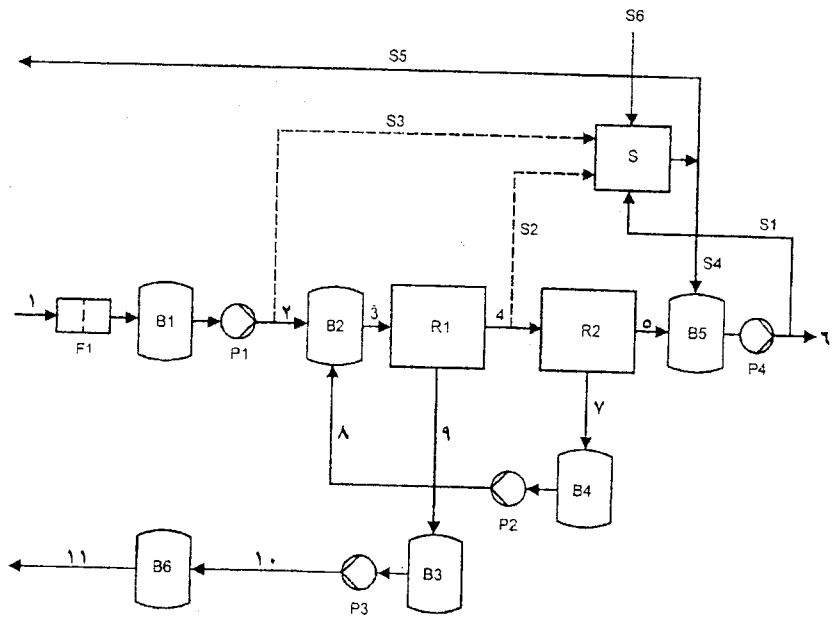
شكل ١٠



شكل ١١



شكل ١٢


S6
S5
S3
S
S2
S1
S4
۱
F1
B1
P1
۲
B2
۳
R1
4
R2
۵
B5
P4
۶
۸
۹
۷
B4
P2
۱۱
B6
۱۰
P3
B3

شکل ۱۳