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

[11] رقم البراءة:١٠٠٧
[45] تاريخ المنح :١٤٢٧/٠٧/٠٥هـ
الموافـــق: ٢٠٠٦/٠٧/٣٠م

[12]طلب براءة اختراع

[72] اسم المخترع: كلاوس كيندلر، هوبرت بوهل
[73] مقدم الطلب : بي ايه اس اف اكتنجسلشافت
عنوانه:٧٠٥٦لودويجشافين ، ألمانيا
[74] الوكيل: ناصر علي كدسة

[21] رقم الطلب: ٩٩٢٠٠٢٥٤
[22] تاريخ الإيداع : ١٤٢٠/٠٣/٠٥ هـ
الموافق : ١٩٩٩/٠٦/١٩ م

[51] التصنيف الدولي[٧] :
Int. Cl.[7]:C07C 7/00

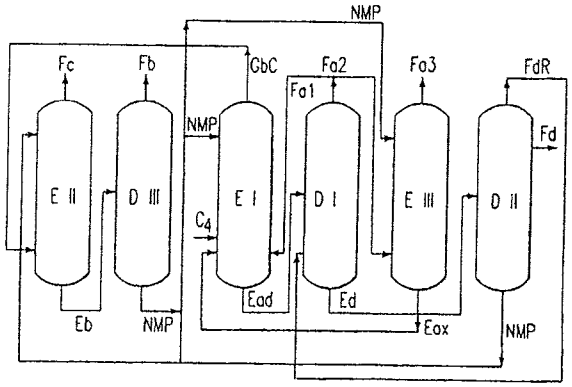
[56] المراجع:

براءة أمريكية	٤٥٥٥٣١٢	١٩٨٥/١١/٢٦م
براءة أمريكية	٥٢٤٢٥٥٠	١٩٩٣/٠٩/٠٧م

اسم الفاحص : إبراهيم منصور الفوزان

[54] اسم الاختراع: طريقة لفصل خليط C_4- هيدروكربون
C_4- Hydrocarbon

[57] الملخص: خليط من C_4-hydrocarbon يحتوي جوهريا على 1,3-butadiene، butenes، butanes وC_4-hydrocarbons أخرى ينفصل إلى أربعة أجزاء fractions على الأقل،
أ) الجزء fraction (a) يحتوي جوهريا على 1,3-butadiene،
ب) الجزء fraction (b) يحتوي جوهريا على butenes،
ج) الجزء fraction (c) يحتوي جوهريا على butanes و
د) جزء fraction واحد أو أكثر (d) يحتوي جوهريا على 1,3-butadiene وC_4-hydrocarbons أخرى، بواسطة تقطير استخلاصي extractive distillation بواسطة N-methyl-2-pyrrolidinone أو محلول مائي من N-methyl-2-pyrrolidinone (NMP).



الشكل(٢)

٩ عناصر حماية ، ٤ اشكال

طريقة لفصل خليط C_4- هيدروكربون C4 Hydrocarbon

الوصف الكامل

خلفية الاختراع

يتعلق الاختراع الحالي بعملية فصل خليط من C_4-hydrocarbon يحتوي جوهريا على 1,3-butadiene، butenes، butanes وC_4-hydrocarbons أخرى إلى أربعة أجزاء fractions على الأقل،

أ) الجزء (a) يحتوي جوهريا على 1,3-butadiene،

ب) الجزء (b) يحتوي جوهريا على butenes،

ج) الجزء (c) يحتوي جوهريا على butanes و

د) جزء واحد أو أكثر (d) يحتوي جوهريا على C_4-hydrocarbons أخرى،

بواسطة تقطير استخلاصي extractive distillation بواسطة N-methyl-2-pyrrolidinone أو محلول مائي من N-methyl-2-pyrrolidinone (NMP).

حيث:

١- خليط C_4-hydrocarbon الغازي أولا يتصل مع NMP في منطقة الاستخلاص (I) extraction zone، 1,3-butadiene وC_4-hydrocarbons أخرى يتم امتصاصهم جوهريا بالكامل بواسطة NMP لكن تبقى butenes وbutanes جوهريا في الطور الغازي gas phase؛

٢- butenes وbutanes غير الممتصين (تيار غازي bc) ومحلول الاستخلاص extraction solution المتكون في خطوة ١ (محلول الاستخلاص ad) يزالوا من منطقة الاستخلاص (I)؛

٣- ينتقل محلول الاستخلاص (ad) إلى منطقة مج desorption zone (I) عند ضغط أقل و/أو درجة حرارة أعلى من منطقة الاستخلاص (I) ويمج 1,3-butadiene من محلول الاستخلاص (ad)، يظل الجزء الرئيسي من C_4-hydrocarbons أخرى في الطور السائل liquid phase؛

٤- محلول الاستخلاص المتكون في المرحلة ٣ (محلول استخلاص d) و1,3-butadiene الممجوج (جزء a) يزالا منفصلين من منطقة المج deaorption (I) و، إذا كان مطلوبا، يعاد قسم من الجزء (a) إلى منطقة الاستخلاص I؛

٥- ينقل محلول الاستخلاص (d) إلى منطقة مج ثانية (II) عند ضغط أقل و/أو درجة حرارة أعلى من منطقة المج deaorption (I) وله ضغط و/أو منحنى حرارة، و-C_4 hydrocarbons الأخرى و1,3-butadiene التي مازالت باقية فيه تمج تقطيريا من محلول الاستخلاص (d) كجزأين على الأقل منفصلين (d)، مع محتوى من C_4-hydrocarbons الأخرى يكون أعلى ١٠مرات على الأقل في جزء واحد على الأقل من الأجزاء (الأجزاء d) عنه في محلول الاستخلاص (d)، على أساس محتوى كل C_4-hydrocarbons، ومحتوى -C_4 hydrocarbons الأخرى يكونوا بالمثل أقل في على الأقل جزء واحد من الأجزاء (الأجزاء dR) عنهم من الأجزاء (d)، على أساس محتوى كل C_4-hydrocarbons،

٦- NMP، المتكون في منطقة المج deaorption (II) والخالي جوهريا من -C_4 hydrocarbons، والجزأين (d) و(dR) يزالوا منفصلين من منطقة المج deaorption ٢، وجزء (dR) أو أكثر يعاد إلى منطقة المج deaorption (I)،

٧- أولا يتصل التيار الغازي gas stream مع NMP في الخطوة ٦ في منطقة الاستخلاص (II)، تمتص butenes جوهريا بالكامل بواسطة NMP لكن butanes تبقى جوهريا في الطور الغازي؛

٨- butanes غير الممتصة (جزء c) ومحلول الاستخلاص المتكون في الخطوة ١ (محلول استخلاص b) يزالوا من منطقة الاستخلاص (II)؛

٩- ينقل محلول الاستخلاص (b) إلى منطقة مج (III) عند ضغط أقل و/أو درجة حرارة أعلى من منطقة الاستخلاص (II) و butenes الممتصة من محلول الاستخلاص (b)؛

١٠- NMP، المتكون في الخطوة ٩ والخالي جوهريا من C_4-hydrocarbons، و butenes الممتصة (جزء b) يزالوا من منطقة الاستخلاص (III)؛

١١- NMP المتكون في الخطوة ٩ تعاد دورته إلى واحدة من مناطق الاستخلاص.

هذه العملية معروضة تخطيطيا في شكل ١.

عملية لفصل 1,3-butadiene من خليط C_4-hydrocarbon مبينة، على سبيل المثال، في براءة الاختراع الالمانيه رقم ٢٧٢٤٣٦٥ . باختصار، جزء butene /butane مخلوطين، جزء 1,3-butadiene والجزء الذي يحتوي على C_4-hydrocarbons أخرى يتم الحصول عليهم في هذه العملية من خليط C_4-hydrocarbon الذي يحتوي على butanes، butenes، 1,3-butadiene وC_4-hydrocarbons أخرى، بواسطة التقطير الاستخلاصي مع NMP كمادة ماصة فوق مراحل امتصاص ومج متنوعة. في العملية التامة، NMP المطلوب يمر خلال دورة مغلقة. NMP الذي لايحتوي على أي C_4-hydrocarbons (NMP غير مشحون unladen) أولا يكون مشحونا بخليط C_4-hydrocarbon في بداية الدورة، يمر خلال مراحل امتصاص ومج مختلفة حتى، في نهاية الدورة، يتوفر NMP غير مشحون بواسطة امتصاص C_4-hydrocarbons بالكامل. العملية مميزة بحقيقة أن المراحل المنفردة تكون بوجه خاص مقترنة بشكل مفيد بعمليات تبادل حراري heat exchange غير مباشر.

انفصال 1,3-butadiene و2-butenes إلى أجزاء منفصلة وانفصال 1,3-butadiene وacetylenes إلى أجزاء منفصلة من خلطات C_4-hydrocarbon تم وصفهم بواسطة V.A. Gorshkov وآخرين في المنشور Soviet Chemical Industry، رقم ١١، نوفمبر ١٩٧١.

طلب الاختراع الاوروبي رقم ١٤١٣٥٦ أيضا تتعلق بانفصال جزء 1,3-butadiene من خليط C_4-hydrocarbon بطرق التقطير الاستخلاصي باستخدام NMP. استخدام أعمدة columns فيها منطقة الامتصاص والمج deaorption تتكامل في عمود واحد في كل حالة يجعل هذه العملية اقتصادية بوجه خاص.

طلب الاختراع الاوروبي ٥٧٨٨ تبين عملية انفصال جزء 1,3-butadiene وجزء butyne من خليط C_4-hydrocarbon بواسطة التقطير الاستخلاصي باستخدام NMP.

طلب الاختراع الاوروبي ٩٦٣٠ تتعلق بعملية إزالة styrene و1,3-butadiene منفصلين من الخليط الذي بخلاف ذلك يحتوي على C_4-hydrocarbons، أولا يفصل styrene من الخليط بواسطة التقطير ويفصل 1,3-butadiene من الخليط الباقي بواسطة التقطير الاستخلاصي.

براءة الاختراع الأمريكية ٥٢٤٢٥٥٠ تبين انفصال خليط butene /butane بواسطة التقطير الاستخلاصي باستخدام NMP كمادة ماصة.

الوصف العام للاختراع

إن غرض الاختراع هو توفير العملية التي تسمح بانفصال خليط C_4-hydrocarbon إلى جزء butane، جزء butene، جزء 1,3-butadiene والجزء الذي يحتوي على C_4-hydrocarbons أخرى في طريقة فعالة واقتصادية بوجه خاص. إن الكميات المطلوبة بوجه خاص من الطاقة وتكاليف رأس المال يجب أن تكون منخفضة بوجه خاص في هذه العملية.

شرح مختصر للرسومات

NMP المتكون في الخطوة ١ المعادة دورته إلى واحدة من مناطق الاستخلاص معروض تخطيطيا في شكل ١. شكل مختلف موضح في شكل ٢. شكل ٣ هو رسم تخطيطي لتطبيق لشكل مختلف مفضل. مقارنة بشكل ٣، الرسم التخطيطي للعملية في المثال هو إلى حد بعيد أكثر مرونة (شكل ٤)، بالرغم أن كل المضخات حذفت من الشكل في هذه الحالة أيضا. من ناحية أخرى، كل المبادلات الحرارية مفصلة بجوانب الأعمدة لأنها مؤثرة بشكل حاسم في اقتصاديات العملية. فوق ذلك، كل فواصل الحالة موجودة في الرسم التخطيطي. نظام لتعيين الرقم أيضا واضح ومبين خلال شكل ٤، شكل ٤(أ) وشكل ٤(ب).

الوصف التفصيلي للاختراع

وجدنا أن هذا الغرض قد تحقق بواسطة العملية الموصوفة في البداية.

يمكن أن تطبق العملية على خلطات C_4-hydrocarbon التي تحتوي على 1,3-butadiene، butenes، butanes وC_4-hydrocarbons أخرى إضافة إلى كميات صغيرة جدا من شوائب C_3- وC_5-hydrocabon.

يتم الحصول على خلطات C_4-hydrocarbons هذه، على سبيل المثال، كأجزاء C_4 في إنتاج ethylene و/أو propylene بواسطة الانفصال الحراري thermal cleavage لجزء petroleum، على سبيل المثال، من غاز بترولي مسيل liquified petroleum gas (LPG)، naphtha، زيت غاز أو مثيلاتهم كأجزاء hydrocarbon. علاوة على ذلك، أجزاء C_4 هذه موجودة في إزالة هدرجة تحفيزية catalytic dehydrogenation من n-butane و/أو n-butene. تحتوي أجزاء C_4 [sic]، كقاعدة ما على butanes، n-butene، isobutene، 1,2-butadiene، vinylacetylenes و ethylacetylene و1,2-butadiene [sic] وقد تحتوي كميات صغيرة من C_5-hydrocarbons، يكون محتوى 1,3-butadiene عموما من ١٠ إلى ٨٠، يفضل من ٢٠ إلى ٧٠، بوجه خاص من ٣٠ إلى ٦٠ بالمائة من الوزن بينما محتوى vinylacetylenes، ethylacetylene

و1,2-butadiene (المشار إليهم أدناه مثل hydrocarbons أخرى) معا في أجزاء C_4 لايتجاوز عموما ٥٪ من الوزن.

العملية الجديدة يمكن أن تستخدم بصورة مفيدة بوجه خاص لتلك الخلطات C_4-hydrocarbon التي تحتوي على:

- من ١٠ إلى ٨٠٪ من الوزن 1,3-butadiene؛
- من ١٠ إلى ٦٠٪ من الوزن butenes؛
- من ٥ إلى ٤٠٪ من الوزن butanes؛
- من ٠,١ إلى ٥٪ من الوزن C4-hydrocarbons أخرى و
- من صفر إلى ٥٪ على الأكثر من الوزن C_3- وC_5-hydrocarbons.

يستخدم n-methyl-2-pyrrolidinone أو محلوله المائي كمذيب solvent انتقائي (N-methyl-2-pyrroledinone ومحلوله المائي مختصر إلى "NMP" رغبة في الاختصار هنا فيما بعد) هو عموما منتج صناعي عادي الذي قد يحتوي حتى ١٥٪ من الوزن ماء.

يفضل أن تكون مناطق الاستخلاص في شكل أعمدة يمرر خلالها تيارات غازية باتجاه معاكس إلى NMP.

فى خطوة ١، لفصل خليط C_4-hydrocarbon أولا يغذى في شكل غازي مع NMP في منطقة الاستخلاص (I) ويتصلان مع بعضهما البعض هناك، 1,3-butadiene وC_4-hydrocarbons الأخرى يمتصوا جوهريا بالكامل بواسطة NMP لكن تبقى butenes وbutanes جوهريا في الطور الغازي. في NMP وخليط C_4-hydrocarbon المغذى فيه، تكون نسبة NMP إلى خليط C_4-hydrocarbon من ١:٥ إلى ١:٢٠ في منطقة الاستخلاص (I).

طرق الاستخلاص المعروفة عموما مناسبة لخطوة الاستخلاص هذه.

من منطقة الاستخلاص (I)، عموما تيار الغاز الذي يحتوي بوجه خاص على butanes وbutenes غير ممتصة و، C_3- وC_5-hydrocarbons إن وجدت كشوائب في خليط C_4 أيضا propane، propene وpropadiene إضافة إلى كميات ضئيلة من C_5-hydrocarbons (تيار غازي bc) يزال عند قمة العمود ويزال محلول استخلاص (محلول استخلاص ad) من قاع العمود.

يحتوي محلول الاستخلاص (ad) عموما فقط من صفر إلى ٢٪ من الوزن butenes وbutanes، إن وجدت، propyne و/أو تقريبا الكمية الكلية من C_5-hydrocarbons.

يحتوي تيار الغاز (bc)، بالإضافة إلى butenes وbutanes، عموما فقط من صفر إلى ١٪ من الوزن من 1,3-butadiene موجود أصلا في خليط C_4-hydrocarbon ومن C_4-hydrocarbons أخرى.

تكون منطقة الاستخلاص (I) عموما في شكل عمود فرك scrubbing column مع ألواح plates، حشوات متراكمة dumped packings أو حشوات مركبة structured packings كدواخل. يفضل أن يكون لهذه من حوالي ٤٠ إلى ٨٠ لوح نظري. يعتمد ضغط العمود على درجة حرارة من وسط تبريد (ماء بئر، ماء نهر، ماء بحر، مواد مستعملة في التبريد مثل propylene سائل، ammonia سائلة أو محلول ملحي) يكون بين ٢ إلى ٦ بار، يفضل ٤,٥ بار. يتحدد مستوى درجة الحرارة في منطقة الاستخلاص بواسطة درجة حرارة NMP. فمن المفيد لتخفيض مستوى درجة الحرارة بواسطة تكثيف جزئي للجزء (bc) لأن فعالية الانفصال تتحسن عند درجة حرارة أقل. القيمة النموذجية للتكثيف هي ٢٠٪. هذا يؤدي إلى درجة حرارة من ٤٠ إلى ٦٠°مئوية عند قمة العمود.

من أجل مج 1,3-butadiene من محلول الاستخلاص (ad)، ينقل الثاني إلى منطقة المج deaorption (I) عند ضغط أقل و/أو درجة حرارة أعلى من منطقة الاستخلاص (I) ويمج 1,3-butadiene (a جزء 1,3-butadiene) من محلول الاستخلاص (ad)، الجزء الرئيسي من C_4-hydrocarbons الأخرى، propyne وC_5-hydrocarbons يبقى في الطور السائل.

يفضل، أن يكون الضغط في منطقة المج deaorption (I) مماثل لمنطقة الاستخلاص (I) وتكون درجة الحرارة من ٢٠ إلى ٢٥°مئوية أعلى منها في منطقة الاستخلاص (I).

الجزء (a) 1,3-butadiene المزال من منطقة المج deaorption (I) عادة له نقاء من ٩٥ إلى ٩٩٪ من الوزن.

محلول الاستخلاص (d) المتكون بواسطة مج 1,3-butadiene في منطقة المج deaorption (I) يزال بعد ذلك من منطقة المج deaorption (I) وينقل إلى منطقة المج deaorption الثانية (II) عند ضغط أقل و/أو درجة حرارة أعلى من منطقة المج deaorption (I). أثناء نقل محلول الاستخلاص (d) من منطقة المج deaorption (I) إلى (II) فمن المفيد أن يمر خلال منطقة المبادل الحراري يتبخر فيها جزء من hydrocarbons في محلول الاستخلاص (d)، وتيار الغاز هذا يعاد تغذيته مباشرة في قاع منطقة المج deaorption (I). يختار الضغط ودرجة الحرارة

بحيث تمج فعليا كل C_4-hydrocarbons التي مازالت باقية في NMP ؛ عموما يكونوا ١,٥ بار و١٥٠°مئوية.

فى منطقة المج deaorption (II) يوجد مج جزئي من محلول الاستخلاص (d) من 1,3-butadiene الذي مازال موجودا فيه ومن C_4-hydrocarbons أخرى زائدة، حيث يناسب، C_5-hydrocarbons و-C_3 كجزأين منفصلين (d) على الأقل، مع محتوى من C_4-hydrocarbons أخرى يكون على الأقل ١٠ مرات، عموما من ١٠ إلى ١٠٠ مرة، يفضل من ٢٠ إلى ٨٠ مرة، أعلى في جزء واحد على الأقل من الأجزاء (جزء d) عنهم في محلول الاستخلاص (d)، مؤسسا على المحتوى من كل C_4-hydrocarbons، والمحتوى من C_4-hydrocarbons أخرى يكون أقل في جزء واحد على الأقل من الأجزاء (أجزاء dR) عنه في الأجزء (d)، على أساس محتوى كل C_4-hydrocarbons. يفضل أن تتجزأ hydrocarbons في محلول الاستخلاص (d) في منطقة المج deaorption (II) إلى جزء (d) وجزء (dR)، حيث يفضل أن يشمل الجزء (d) جوهريا على الأقل على ٢٠٪ من الوزن، يفضل بوجه خاص من ٢٠ إلى ٤٠٪ من الوزن، من C_4-hydrocarbons أخرى بخلاف butadiene، ويشمل الجزء (dR) جوهريا أكثر من ٨٠٪ من الوزن، يفضل بوجه خاص من ٨٥ إلى ٩٥٪ من الوزن، من butadiene وبخلاف C_4-hydrocarbons الأخرى.

NMP المتكون في منطقة المج deaorption (II) والخالي جوهريا من C_4-hydrocarbons، والأجزاء (d) و(dR) يزالوا منفصلين من منطقة المج deaorption II وجزء (dR) أو أكثر يعاد إلى منطقة المج deaorption (I)، مثلا إلى قاع عمود الفرك.

يفضل أن يتغلب على منحنى الضغط في هذه الحالة بواسطة كباس compressor. الجزء (d) هو عادة تيار مضاد معالج بالماء (يتكثف) من أجل امتصاص معظم NMP الموجود فيه.

عموما، نسبة الوزن من الأجزاء المعادة إلى منطقة المج deaorption (I) إلى تلك المزالة من النظام هي من ١:٢٠ إلى ١:٨٠.

تتكون منطقة المج deaorption (II) عموما من عمود رئيسي مع عمود جانبي. كلاهما مصممان كأعمدة فرك. عموما يحتوي العمود الرئيسي على حشوات لأن هبوط الضغط المنخفض بذلك له بوجه خاص أثار نافعة هنا. يجب أن يكون للعمود الرئيسي من ١٠ إلى ١٥ لوح نظري theoretical plates. عموما للعمود الجانبي ١٠ ألواح عملية. يكون الضغط عموما من ١,٥ إلى ١,٦ بار، تكون درجة الحرارة عند قاع العمود الرئيسي من ١٤٠ إلى ١٥٠°مئوية وعند قمته

تكون من ٨٠ إلى ١٠٠°مئوية. بينما تزال الأجزاء (d) كتيار جانبي يفضل من ١٣٠ إلى ١٤٠°مئوية، تنزع الأجزاء (dR) عادة إلى أعلى.

إذا رغبنا في الحصول على جزء 1,3-butadiene ذي النقاء العالي، يفضل اتباع الإجراء التالي:

جزء 1,3-butadiene (a) المزال من منطقة المج deaorption (I) منقسم إلى تيارين قسميين من جزء (a1) و(a2)، ويعاد جزء (a1) إلى منطقة الاستخلاص I (يفضل أن يمرر على قاع عمود الاستخلاص (I)) ويتصل جزء (a2) مرة أخرى، في منطقة الاستخلاص (III)، مع NMP المستعاد من منطقة المج deaorption (II) أو (III)، قسم من الجزء (a2) والقسم السائد من C_4-hydrocarbons الأخرى التي مازالت موجودة كشوائب في الجزء (a2) يمتصوا بواسطة NMP (محلول استخلاص ax).

القسم غير الممتص من الجزء (a2) (جزء a3) يزال انفصاليا من منطقة الاستخلاص، ويعاد محلول الاستخلاص (ax) إلى منطقة الاستخلاص (I).

يتضح هذا الشكل المختلف في شكل ٢.

نسبة الوزن من NMP إلى جزء 1,3-butadiene (a) تطابق عموما من ٣:١ إلى ٧:١ اعتمادا على تركيبة الخليط C_4 الإبتدائي والمواصفات للجزء (a3).

نسبة تدفقات المادة من الأجزاء (a1) و(a2) تكون عادة من ١:١ إلى ١:٤.

مازال الجزء (a3) 1,3-butadiene يحتوي على شوائب بوجه خاص في شكل C_3-hydrocarbons وC_5-hydrocarbons و1,2-butadiene. عموما تزال هذه الشوائب لاحقا في عمودين تقطير تقليديين.

اهتماما بتصميم عمود الاستخلاص وحدود الضغط ودرجة الحرارة، تنطبق نفس الشروط عموما على منطقة الاستخلاص (III) كما على منطقة الاستخلاص (I). نسبة NMP المغذى إلى جزء butadiene الخام (a2) تتطابق مع من ٣:١ إلى ٧:١.

1,3-butadiene غير الممتص و1,3-butadiene المنزوع من منطقة الاستخلاص (III) عادة له نقاء أكثر من ٩٨٪ من الوزن.

التيار الغازي (bc)، اختياريا بإضافة التيار المضاف الخارجي (تيار غازي Zbc) يتصل أولا في منطقة الاستخلاص (II)، مع NMP المستعاد في منطقة المج deaorption (II)، تمتص butenes جوهريا بالكامل بواسطة NMP لكن تبقى butanes جوهريا في الطور الغازي.

عموما تكون منطقة الاستخلاص (II) في شكل عمود فرك مع ألواح، حشوات متراكمة أو حشوات مركبة كدواخل. يجب أن يكون لها من ٣٠ إلى ٧٠ لوح نظري من أجل تحقيق تأثير انفصال جيد كفاية. يختار الضغط في منطقة الاستخلاص (II) بحيث أن تيار الغاز (bc) يكون قادرا على المرور من منطقة الاستخلاص (I) بدون مساعدة تقنية إضافية إلى منطقة الاستخلاص (II). أيضا هذا يعتمد على وسط التبريد المتاح لتكثيف الجزء (c). القيمة النموذجية للضغط هي ٤ بار، بشرط استخدام الماء للتبريد.

من المفيد أن يزود عمود الفرك عند قمته بمنطقة إعادة غسيل تشمل، على سبيل المثال، ٤ ألواح نظرية. تعمل منطقة إعادة الغسيل لاستعادة NMP الموجود في الطور الغازي بواسطة تدفق ارتدادي من hydrocarbon السائل، من أجل ذلك يتكثف الجزء (c) مسبقا. من الممكن في نفس الوقت أن تؤثر بذلك في مستوى درجة الحرارة في منطقة الاستخلاص (III). فهي تستخدم أيضا في هذه الحالة، كما ذكر سابقا في منطقة الاستخلاص (I)، تعزز درجة الحرارة الأقل فعالية الانفصال. درجات الحرارة النموذجية عند قمة العمود تكون بين ٣٥ و ٤٥°مئوية.

نسبة الوزن NMP إلى التيار الغازي (bc)، شاملة التيار الغازي Zbc حيث يناسب تغذية منطقة الاستخلاص (II) هي من ١:١٠ إلى ١:٢٠، اعتمادا على مواصفات الأجزاء (b) و(c) وتركيبة خليط C_4 الإبتدائي ومواصفات التيار المضاف Zbc.

فى منطقة الاستخلاص (II)، يتكون جزء butane الغازي (جزء c) ومحلول الاستخلاص (b) المحتوي على جزء butene (جزء b). إذا تم التقطير الاستخلاصي كما وصف أعلاه، سوف يوجد جزء (b) المشوب بأعلى من ٥٪ من الوزن butanes وجزء (c) المشوب بأعلى من ١٥٪ من الوزن butenes.

ينتقل محلول الاستخلاص (b) إلى منطقة المج deaorption (III) عند ضغط أقل و/أو درجة حرارة أعلى من منطقة الاستخلاص (II)، تمج butenes من محلول الاستخلاص (b). مج butenes وأي من C_4-hydrocarbons أخرى محتواه فيها كشوائب ملوثة يمكن من حيث المبدأ أن ينفذ بطريقة مشابهة لمج C_4-hydrocarbons الأخرى في منطقة المج deaorption (II).

قد تكون منطقة المج deaorption (III)، على سبيل المثال، في شكل عمود فرك له من ٥ إلى ١٥، يفضل من ٨ إلى ١٠ ألواح نظرية ومنطقة إعادة الغسيل مع، على سبيل المثال، ٤ ألواح نظرية. تعمل منطقة إعادة الغسيل على استرداد NMP الموجود في الطور الغازي بواسطة تدفق

ارتدادي من hydrocarbon سائل، الذي من أجله يتكثف الجزء (b) مسبقا. من المفيد توفير قواعد حشوة كدواخل. يكون الضغط عند قمة العمود عموما من ١,٥ إلى ١,٦ بار [sic]. تكون درجة الحرارة في قاع العمود عموما من ١٣٠ إلى ١٥٠°مئوية.

NMP المستعاد في منطقة المج deaorption (III) يعاد إلى مناطق الاستخلاص (I)، (II) و/أو (III).

تنشأ ميزة إضافية عندما تعاد تغذية NMP المستعاد في منطقة المج deaorption (III) فقط إلى مناطق الاستخلاص (I)، (II)، وNMP المستعاد في منطقة المج deaorption (II) تعاد تغذيته جوهريا في منطقة الاستخلاص (III).

تنشأ الميزة من حقيقة أن إزالة butanes /butenes من خليط C_4-hydrocarbon باستخدام NMP تحدث بسهولة أكثر من انفصال خليط من butenes وbutanes إلى جزأين butane وbutene لهما نقاء عالي. علاوة على ذلك يحتفظ بدورة مذيب وحيدة.

على العكس من منطقة الاستخلاص (III)، التي تتطلب NMP خاليا من الغاز ذو نقاء عالي، فإن جودة NMP لمناطق الاستخلاص (I) و(II) لاتحتاج أن تكون عالية. يدل هذا على مكسب اقتصادي فيه درجة تحرر من الغاز في NMP، وهكذا استهلاك التيار الخارجي لمج hydrocarbons في منطقة المج deaorption (III)، لايحتاج أن يكون عاليا. على عكس NMP من منطقة المج deaorption (II)، حيث من صفر إلى ١٠ أجزاء من المليون من الوزن C_4-hydrocarbons مرغوبة، من الممكن تماما أن NMP من منطقة المج deaorption (III) يكون له ١٠٠٠ أو أكثر جزء من المليون من الوزن. هذا لايفسد نقاء أجزاء المنتج (b) و(c). من ناحية أخرى، مع ذلك، فإن محتوى hydrocarbons يخفض درجة غليان المذيب. عندما يستخدم تسخين محتوى NMP من منطقة المج deaorption (III)، مع ذلك، لأسباب اقتصادية، فليس من الممكن استمرار تخفيض درجة الغليان بواسطة زيادة المحتوى المتبقي من hydrocarbons بشكل غير محدد. إن درجات الحرارة للقاع من ١٣٠ إلى ١٥٠°مئوية المشار إليها مسبقا تنتج لهذه الأسباب. عند درجة حرارة القاع ١٣٨°مئوية، يكون المحتوى المتبقي الناتج من hydrocarbons هو حوالي ٨٠٠ جزء من المليون من الوزن.

يمكن أن تنفذ العملية الجديدة بوجه خاص اقتصاديا إذا كان تسخين NMP الموجود بواسطة الغليان حتى محاليل الاستخلاص (b) و(d) المغذى لمنطقة المج deaorption (I)، (II) و/أو (III) بواسطة تبادل حراري غير مباشر في منطقة تبادل تسخين، ويتأثر المج deaorption في

مناطق المج deaorption هذه بواسطة زيادة درجة الحرارة في منطقة المج deaorption (I) بالنسبة إلى تلك في منطقة الاستخلاص (I)، وزيادة درجة الحرارة في منطقة المج deaorption (II) بالنسبة إلى تلك في منطقة المج deaorption (I) وزيادة درجة الحرارة في منطقة المج deaorption (III) بالنسبة لتلك في منطقة الاستخلاص (II).

فصل الجزء (a) (butadiene) من خليط C_4-hydrocarbon يفضل أن ينفذ كما هو موصوف في براءة الاختراع الالمانيه رقم ٢٧٢٤٣٦٥. يفضل أن ينفذ هذا الجزء من العملية بوجه خاص كما وصف في شكل ٣.

طبقا لعملية ذات شكل مختلف، يتم الإجراء التالي:

ينفذ التقطير الاستخلاصي في أكثر من عمود، عموما في العمودين اللذين لهما معا أكثر من ١٠٠ طبق عملي practical trays. عند استخدام العمودين، إن مرحلة الامتصاص الواقعة فوق النقطة التي عندها يغذى خليط C_4-hydrocarbon إلى منطقة التقطير الاستخلاصي بشكل مفيد تستقر في العمود الأول وتقع مرحلة التركيز تحت نقطة تغذية خليط hydrocarbon التي من المفيد أن تقع في العمود الثاني، بمعنى أن نقطة تغذية خليط hydrocarbon تكون عند قمة العمود الثاني أو يفضل عند قاع العمود الأول. يفضل أن لاتقع مرحلة الانضغاط بين مرحلة الامتصاص ومرحلة التركيز، كبديل لظروف الضغط المحفوظة داخل منطقة التقطير الاستخلاصي تكون تلك المستقرة أوتوماتيكيا في منطقة التقطير الاستخلاصي في غياب مراحل الانضغاط و/أو تخفيض الضغط في منطقة التقطير الاستخلاصي، حيث أن الضغط عند قاع منطقة التقطير الاستخلاصي يطابق على الأقل الضغط عند قمة منطقة التقطير الاستخلاصي، في خط مع فقد الضغط المعتاد. كقاعدة، اختلاف الضغط بين قمة وقاع منطقة التقطير الاستخلاصي يكون من ٠,١ إلى ٣، يفضل من ٠,٢ إلى ٢ بار.

على نحو عام، ضغوط من ١ إلى ٩، يفضل من ٢ إلى ٨، بوجه خاص من ٣ إلى ٧ بار يستخدموا في منطقة التقطير الاستخلاصي. الضغوط في الثلث الأدنى من منطقة التقطير الاستخلاصي، أي في المنطقة التي تستغل بواسطة الأطباق الأدنى من منطقة التقطير الاستخلاصي، التي تماثل حوالي ثلث العدد الإجمالي لأطباق منطقة التقطير الاستخلاصي هم كقاعدة من ١,٥ إلى ٩، يفضل من ٢,٥ إلى ٨، بوجه خاص من ٣,٥ إلى ٧ بار.

المادة المستخلصة المنزوعة من مناطق التقطير الاستخلاصي توصل أولا إلى ضغط أعلى من الضغط في منطقة التقطير الاستخلاصي.

يمكن أن يحدث هذا، على سبيل المثال، بواسطة ضخ سائل liquid pump. على نحو عام، تحدث هذه الزيادة في الضغط جوهريا بتساوي درجة الحرارة، بمعنى أن تغيرات درجة الحرارة فقط التي تحدث، على سبيل المثال ارتفاع درجة الحرارة حتى ١°مئوية، هي تلك التي تحدث بسبب الإجراء المؤدي إلى زيادة الضغط، على سبيل المثال عملية الضخ. على نحو عام، توصل المادة المستخلصة إلى ضغوط من ١ إلى ٢٠، يفضل من ٢ إلى ١٨، بوجه خاص من ٣ إلى ١٥ بار فوق الضغط في منطقة التقطير الاستخلاصي، بوجه خاص فوق الضغط في الثلث الأدنى من منطقة التقطير الاستخلاصي.

المادة المستخلصة تحت ضغط متزايد بعد ذلك تسخن في منطقة تبادل حراري بواسطة تبادل حراري غير مباشر مع مذيب انتقائي موجود كمنتج قاع من منطقة استعادة مذيب. تتكرر دورة المذيب الانتقائي إلى منطقة التقطير الاستخلاصي بعد التبادل الحراري. كنتيجة للتبادل الحراري مع المذيب الانتقائي، تتزايد عموما درجة حرارة المادة المستخلصة من حوالي ٥ إلى ٨٠°مئوية، يفضل من ١٠ إلى ٧٠°مئوية، بوجه خاص من ١٥ إلى ٦٠°مئوية.

بعد ذلك تترك المادة المستخلصة المسخنة لتنخفض بواسطة تبخر وميضي flash evaporation إلى ضغط على الأقل يماثل الضغط في منطقة التقطير الاستخلاصي، يفضل على الأقل إلى الضغط في الثلث الأدنى من منطقة التقطير الاستخلاصي، ويكون أعلى من الضغط في منطقة استعادة المذيب في مجرى التيار. من الخطر لخفض الضغط إعادة الجزء المتبخر من المادة المستخلصة، حيث يتكون الجزء في شكل التبخر الوميضي، إلى منطقة التقطير الاستخلاصي بدون مرحلة الانضغاط. وفقا لذلك، كقاعدة ينخفض الضغط في التبخر الوميضي إلى ضغوط من ٠,٠٥ إلى ٢، يفضل من ٠,١ إلى ١ بار فوق الضغط عند نقطة تغذية جزء البخار من المادة المستخلصة إلى منطقة التقطير الاستخلاصي. ينفذ التبخر الوميضي، على سبيل المثال، في جهاز يشمل صمام تخفيض ضغط على مبخر ثابت الحرارة adiabatic evaporator. إذا كان مطلوبا يتوفر وعاء فصل طور في اتجاه التيار لفصل أفضل للطور البخاري والطور السائل المتشكلين في التبخر الوميضي.

يمكن استخدام في مرحلة واحدة اتحاد من منطقة تبادل حراري من أجل تبادل حراري بين المادة المستخلصة من منطقة التقطير الاستخلاصي والمذيب الانتقائي المعاد دورته من منطقة استرداد المذيب مع مجرى تيار بخار وميضي. مع ذلك، من الممكن أيضا استخدام أكثر من واحد من هذا الاتحاد، على سبيل المثال من ٢ إلى ٤، يفضل ٢ أو ٣، من المفيد أن تتصل هذه

الاتحادات في تسلسل. باستخدام أكثر من مرحلة واحدة من تبادل حراري/ بخار وميضي وإعادة دورة قسم التيارات الموجود هكذا إلى نقط تغذية مختلفة من منطقة التقطير الاستخلاصي، فعالية الانفصال المطلوبة من التقطير الاستخلاصي وأبعاد عمود التقطير الاستخلاصي يمكن أن تخفض. من الممكن أيضا توصيل إضافيا منطقة التبادل الحراري بين منطقة التبخر الوميضي الأخيرة ومنطقة استعادة المذيب.

إن جزء البخار من المادة المستخلصة الذي يتكون في منطقة أو مناطق التبخر الوميضي ويشمل عموما من ٢٠ إلى ٨٠، يفضل من ٤٠ إلى ٧٠ من الوزن hydrocarbons من المادة المستخلصة تعاد إلى منطقة التقطير الاستخلاصي. على نحو عام، يمرر طور البخار المعاد إلى الثلث الأدنى من منطقة التقطير الاستخلاصي، يفضل عند قاع منطقة التقطير الاستخلاصي، على سبيل المثال عند النقطة التي تستقر تقريبا عند قمة طبق العمود الأدنى. في تبخر وميضي تدريجي، إن أجزاء البخار الموجودة في المراحل المنفردة يمكن أن تعاد، منفصلة أو بعد اتحادها، إلى منطقة التقطير الاستخلاصي.

الطور السائل من المادة المستخلصة من منطقة التقطير الاستخلاصي، الذي يظل بعد تبخر وميضي، يغذى إلى منطقة استعادة مذيب التي تشغل عند ضغط أقل من الضغط في منطقة التبخر الوميضي. يترك طور المادة المستخلصة السائلة الباقية لينخفض إلى الضغط الأقل في منطقة استعادة المذيب، من المفيد بواسطة صمام تخفيض ضغط وسيط. على نحو عام، الضغط في منطقة استعادة المذيب يكون من ٠,١ إلى ٨، يفضل من ٠,٥ إلى ٧، بوجه خاص من ١ إلى ٦ بار أقل من الضغط في منطقة أو مناطق التبخر الوميضي. يمكن أن تشغل منطقة استعادة المذيب، على سبيل المثال، كمنطقة طرد غاز gas expulsion أو كنازع مذيب solvent stripper. على نحو عام، يصل التسخين إلى منطقة استعادة المذيب، على سبيل المثال، بواسطة مبادل حراري غير مباشر باستخدام تيار "غليان متكرر".

NMP الموجود كمنتج قاع من منطقة استعادة المذيب والخالي من hydrocarbons يعاد إلى مراحل الاستخلاص (I) و(II) بواسطة منطقة تبادل حراري يحدث فيها تبادل حراري مع المادة المستخلصة من منطقة التقطير الاستخلاصي.

المنتج الذي تم الحصول عليه من منطقة استعادة المذيب يحتوي على hydrocarbons وعلى نحو عام ينتزع كتيار علوي أو كتيار علوي وجانبي، يمر جزئيا أو إذا كان ضروريا أوليا بالكامل خلال مرحلة الانضغاط ويغذى إلى منطقة التقطير الاستخلاصي بعد الانضغاط. في منطقة

الانضغاط، ينضغط تيار hydrocarbon إلى الضغط الذي يطابق على الأقل الضغط في منطقة التقطير الاستخلاصي. على نحو عام، ينضغط تيار hydrocarbon إلى ضغط من ٠,٠٥ إلى ٢، يفضل من ٠,١ إلى ١ بار فوق الضغط عند نقطة التغذية من جزء البخار من المادة المستخلصة في منطقة التقطير الاستخلاصي.

شكل ٣ هو رسم تخطيطي لتطبيق من شكل مختلف مفضل. في هذا التطبيق، تتصل منطقتان للتقطير الاستخلاصي في تسلسل. تتكون منطقة التقطير الاستخلاصي الأولى بواسطة عمود ١ ومقطع ٢ لعمود مدرج علوي، بينما تتكون منطقة التقطير الاستخلاصي الثانية بواسطة عمود ٤ ومقطع ٣ للعمود الأقل. يغذى NMP إلى القسم العلوي من العمود ١ خلال خط ٥ وإلى القسم العلوي من عمود ٤ خلال خط ٦. يغذى خليط C_4-hydrocarbon إلى قاع العمود ١ بواسطة خط ٧.

الأعمدة ٣/٢ و٤ متصلين مباشرة أيضا. يزال تيار القسم الغازي من العمود ٢ ويغسل في تيار معاكس مع المذيب خلال خط ٦.

عند قمة العمود ١، المنتج المنقى الذي يتكون جوهريا من butenes و butanes ينتزع خلال خط ٨.

عند قمة العمود ٤، 1,3-butadiene النقي جوهريا ينتزع خلال خط ٩.

التيار الغازي المحتوي جوهريا على hydrocarbons الأخرى والشوائب الأخرى يزال بواسطة نزع جانبي من العمود ١٠ خلال الخط ١١.

يكون الضغط في مقطع ٣ للعمود ٣ حوالي ٥ بار. تنزع المادة المستخلصة بواسطة خط ١٢ الموصل إلى ١٥ بار بواسطة مضخة سائل ١٣ liquid pump وبعد ذلك تسخن عند ٧٠°مئوية [sic] إلى ١٢٥°مئوية في مبادل حراري ١٤ بواسطة NMP المنزوع من منطقة طرد الغاز ١٠ بواسطة خط ٢٤ والخالي جوهريا من C_4-hydrocarbons. تمرر المادة المستخلصة المسخنة بعد ذلك خلال صمام تخفيض ضغط ١٥ pressure reduction valve وتخفض إلى ضغط فوق ٥ بار بقليل. بينما الطور الغازي المتكون في صهريج فصل الطور ١٦ phase separation tank تعاد فورا خلال خط ٢٢ و٢٣ إلى العمود ٣. الطور السائل، تم الحصول عليه بعد التبخر الوميضي، من المادة المستخلصة المغذاة خلال خط ١٧ إلى صمام تخفيض ضغط ١٨ آخر حيث يسقط الضغط إلى مستوى الضغط في عمود ١٠، عادة ١,٥ بار.

عند قمة العمود ١٠، ينزع تيار hydrocarbon خلال خط ١٩ و، بعد الانضغاط في الكباس ٢٠ compressor، يغذى أيضا خلال خط ٢٣ إلى قاع العمود ٣. من المهم، لأغراض الأمان، في هذا الخصوص حيث يبرد التيار الغازي ١٩ بواسطة تبادل حراري (غير مصور في شكل ٣) قبل

دخول الكباس ٢٠ بحيث أن درجة حرارة تيار الغاز بعد الانبثاق من الكباس لاتتجاوز ١١٠°مئوية. عادة يبرد تيار الغاز إلى ٤٥°مئوية.

NMP الخالي عمليا من C_4-hydrocarbons والمنزوع خلال خط ٢٤ ويبرد في مبادل حراري ١٤ يغذى خلال خط ٢٥ إلى المبادل الحراري ٢. بعد ذلك يمرر خلال مبادل حراري آخر (غير مصور في شكل ٣) فيه درجة حرارة المذيب مضبوطة عند ٣٨°مئوية. كمية المذيب الواصلة خلال خط ٢٦ بعد ذلك تقسم إلى تيارين قسميين: خط ٦ يؤدي إلى عمود ٤، بينما خط ٢٧ ينتهي في منطقة التقطير الاستخلاصي الإضافية (III) من أجل فصل butenes وbutanes. يعود المذيب من هناك خلال خط ٥.

من أجل تبسيط الرسومات، كل مناطق إعادة الغسيل المذكورة أعلاه مع تدفقات ارتدادية من hydrocarbons السائلة إلى الأعمدة ١ و٤ أيضا حذفت. العمود الجانبي على العمود الرئيسي ١٠ المذكور أعلاه أيضا غائب من شكل ٣.

مثال:

مقارنة مع شكل ٣، الرسم التخطيطي لعملية في المثال تكون أكثر مرونة (شكل ٤)، على الرغم من أن كل المضخات حذفت من الشكل في هذه الحالة أيضا. من ناحية أخرى، كل المبادلات الحرارية مفصلة بجانب الأعمدة لأنهم استخدموا بشكل حاسم في اقتصاديات العملية. فوق ذلك، كل فواصل الحالة موجودة في الرسم التخطيطي. نظام تحديد العدد أيضا مبين في شكل ٤.

منطقة الاستخلاص (I) ومنطقة المج deaorption (I) محجوبتان خلف عمود ١٢٠. منطقة الاستخلاص (III) هي عمود ١٣٠. منطقة المج deaorption (II) ممثلة بواسطة العمودين ١٤٠ و١٥٠. منطقة الاستخلاص (II) هي عمود ١٠٠ ومنطقة المج deaorption (III) هي عمود ١١٠. بالإضافة إلى ذلك، يدخل عمودان التقطير النهائي ١٦٠ و١٧٠، فيهما butadiene الخام يصل أخيرا إلى مستوى المواصفات، لأنهما ينتميان إلى العملية الكلية.

العملية لها ٣ تيارات داخلة:

تيار ١٠: تيار مضاف Zbc، يحتوي على butenes وbutanes

تيار ٤٠: تغذية C_4

تيار ٦٩: إضافة تتكثف لخفض فاقد من NMP

التركيبة [٪ من الوزن] والكمية [كجم/ ساعة] من تيار ١٠:

n-butane	٢٦
i-butane	٩,٥
n-butene	٤٢
trans-2-butene	١٣
cis-2-butene	٩,٥

الكمية = ٤٢٠٠.

التركيبة [٪ من الوزن] والكمية [كجم/ ساعة] من تيار ٤٠:

propane	٠,١
propene	٠,١
propadiene	٠,٠٥
propyne	٠,١٥
n-butane	٧,٣
i-butane	٤
n-butene	١٤
i-butene	٢٤,٦
trans-2-butene	٤,٥
cis-2-butene	٣,٥
1,3-butadiene	٤٠
1,2-butadiene	٠,٤٥
ethylacetylene	٠,٢
vinylacetylene	٠,٧٥
i-pentane	٠,١
3-methyl-2-butene	٠,١
2-methyl-2-butene	٠,١

الكمية = ١٥٠٠٠.

٥ الكمية للتيار ٦٩ [كجم/ ساعة]:

الكمية = ١١٠٠.

المذيب المطلوب من أجل ٣ مناطق استخلاص [كجم/ ساعة] وتركيبة من ذلك [٨٪ من الوزن]:

(hydrocarbons =HC)

تيار ٤٢ من منطقة الاستخلاص (I) = ١٦٥٠٠٠ مع NMP	٩١,٦٣
ماء	٨,٢٩
إجمالي HC	٠,٠٨
تيار ٤٦ من منطقة الاستخلاص (III) = ٣٥٠٠٠ مع NMP	٩١,٧
ماء	٨,٣
إجمالي HC	١ جزء من المليون من الوزن
تيار ١٢ من منطقة الاستخلاص (II) =١٠٠٠٠٠ مع NMP	٩١,٦٣
ماء	٨,٢٩

إجمالي HC	٠,٠٨
تيار ٥٧ = ١٦٥٠٠٠ مع NMP	٩١,٧
ماء	٨,٣
إجمالي HC	١ جزء من المليون من الوزن

درجة الحرارة: عموما ٣٨°مئوية.

فى الوصف التفصيلي التالي للأعمدة، عدد الألواح محسوب عموما من قمة العمود.

شروط التشغيل للعمود ١٠٠:

عدد الألواح النظرية = ٤ + ٥٠ (شاملة منطقة إعادة غسيل)
تدفق HC ارتدادي إلى اللوح =١
تغذية المذيب إلى اللوح = ٥
تغذية HC إلى اللوح = ٤٢
تيار مضاف Zbc إلى اللوح = ٤٢
الضغط عند اللوح ١ = ٤ بار
درجة الحرارة عند اللوح ١ = ٣٨,٥°مئوية
كمية تدفق HC الارتدادي = ٥٠٠٠كجم/ ساعة

شروط التشغيل للعمود ١١٠:

عدد الألواح النظرية = ٤ + ٩ (شاملة منطقة إعادة غسيل)
تدفق HC ارتدادي إلى اللوح = ١
تغذية المادة المستخلصة إلى اللوح = ٥
الضغط عند اللوح ١ = ١,٥٢٦ بار
درجة الحرارة عند اللوح ١ = ٦,٧°مئوية
كمية تدفق HC الارتدادي = ٥٠٠٠كجم/ ساعة
الطاقة المطلوبة = ١٠٣٦١ كيلووات

شروط التشغيل للعمود ١٢٠:

عدد الألواح النظرية = ٢٥+٢٣+٧ (فى عمودين)
تدفق HC الارتدادي إلى اللوح = ١
تغذية المذيب إلى اللوح = ١
انتزاع HC عند اللوح = ٤٩ (إلى منطقة الاستخلاص (II))
تغذية HC إلى اللوح = ٢٦
الضغط عند اللوح ١ = ٤,٥ بار
درجة الحرارة عند اللوح ١ = ٤١,٥°مئوية
كمية تدفق HC الارتدادي = ٢٠٩٤ كجم/ ساعة

شروط التشغيل للعمود ١٣٠:

عدد الألواح النظرية = ٤+٣٠ (شاملة منطقة إعادة غسيل)
تدفق HC الارتدادي إلى اللوح = ١
تغذية المذيب إلى اللوح = ٥
الضغط عند اللوح ١ = ٥ بار
درجة الحرارة عند اللوح ١ = ٤٥,٣°مئوية
كمية تدفق HC الارتدادي = ٢١٢٠ كجم/ ساعة

شروط التشغيل للعمود ١٤٠:

عدد الألواح النظرية = ١٠
تغذية المادة المستخلصة إلى اللوح = ١
نزع HC عند اللوح = ٦ (إلى عمود ١٥٠)
الضغط عند اللوح ١ = ١,٥٢ بار
درجة الحرارة عند اللوح ١ = ١٠٤,٦°مئوية
درجة الحرارة عند اللوح ١٠ = ١٤٦,١°مئوية
كمية تدفق HC الارتدادي = ٢١٢٠ كجم/ ساعة
الطاقة المطلوبة = ٦٧٧٣ كيلووات

شروط التشغيل للعمود ١٥٠:

عدد الألواح النظرية = ٢
تغذية الماء إلى اللوح = ١
تغذية المادة المستخلصة إلى اللوح = ١
الضغط عند اللوح ١ = ١,٥٢ بار
درجة الحرارة عند اللوح ١ = ١٠٨°مئوية

شروط التشغيل للعمود ١٦٠:

عدد الألواح النظرية = ٤٦
تدفق HC الارتدادي إلى اللوح = ١
تغذية المادة المستخلصة إلى اللوح = ١٦
الضغط عند اللوح ١ = ٧ بار
درجة الحرارة عند اللوح ١ = ٤٦,٦°مئوية
كمية تدفق HC الارتدادي = ٦١٣٠ كجم/ ساعة
الطاقة المطلوبة = ٧٦١ كيلووات

شروط التشغيل للعمود ١٧٠:

عدد الألواح النظرية = ٤٥
تدفق HC الارتدادي إلى اللوح = ١
تغذية المادة المستخلصة إلى اللوح = ٢٣
الضغط عند اللوح ١ = ٤,٢ بار
درجة الحرارة عند اللوح ١ = ٣٩,٣°مئوية
كمية تدفق HC الارتدادي = ١١١٩٧ كجم/ ساعة
الطاقة المطلوبة = ١٦٧١ كيلووات

٥ الخطوات المنفردة للعملية هي كما يلي:

خليط C_4-hydrocarbon السائل العادي (تيار ٤٠) يتبخر في المبادل الحراري ٢٤٠ ويدخل منطقة الاستخلاص (I) كبخار، تقريبا في وسط العمود ١٢٠. يمرر المذيب بواسطة تيار ٤٢ في تيار معاكس إلى الغازات الصاعدة. هذا يؤدي إلى تيارين جديدين: منتج غازي (تيار ٤٣) يحتوي على كميات كبيرة جوهريا من propane، propene، propadiene، butenes وbutanes، والمادة

١٠ المستخلصة (تيار ٥٣) تحتوي على hydrocarbons مذابة في المذيب، تشمل 1,3-butadiene

وC_5-hydrocarbons الأخرى، شاملة 1,3-butadiene. محتوى 1,3-butadiene، كمية معينة هامة لزوم الانفصال من منطقة الاستخلاص (I)، تكون تحت ١٠٠ جزء من المليون من الوزن.

لمستوى درجة حرارة أقل في العمود ١٢٠، ٢٠٪ من الوزن من تيار غازي ٤٣ يتكثفوا في المبادل الحراري ٢٣٠.

يرحل تيار جانبي من العمود ١٢٠ بواسطة تيار ٥١ ويغسل في تيار مضاد مع المذيب (تيار ٤٦) في منطقة الاستخلاص (II)، التي هي عمود ١٣٠. لمستوى درجة حرارة أقل و، في نفس الوقت، لتخفيض فقد من NMP، العمود له تدفق ارتدادي من hydrocarbons سائلة (تيار ٥٠). تضبط كمية المذيب بحيث أن المواصفات المتعلقة من أجل ethylacetylene وvinylacetylene من أجل 1,3-butadiene النقي الأخير تتوحد. وعاء ٣٢٠ متحد في أعلى الدورة يعمل من أجل إزالة جزئية للماء من butadiene الخام.

المادة المستخلصة من منطقة الاستخلاص (I)، التي هي تيار ٥٣، يمر خلال مبادل حراري ٢٥٥ وبعد ذلك تمج جزئيا تحت ضغط في صهريج متوهج ٤١٠، مؤديا إلى تيارين: دفعة غازية (تيار ٥٩) التي تعاد دورتها فورا بواسطة تيار٦٧ إلى العمود ١٢٠، ودفعة سائلة (تيار ٦٠). درجة حرارة تيار ٦٠، التي مازالت تحت ضغط مرتفع مفاجئ في الصهريج المتوهج ٤١٠ flash tank، ترتفع إلى ٥°مئوية في المبادل الحراري الآخر٢٦٠، قبل أن تنخفض بواسطة تخفيض الضغط في عمود ١٤٠.

المادة المستخلصة، تيار ٦١، تمج كلها بالكامل من C_4-hydrocarbons في عمود ١٤٠ بواسطة تزويد الطاقة الخارجية. يبرد الغاز الناتج، تيار ٦٢ في المبادل الحراري ٢٦٥ إلى ٤٥°مئوية المذكورة أعلاه ويقسم في الصهريج المتوهج ٤٢٠ إلى دفعة صغيرة جدا من الطور السائل (تيار ٦٦) وقسم رئيسي من الطور الغازي (تيار ٦٤). ينضغط التيار الغازي ٦٤ في الكباس ٥٠٠ و، بعد الاتحاد مع تيارات ٥٩ و٦٦، يعاد كتيار ٦٧ إلى الجزء المنخفض من العمود ١٢٠.

يزال التيار الغازي ٦٨ من عمود ١٤٠ في الوسط تقريبا. بجانب hydrocarbons، فهو يحتوي على ماء. يغسل هذا التيار الغازي في تيار مضاد مع متكثف condensate في عمود ١٥٠، والمنتج الغازي (تيار ٧٠) يبرد في المبادل الحراري ٢٧٠ و، بعد الانقسام إلى طور غازي وطور سائل (تيارات ٧٢ و٧٣)، يفرغ كمنتج. محتوى NMP في تيار ٧٠ هو حوالي ١٦٠ جزء من المليون من الوزن، الذي يدل على فاقد من NMP ٠,١٩ كجم/ ساعة عند هذه النقطة.

الطريق المأخوذ بواسطة المذيب الممجوج كله تماما من العمود ١٤٠ يمر تتابعيا خلال مبادلات الحرارة ٢٥٥ (تسخين المادة المستخلصة من العمود ١٢٠)، ٢٥٠ (إعادة غليان للعمود ١٧٠)، ٢٤٠ (تبخر خليط C_4-hydrocarbon) و٢٣٥ (مبرد مذيب نهائي لضبط درجة حرارة المذيب). فهو هكذا يمر تماما خلال مناطق الاستخلاص (I) و(III) ومناطق المج deaorption (I) و(II).

منتج القمة من العمود ١٢٠ (تيار ٤٥) والتيار المضاف Zbc (تيار ١١) يتم تغذيتهم إلى الثلث الأدنى من منطقة الاستخلاص (II)، أي عمود ١٠٠. تمرر الغازات معا مع التيار الغازي الناتج بعد تبادل حراري في المبادل الحراري ٢١٥ وإزالة الانضغاط المفاجئ التالي في الصهريج المتوهج ٤٠٠ في تيار مضاد للمذيب (تيارات ١٢ و٢٧). هذا يؤدى إلى جزء butane عالي النقاء (تيار ١٣) مع فقط ٠,٤٣٪ من الوزن من butenes. مثل منتج القمة من العمود ١٣٠، يتكثف التيار الغازي ١٣ أيضا (مبادل حراري ٢٠٠) ويخلى جزئيا من الماء في الوعاء ٣٠٠ قبل أن يعاد كتدفق ارتدادي من أجل hydrocarbon سائل (تيار ١٦) إلى العمود ١٠٠ أو يفرغ كجزء butane (c)، أي تيار ١٧، كمنتج.

المادة المستخلصة، التي سخنت بالفعل بواسطة تبادل حراري، من منطقة الاستخلاص (II)، أي تيار ٢٠، غذيت بعد تكرر تبادل حراري غير مباشر في المبادل الحراري ٢٢٠ وبعد تخفيض الضغط، إلى منطقة المج deaorption (III)، أي عمود ١١٠. المادة المستخلصة تخلى جوهريا من C_4-hydrocarbons فيها بواسطة تزويد التسخين الخارجي. هكذا جزء butene (b) الناتج، تيار ٢٣، فوق ذلك ذا نقاء عالي ويحتوي فقط على ١,٨٥٪ من الوزن butanes. بعد التكثيف في المبادل الحراري ٢٢٥ والإزالة الجزئية للماء في الوعاء ٢٢٥، يغذى جزء butene جزئيا في شكل سائل كتدفق ارتدادي إلى العمود ١١٠ (تيار ٢٦) ويفرغ جزئيا كمنتج (تيار ٢٧).

يتطلب المبادل الحراري ٢٢٥ مادة مبردة بسبب أن درجة حرارة التكثيف منخفضة لجزء butene. ليس ممكنا لزيادة مستوى الضغط في العمود ١١٠: من ناحية، درجة حرارة قاع العمود ١١٠ قد تتجاوز الحد من ١٥٠°مئوية، التي قد تساوى لاجهاد حراري thermal stress محظور على المذيب و، من ناحية أخرى، قد يعاق مج hydrocarbons، الذي قد يعوض عنه فقط بزيادة إضافية من الطاقة الخارجية.

مذيب المج deaorption في العمود ١١٠ يمر بالتتابع خلال مبادلات حرارية ٢٢٠ (مادة مستخلصة قبل التسخين)، ٢١٥ (ارتفاع درجة حرارة المادة المستخلصة من أجل ضغط مفاجئ)،

٢١٠ (مبخر للتيار المضاف ١٠) و٢٠٥ (مبرد نهائي لضبط درجة حرارة المذيب). لأن تشكيلة أعمال، فإن مستويات درجة حرارة معينة تضبط مسبقا، بسببها محتوى hydrocarbon من التيار ٢٨ لايمكن أن يكون عالي بشكل غير محدد. في الحالة الممثلة، التركيز هو ٨٠٠ جزء من المليون من الوزن. هذا يعنى أن يمرر أيضا بالكامل خلال مناطق الامتصاص والمج deaorption (III).

يبقى هناك فقط المنطقة مع أعمدة التقطير ١٦٠ و١٧٠ من أجل ضبط نهائي لمواصفات الجزء (a) 3-butadiene. يغذى butadiene الخام (تيار ٨٠) إلى الثلث العلوي من العمود ١٦٠. منتج القمة الغازي (تيار ٨١) يتكثف و، بعد إزالة جزئية للماء في الوعاء ٣٣٠، كلاهما تعاد دورته كتدفق ارتدادي من أجل hydrocarbon سائل (تيار ٨٤) إلى العمود ١٦٠، ويفرغ كمنتج (تيار ٨٣). يجب ملاحظة أن تيار ٨١ يجب ألا يتجاوز تركيز propyne معين لأغراض الأمان. هذا التحديد للتركيز متوقف على الضغط وتكون قيمته ٥٠٪ من الحجم عند ضغط علوي ٧ بار.

تفريغ كل القاع اللامائي من العمود ١٦٠ يغذى إلى العمود ١٧٠ تقريبا في الوسط. يتجزأ فيه الخليط إلى جزء 1,3-butadiene ذو نقاء عالي (تيار ٨٩) ومنتج قاع (تيار ٩١)، مع التيار ٩١ يمثل خليط في الدرجة الأولى من hydrocarbons cis-2-butene، 1,3-butadiene، 1,2-butadiene وC_5-hydrocarbons. إنتاجية 1,3-butadiene يمكن أن تتأثر بواسطة تركيز 1,3-butadiene الموجود. هذا هو ٢٥٪ من الوزن في المثال الحاضر. مواصفات المنتج من جزء (a) أي butadiene النقي، هو كما يلي:

1,3-butadiene = ٩٩,٦٪ من الوزن
إجمالي butenes = ٠,٤٪ من الوزن
propyne = ١٠ أجزاء من المليون من الوزن
1,2-butadiene = ٥٠ جزء من المليون من الوزن
إجمالي C_4-acetylenes < ٥ أجزاء من المليون من الوزن
إجمالي C_5-HC < ٥ أجزاء من المليون من الوزن

نتيجة لذلك، كميات الطاقة (كيلووات) متبادلة لمكثفات ومبادلات حرارية مدونة أدناه:

مبادل حراري	٧٨٥:٢٠٠
مبادل حراري	٨٩٩١:٢٠٥
مبادل حراري	٤٨٢:٢١٠
مبادل حراري	٣١٢٧:٢١٥
مبادل حراري	٤٠٠٠:٢٢٠
مبادل حراري	١٦٧٩:٢٢٥
مبادل حراري	٢٣٠:٢٣٠
مبادل حراري	٢٩٤٥:٢٣٥
مبادل حراري	١٧٧٢:٢٤٠
مبادل حراري	٨٥٧:٢٤٥
مبادل حراري	١٦٧١:٢٥٠
مبادل حراري	٧٢٦٤:٢٥٥
مبادل حراري	٧٤٤:٢٦٠
مبادل حراري	١٧٢٩:٢٦٥
مبادل حراري	٥٧٢:٢٧٠
مبادل حراري	٦٩٣:٢٧٥
مبادل حراري	١٧٥٧:٢٨٠

عناصر الحماية

١ ١-عملية لفصل خليط من C_4-hydrocarbon يحتوي جوهريا على 1,3-butadiene، butenes،
٢ butanes وC_4-hydrocarbons أخرى إلى أربعة أجزاء fractions على الأقل؛
٣ أ) الجزء (a) fraction (Fa) (Fa1) (Fa2) (Fa3) يحتوي جوهريا على 1,3-butadiene،
٤ ب) الجزء (b) fraction (Fb) يحتوي جوهريا على butenes،
٥ جـ) الجزء (c) fraction (Fc) يحتوي جوهريا على butanes و
٦ د) جزء (d) fraction أو أكثر (Fd) (FdR) يحتوي جوهريا على 1,3-butadiene
٧ وC_4-hydrocarbons أخرى، تشمل تقطير استخلاصي extractive distillation من خليط
٨ C_4-hydrocarbon المذكور مع N-methyl-2-pyrrolidinone أو محلول مائي من
٩ N-methyl-2-pyrrolidinone (NMP)،
١٠ حيث:-
١١ (١)- خليط C_4-hydrocarbon الغازي gaseous أولا يتصل مع NMP في منطقة الاستخلاص
١٢ extractin zone (I) ليتكون محلول الاستخلاص extraction solution (Ead)، تكون نسبة
١٣ NMP إلى خليط C_4-hydrocarbon من ١:٥ إلى ١:٢٠، 1,3-butadiene و-C_4
١٤ hydrocarbon أخرى يتم امتصاصهم جوهريا بالكامل بواسطة NMP لكن تبقى butenes
١٥ وbutanes جوهريا في الطور الغازي gas phase لتكوين تيار غازي (Gbc)؛
١٦ (٢)- butenes وbutanes غير الممتصين (Gbc) ومحلول الاستخلاص (Ead)
١٧ extraction solution المتكون في خطوة ١ يزالوا من منطقة الاستخلاص (I)
١٨ extraction zone ؛
١٩ (٣)- ينتقل محلول الاستخلاص extraction solution (Ead) إلى منطقة المج (I)
٢٠ desorption zone عند ضغط أقل و/أو درجة حرارة أعلى من منطقة الاستخلاص (I)
٢١ extraction zone ويمج 1,3-butadiene من محلول الاستخلاص (Ead)
٢٢ extraction solution ليتكون جزء A (Fa)، القسم الرئيسي من C_4-hydrocarbons أخرى
٢٣ يظل في الطور السائل liquid phase لتكوين محلول الاستخلاص (Ed)
٢٤ extraction solution؛

(٤)- محلول الاستخلاص extraction solution (Ed) المتكون في الخطوة ٣ و1,3-butadiene الممجوج (Fa) يزالوا منفصلين من منطقة المج desorption zone (I)، إذا كان مطلوبا، يعاد قسم من الجزء A إلى منطقة الاستخلاص extraction zone (I)؛

(٥)- ينقل محلول الاستخلاص extraction solution (Ed) إلى منطقة مج desorption zone ثانية (II) عند ضغط أقل و/أو درجة حرارة أعلى من منطقة المج desorption zone (I) وله ضغط و/أو منحنى حرارة، وC_4-hydrocarbons الأخرى و1,3-butadiene التي مازالت باقية فيه تمج تقطيريا من محلول الاستخلاص extraction solution (Ed) لتكوين على الأقل جزأين منفصلين D (Fd) (FdR)، مع محتوى من C_4-hydrocarbons الأخرى يكون أعلى ١٠ مرات على الأقل في جزء على الأقل من الأجزاء (Fd) عنه في محلول الاستخلاص (Ed) extraction solution، على أساس محتوى كل C_4-hydrocarbons،ومحتوى C_4-hydrocarbons الأخرى يكونوا بالمثل أقل في جزء واحد على الأقل من الأجزاء (FdR) عنهم من الأجزاء D، على أساس محتوى كل C_4-hydrocarbons، ومحلول الاستخلاص (Ed) extraction solution لتكوين NMP إضافيا،

(٦)- NMP ، المتكون في منطقة المج desorption zone (II) والخالي جوهري من C_4-hydrocarbons، والأجزاء (Fd) و(FdR) يزالوا منفصلين من منطقة المج (II) desorption zone، وجزء (FdR) أو أكثر يعاد إلى منطقة المج desorption zone (I) ،

(٧)- أولا يتصل التيار الغازي gas stream (Gbc) مع NMP في منطقة الاستخلاص (II) extraction zone لتكوين محلول الاستخلاص extraction solution (Eb)، تمتص butenes جوهريا بالكامل بواسطة NMP لكن butanes تبقى جوهريا في الطور الغازي gas phase؛

(٨)- butanes غير الممتصة (جزء C (Fc)) ومحلول الاستخلاص extraction solution (Eb) المتكون في الخطوة ٧ يزالوا من منطقة الاستخلاص extraction zone (II)؛

(٩)- ينقل محلول الاستخلاص extraction solution (Eb) إلى منطقة مج desorption zone (III) عند ضغط أقل و/أو درجة حرارة أعلى من منطقة الاستخلاص extraction zone (II) وbutenes الممتصة من محلول الاستخلاص extraction solution (Eb) لتكوين NMP الخالي جوهريا من C_4-hydrocarbons؛

(١٠)- NMP، المتكون في الخطوة ٩ والخالي جوهريا من C_4-hydrocarbons، وbutenes الممتصة (جزء B(Fb)) يزالوا من منطقة المج desorption zone (III)؛

(١١)- NMP المتكون في الخطوة ٩ تعاد دورته إلى مناطق الاستخلاص (I) و(II)،

(١٢)- قسم من جزء A 1,3-butadiene (Fa1) الذي يزال من منطقة المج (I) desorption zone يعاد إلى منطقة الاستخلاص extraction zone (I)، ويتصل القسم الآخر (Fa2) مرة أخرى، في منطقة الاستخلاص extraction zone (III)، مع NMP الذي يستعاد طبقا للخطوة ٦، نسبة NMP إلى جزء butadiene (Fa2) يكون من ٣:١ إلى ٧:١ وقسم من الجزء (Fa2) والقسم الهام من C_4-hydrocarbons الأخرى الموجود كشوائب في القسم (Fa2) الممتصة بواسطة NMP لتكوين محلول الاستخلاص extraction solution (Eax)؛ و

(١٣)- القسم غير الممتص من الجزء (Fa2) ((Fa3)) يزال منفصل من منطقة الاستخلاص (III) extraction zone، ويعاد محلول الاستخلاص extraction solution (Eax) إلى منطقة الاستخلاص extraction zone (I).

٢- العملية كما تحدد في عنصر الحماية ١، حيث NMP وخليط C_4-hydrocarbon يغذيا إلى منطقة الاستخلاص extraction zone (I) في نسبة من الوزن من ١:٥ إلى ١:٢٠.

٣- العملية كما تحدد في عنصر الحماية ١، حيث خليط C_4-hydrocarbon يحتوي على:

- من ١٠ إلى ٨٠٪ من الوزن 1,3-butadiene؛
- من ١٠ إلى ٦٠٪ من الوزن butenes؛
- من ٥ إلى ٤٠٪ من الوزن butanes؛ و
- من ٠,١ إلى ٥٪ من الوزن C_4-hydrocarbons أخرى.

٤- العملية كما تحدد في عنصر الحماية ١، حيث تكون منطقة الاستخلاص extraction zone (I) في شكل عمودين متصلين ببعضهما.

٥- العملية كما تحدد في عنصر الحماية ١، حيث تكون مناطق الاستخلاص extraction zones (I)، (II)، (III) في شكل أعمدة والأجزاء وخليط C_4-hydrocarbon يمرران في تيار معاكس لـ NMP خلال الأعمدة المذكورة.

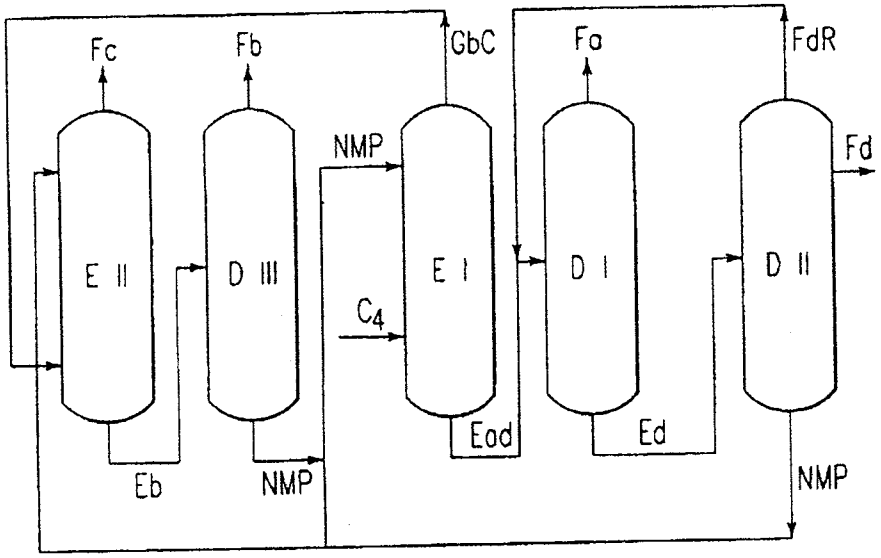
٦- العملية كماتحدد في عنصر الحماية ١، حيث أن المج desorption الموصوف في الخطوات ٣ و٥ من عنصر الحماية ١ يتأثر بزيادة درجة الحرارة في منطقة المج desorption zone (I) بالنسبة لتلك في منطقة الاستخلاص extraction zone (I) وزيادة درجة الحرارة في منطقة المج desorption zone (II) بالنسبة لتلك في منطقة المج desorption zone (I) بواسطة تسخين NMP، المزال طبقا للخطوة ١١ من عنصر الحماية ١ من منطقة المج (II)

desorption zone، إلى منطقة المج desorption zone (I) بواسطة تبادل حراري heat exchange غير مباشر في منطقة تبادل حراري .

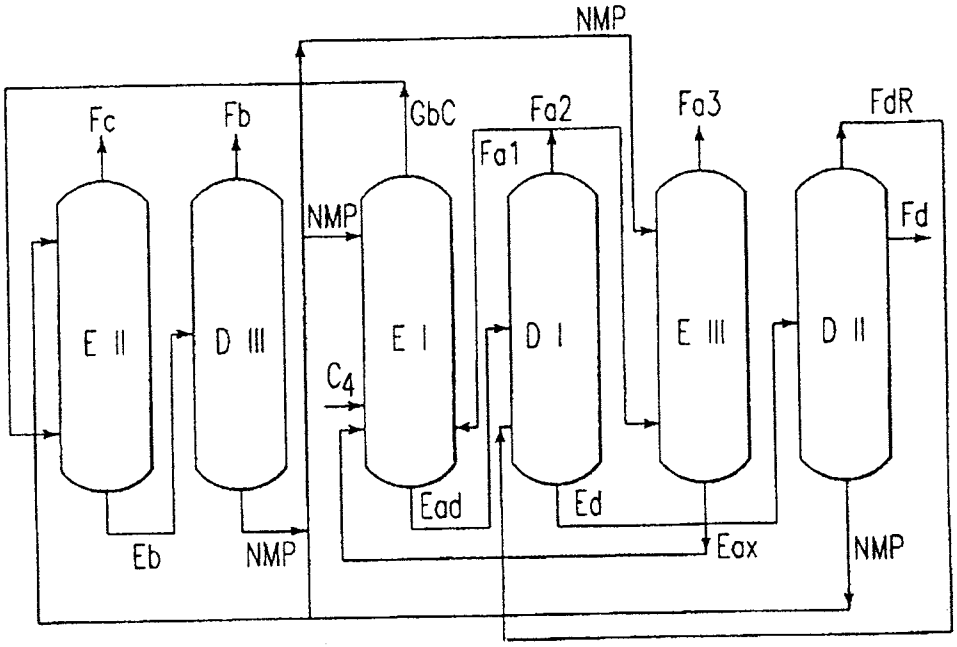
٧- العملية كما تحدد في عنصر الحماية ١، حيث تيار hydrocarbon آخر (تيار مضاف Zbc) يتكون الأخير جوهريا من خليط من butanes وbutenes، يضاف إلى التيار الغازي gas stream المتكون في الخطوة ١.

٨- العملية كما تحدد في عنصر الحماية ١، حيث تزداد درجة الحرارة في مناطق المج desorption zones (II) و(III) من أجل مج NMP بالكامل من hydrocarbons بواسطة تبادل حراري heat exchange غير مباشر مع بخار.

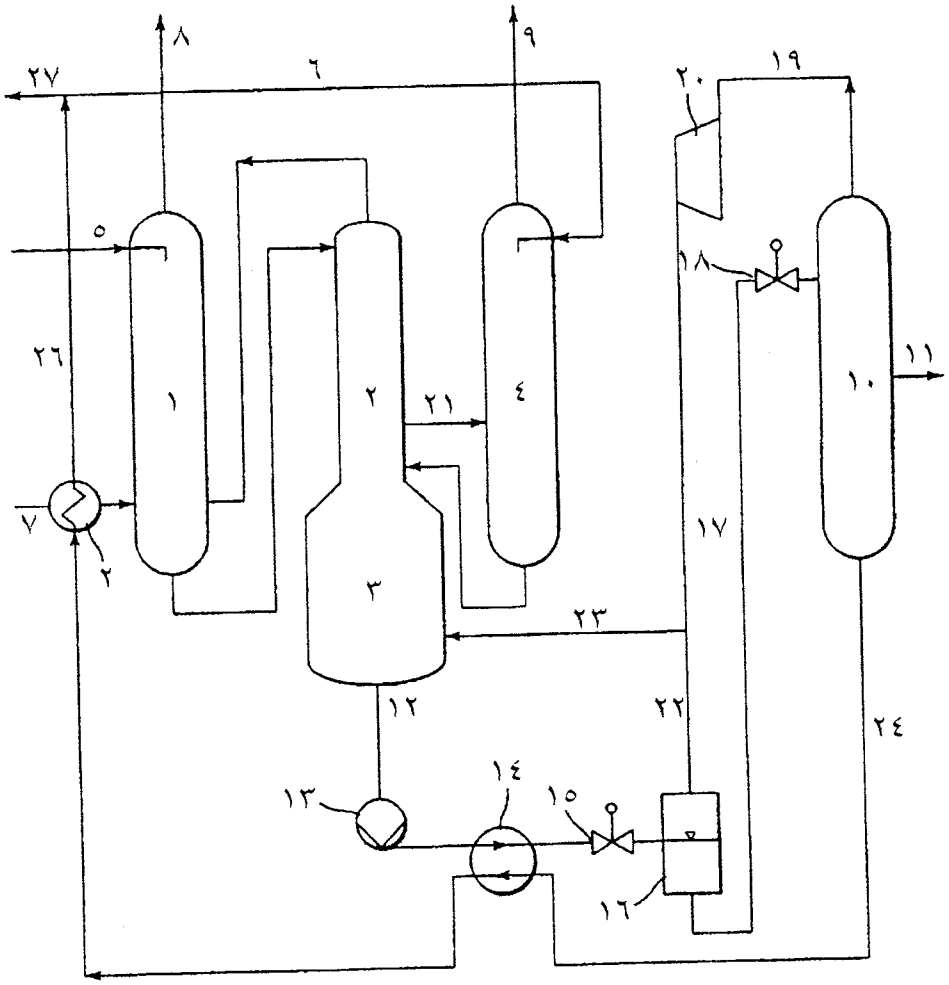
٩- العملية كما تحدد في عنصر الحماية ١، حيث نحصل على الغاز المرتد المطلوب لانفصال الأجزاء fractions (b) و(c) في منطقة الاستخلاص extraction zone (II) بواسطة مج جزئي لمحلول الاستخلاص extraction solution (Eb)، الزيادة المطلوبة في درجة الحرارة الصادرة، بواسطة تبادل حراري heat exchange غير مباشر، من NMP الخالي من C_4-hydrocarbons في منطقة المج desorption zone (III).


Fc
Fb
GbC
Fa
FdR
Fd
NMP
E II
D III
E I
D I
D II
C4
Eb
NMP
Ead
Ed
NMP

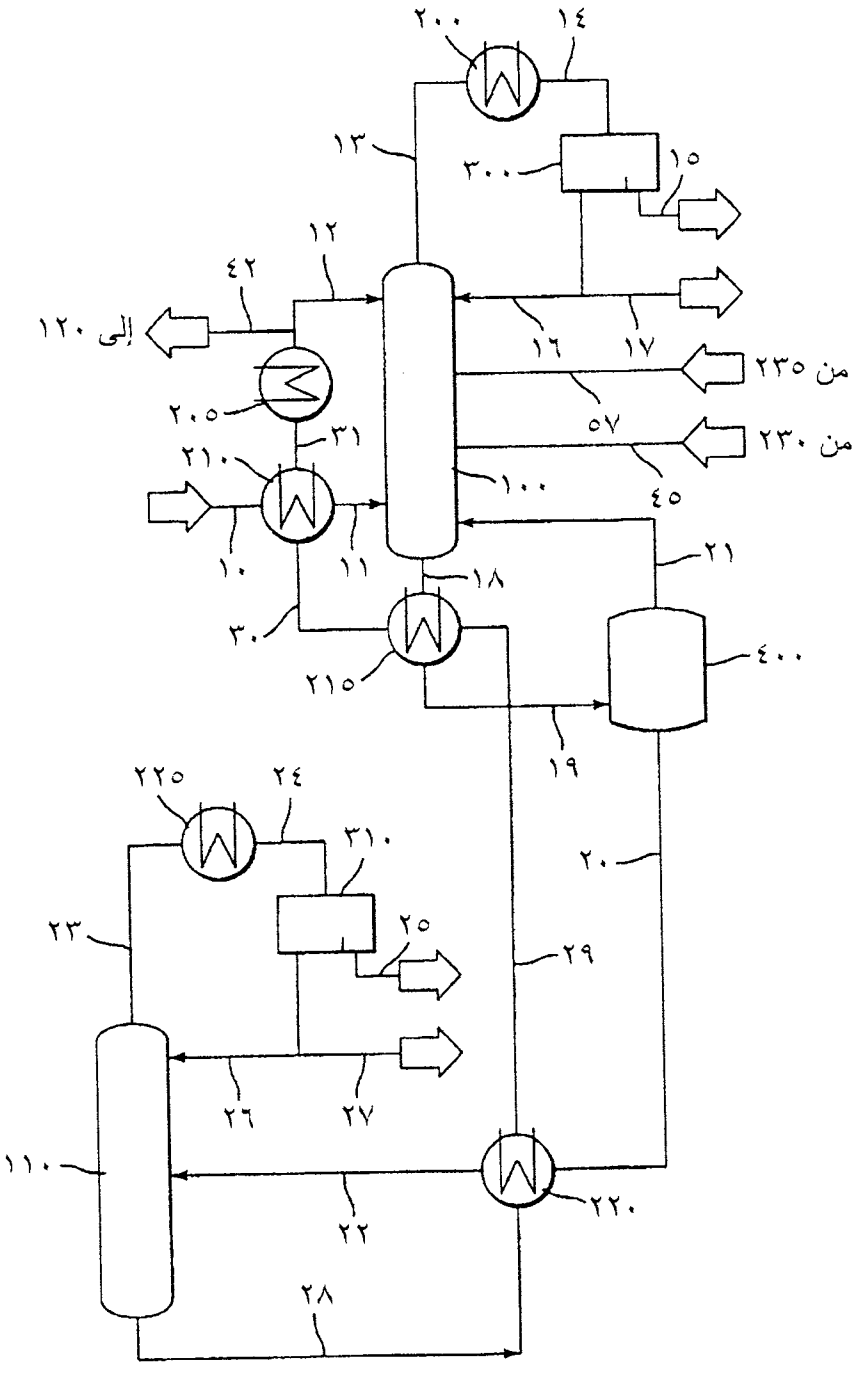
شکل ١


NMP
Fc
Fb
GbC
Fa2
Fa3
FdR
Fa1
Fd
NMP
E II
D III
E I
D I
E III
D II
C4
Eb
NMP
Ead
Ed
Eax
NMP

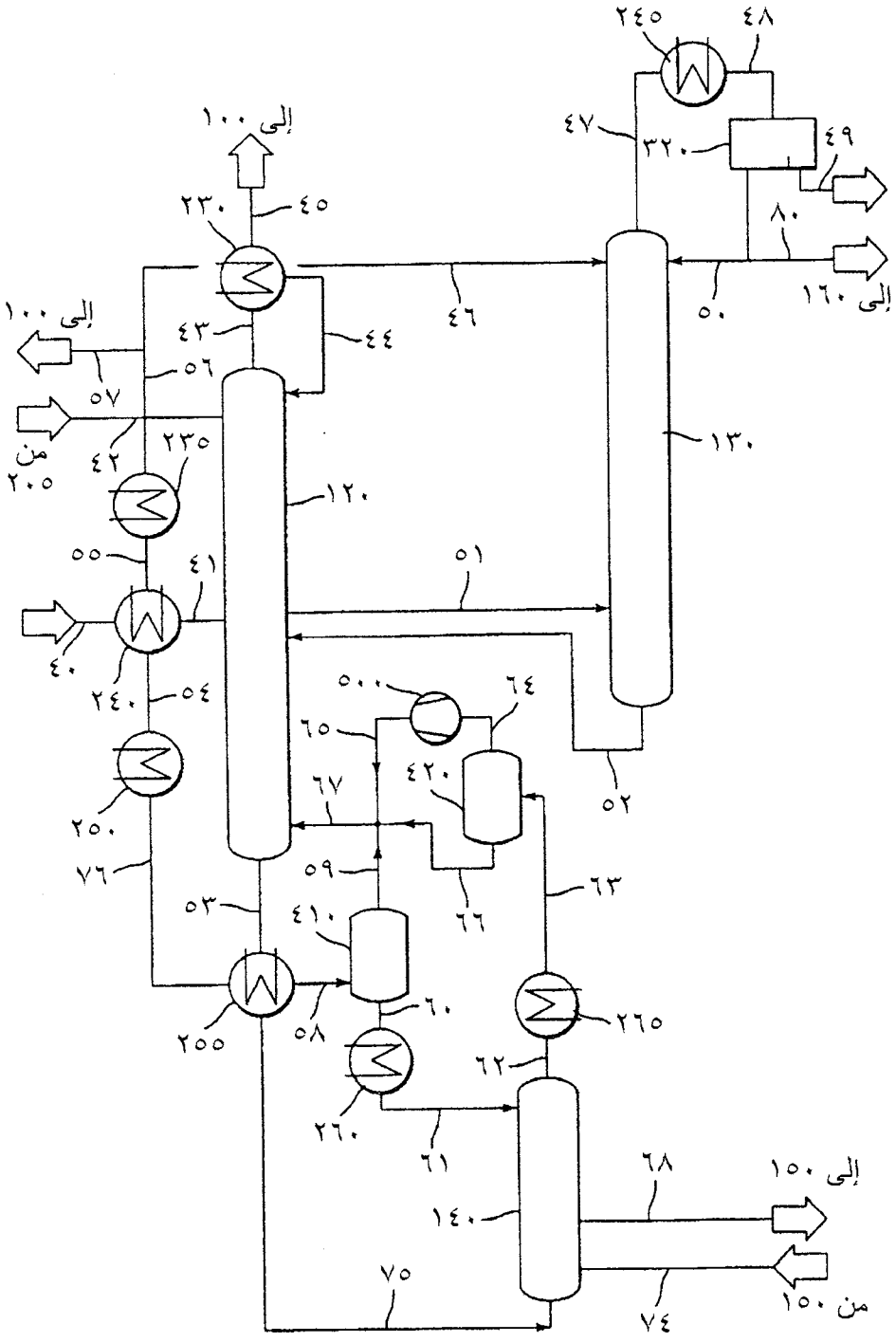
شکل ٢



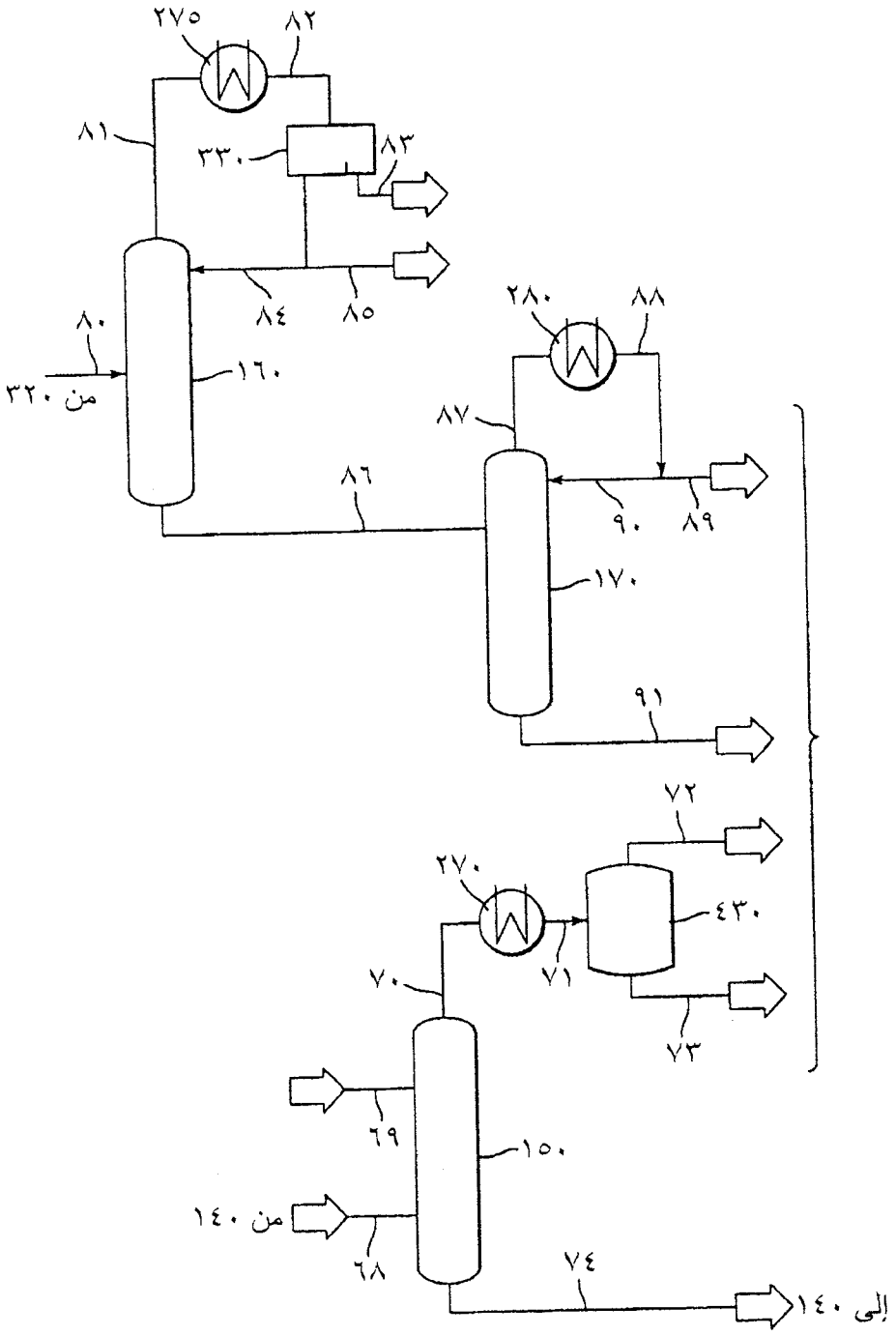
شکل ٣


٢٠٠
١٤
١٣
٣٠٠
١٥
١٢
٤٢
إلى ١٢٠
١٦
١٧
من ٢٣٥
٢٠٥
٥٧
من ٢٣٠
٣١
٢١٠
١٠٠
٤٥
١٠
١١
٢١
١٨
٣٠
٤٠٠
٢١٥
١٩
٢٢٥
٢٤
٣١٠
٢٠
٢٣
٢٥
٢٩
٢٦
٢٧
١١٠
٢٢٠
٢٢
٢٨

شكل ٤


٢٤٥
٤٨
٤٧
٣٢٠
٤٩
إلى ١٠٠
٢٣٠
٤٥
٨٠
إلى ١٦٠
٤٦
٥٠
إلى ١٠٠
٤٣
٤٤
٥٦
٥٧
١٣٠
من ٢٠٥
٤٢
٢٣٥
١٢٠
٥٥
٤١
٥١
٤٠
٢٤٠
٥٤
٥٠٠
٦٤
٦٥
٤٢٠
٥٢
٦٧
٢٥٠
٧٦
٥٩
٦٣
٥٣
٤١٠
٦٦
٢٦٥
٦٠
٢٥٥
٥٨
٦٢
٢٦٠
٦١
٦٨
إلى ١٥٠
١٤٠
٧٥
من ١٥٠
٧٤

شكل ٤(أ)


٢٧٥
٨٢
٨١
٣٣٠
٨٣
٨٤
٨٥
٨٠
من ٣٢٠
١٦٠
٢٨٠
٨٨
٨٧
٨٦
٩٠
٨٩
١٧٠
٩١
٧٢
٢٧٠
٤٣٠
٧١
٧٠
٧٣
٦٩
١٥٠
من ١٤٠
٦٨
٧٤
إلى ١٤٠

شكل ٤(ب)