مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية
المجلد41 العدد (4) – 2025: 114-125

Damascus University Journal for engineering sciences
Vo 41 number (4) -2025: 114-125

تحسين أداء برج امتصاص كبريتيد الهيدروجين من الغاز الطبيعي

حسين علي سويد*[1] حسين تينة[2]

[*1] طالب ماجستير، مهندس، قسم هندسة الميكانيك العام كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة دمشق.
hoseen1.sweed@damascusuniversity.edu.sy

[2]. استاذ، دكتور، مهندس، قسم هندسة الميكانيك العام، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة دمشق.
HoseenTinah@damascusuniversity.edu.sy

الملخص:

أثناء معالجة الغاز الطبيعي، عادةً ما يتم استخدام أبراج الامتصاص للتخلص من كبريتيد الهيدروجين، وتهدف الدراسة إلى تحسين أداء أبراج الامتصاص التي تستخدم آمين (DEA) وذلك من خلال استخدام أمينات مغايرة (MEA, MDEA) والمقارنة بينها من حيث حجم البرج والتكاليف السنوية المتغيرة والأثر البيئي من خلال حساب معدل انبعاث غازات BTEX (البنزين والتولوين وإيثيل بنزين والزيلين) ودراسة تأثير زيادة عدد مراحل الامتصاص وذلك من خلال دراسة حالة بئر دير عطية الغازي.

وجد في نهاية الدراسة: أنه في حالة بئر دير عطية ذو التدفق 150000 m^3/day وفي عملية تنقية الغاز أن الآمين (MEA) هو الأقل من حيث التكاليف السنوية والآمين (MDEA) هو الأقل تلويثاً وفي حالتنا يُفضل استخدام المحاليل الأقل تلويثاً (MDEA) لعدم وجود فرق كبير في التكاليف عند استخدام المحاليل الاقتصادية، ووجد أنه بزيادة عدد مراحل امتصاص الملوثات مرحلة واحد حصلنا على غاز أكثر نقاوة.

الكلمات المفتاحية: تحلية الغاز الطبيعي، عمود امتصاص الملوثات، الأمينات، انبعاثات BTEX.

تاريخ الإيداع: 2023/5/12
تاريخ القبول: 2023/8/30

حقوق النشر: جامعة دمشق – سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب **CC BY-NC-SA**

ISSN (online): 2789-6854
http://journal.damascusuniversity.edu.sy/index.php/index/index

Improving the performance of the hydrogen sulfide absorption tower

Hoseen Ali Sweed[*1] Hoseen Tinah[2]

[*1]. Master student, Eng, Department of General Mechanical Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Damascus University.

hoseen1.sweed@damascusuniversity.edu.sy

[2.] Professor, Dr, Department of General Mechanical Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Damascus University.
HoseenTinah@damascusuniversity.edu.sy

Received: 12/5/2023
Accepted: 30/8/2023

Copyright: Damascus University- Syria, The authors retain the copyright under a

CC BY- NC-SA

Abstract:

During natural gas processing, absorption towers are usually used to get rid of Hydrogen Sulfide. The goal of the study is improving the performance of acid gas absorption towers that use amine (DEA) through the use of heteroamines (MEA, MDEA), and compare them in terms of the rate of amine absorption of Hydrogen Sulfide , the size of the absorption tower, the amine losses, the energy required to reprocess the amine, the varying annual costs, and the environmental impact by calculating the emission rate of BTEX gases (benzene, toluene, ethyl benzene, and xylene). In addition, it aims to illustrate the effect of increasing the number of absorption stages by conducting a research on Deir Attia Gas Well.

The study found that in the case of the Deir Attia Well (with a flow of 150000 m^3/day), during the refining process, the amine (MEA) is the cheapest in terms of annual costs and the amine (MDEA) is the least contaminating. It is advisable to use the least polluting solutions (MDEA) during the treatment process at low or average flow rate, because its impact on the costs is negligible. Besides, it was concluded that by increasing the number of refining stages by one, we obtained a more pure gas.

Keywords: natural gas sweetening, pollutant absorption column, amines absorption, BTEX emissions.

المقدمة (Introduction):

لقد ازداد الطلب على الغاز الطبيعي بشكل كبير في الفترة الأخيرة بسبب نظافته وتعدد استخداماته، كما أن حرقه بصورة صحيحة لا يؤدي إلى تلوث البيئة، أي انه يحترق كاملا ولا يترك رماداً، ولا يكون أول أوكسيد الكاربون، كما أن قيمته الحرارية حوالي 12000 كيلو كالوري لكل كيلو غرام، أي أنه أكبر بكثير من القيم الحرارية لأنواع الوقود الاخرى[1].

والغاز الطبيعي يتكون من مركبات هيدروكاربونية مثل الميثان والايثان والبروبان وكميات من الماء الحر والغازات الحامضية مثل غاز كبريتيد الهيدروجين وغاز ثنائي اوكسيد الكربون[2].

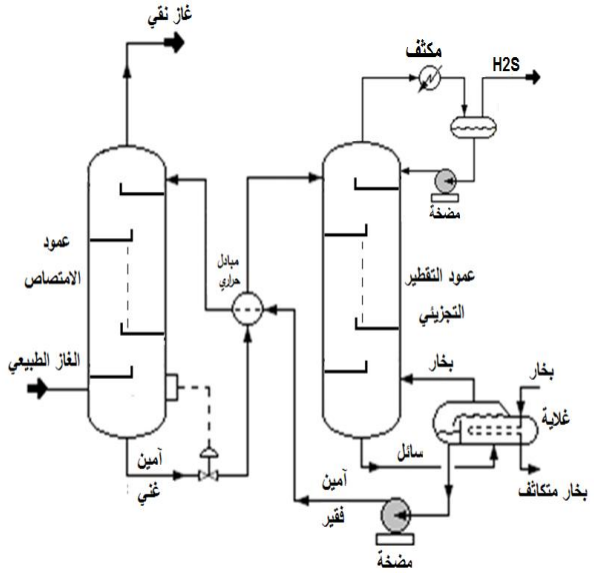
ولكبريتيد الهيدروجين مخاطر صحية كبيرة فعند زيادة التركيز غاز H2S عن 200 ppm في الهواء فأن حاسة الشم تتعطل، وعند تركيز 500ppm تحدث مشاكل في التنفس ويتوقع أن يموت الشخص خلال دقائق، أما إذا بلغ التركيز 1000 ppm فإن استنشاق الهواء يؤدي إلى الوفاة فوراً كما أن كبريتيد الهيدروجين يعمل على تآكل المعدات والتجهيزات وتعيق عملية نقل الغاز بالأنابيب وتخفض تدفقه وتزيد تآكل الأنابيب[3].

لذا قبل أن يصبح الغاز الطبيعي جاهزاً للتعبئة والاستهلاك تتم تحليته أي تخليصه من الغازات الحامضية في وحدات معالجة قبل أن يتم ضخه في الأنابيب.

تأتي أهمية بئر دير عطية الغازي كونه قريب من العاصمة دمشق ذات معدل الاستهلاك الغازي العالي جداً وكونه مقدر أن يكون ذات طاقة إنتاجية عالية حوالي 150 ألف متر مكعب من الغاز يومياً والاحتياطي القابل للإنتاج فيها يبلغ نحو 4 مليارات متر مكعب.

وتتم معالجة الغاز باستخدام أبراج الامتصاص حيث يدخل محلول الامتصاص من أعلى البرج ليمر من خلال الصواني حتى يصل للقسم السفلي، والغاز يدخل من الجزء السفلي ويصعد للأعلى فيحدث التلامس ما بين الغاز والمحلول ويتم امتصاص كبريتيد الهيدروجين فيخرج الغاز من أعلى البرج ويسمى بالغاز الحلو، أما المحلول الأميني الغني بالغاز الحامضي يغادر برج الامتصاص من جزئه السفلي، يكمل المحلول المشبع طريقه إلى مبادل «محلول الغني الفقير» ليكتسب حرارة من المحلول الفقير ذو الحرارة العالية.

وبعد تأمين شروط من الضغط ودرجة الحرارة في برج الاسترجاع، يبدأ المحلول الغني بالغليان ويتحرر كبريتيد الهيدروجين إلى أعلى البرج، والمحلول يستمر نزوله إلى أسفل البرج، ولكن المحلول يحتمل أن يتواجد فيه H2S غير المتحرر، فيتم نقله إلى الغلاية وتسخينه من خلال البخار ليتحرر ما تبقى من H2S، فترتفع بذلك حرارتها، فيتم إعادة الأبخرة من الغلاية مرة أخرى إلى أسفل البرج لانطلاق ما تبقى من H2S إلى أعلى البرج ثم إلى الفاصل، ويتم تجميع المحلول الفقير في خزان أسفل الغلاية ثم يتم ضخ المحلول الفقير إلى مبادل «المحلول الغني الفقير» وثم يكمل المحلول إلى أعلى برج الامتصاص[4].



الشكل(1) وحدة معالجة الغاز

ويتلامس محلول الامتصاص مع الغاز الطبيعي ليمتص الشوائب، وخلال هذه العملية يمتص المحلول أيضًا الميثان والإيثان والعديد من المركبات العضوية الأخرى بما في ذلك البنزين والتولوين وإيثيل بنزين والزيلين (BTEX). ثم يتم إرسال هذا المحلول "الغني" إلى مُجدد، حيث يتم تسخينه

ومعالجته لتخليصه من المياه أو الملوثات ثم يتم إعادة استخدام المحلول "الفقير" إلى برج الامتصاص، بينما يتم إطلاق المركبات الأخرى أما لوحدات معالجة أو إلى الجو مباشرة[5].

ويختلف معدل امتصاص المحاليل لمركبات ال BTEX وبالتالي تختلف انبعاثات BTEX تبعاً لمحاليل ولذلك يُفضل استخدام المحاليل الأقل أطلاقاً لانبعاثات BTEX.

وتعتبر عناصر BTEX من أهم الملوثات الكيميائية الموجودة في الهواء، وتنتج هذه العناصر أيضاً عن طريق التفاعلات الكيميائية الطبيعية والتلقائية كتلك التي تحدث أثناء نمو النباتات وإما عن طريق التفاعلات البتروكيميائية كالتي تحدث في محركات السيارة باعثةً غازها عبر المداخن أو في مصافي النفط وغيرها من المصانع التي تستعمل البتروكيميائيات.

لـ BTEX آثار ضارة على الكبد والجهاز العصبي والقلب والكلى ويزيد من خطر الإصابة بسرطان الدم غير اللامفاوي ويجب اتخاذ آجراءات للحد منها لأدنى درجة[6].

ويهدف البحث إلى:

1. تحسين أداء وحدة تحلية الغاز من خلال استخدام محاليل امتصاص مختلفة وزيادة عدد مراحل الامتصاص.
2. دراسة كمية الملوثات والتكاليف السنوية المتغيرة عند استخدام المحاليل المختلفة وزيادة عدد المراحل.

مشاكل عملية التحلية:

أثناء امتصاص الغازات ضمن البرج يتم حدوث مشاكل وتشكل مركبات غير مرغوبة منها تكثف الهيدروكربونات فوق سائل الامتصاص وكذلك تشكل الرغوة والهيدرات.

– طبيعة الملوثات لمحاليل الآمين وتأثيرها:

لملوثات نظام الأمين مصادر متنوعة وتتواجد بأشكال مختلفة، ولكن هناك عدد كبير من الملوثات وبتراكيز مختلفة تسبب تأثيرات ضارة متنوعة. فقد تبدأ المشاكل عندما تتراكم الملوثات في محلول الأمين لذا يوصى بشدة مراقبة نوعية المحلول وأخذ التحاليل الضرورية حتى يتم الحفاظ على المحلول نظيفاً.

– الملوثات الغير المتطايرة والمعلقات الصلبة:

تنشأ الملوثات غير المتطايرة من مصادر متعددة مثل آبار الغاز ومياه التعويض التي تتضمن أملاح ودقائق صلبة التي قد يتم حملها إلى محلول الأمين من خلال تيار الغاز الخام المتدفق إلى المعمل وهذه المركبات تعزز الرغوة وتزيد من ثباتيتها.

أيضا الملوثات الصلبة قد تقلل من فعالية معدات الامتصاص والنزع من خلال إغلاق الصواني والحشوات والأنابيب لهذا فأن الحل الأمثل لمعالجة مثل هذه المشكلة والتحكم بالمعلقات الصلبة هو استخدام فلاتر وفواصل دخول للغاز لاصطياد الدقائق الصلبة الناعمة جداً.

- الرغوة والترسبات الوسخة:

الرغوة تتشكل نتيجة للزيادة المفاجئة في الضغط التفاضلي في برج الامتصاص وزيادة الهيدروكربونات السائلة في البرج، حيث أن الرغوة والترسبات الوسخة قد تساهم في توسيخ المبادلات الحرارية بالإضافة إلى الأجزاء الداخلية لوحدة الامتصاص والاسترجاع، الأمر الذي يؤدي إلى تقليل التلامس بين الغاز والمحلول الأميني المستخدم ومن ثم انخفاض في كفاءة عملية التحلية وبالنتيجة عدم إمكانية الحصول على المواصفات التجارية للغاز المعالج.

يمكن أن نذكر بعض الأسباب المساعدة في تشكل الرغوة:

- لمواد الصلبة المعلقة في التيار الغازي.
- الحموض العضوية.
- موانع التآكل.
- لمركبات الهيدروكربونية المتكاثفة.
- حوم الصمامات ذات الأساس الصابوني.
- لشوائب الموجودة في الماء.
- يوت التزليق.

لأجل تلافي مشاكل تشكل الرغوة لابد من التقليل من نسبة الملوثات المرافقة للتيار الغازي وذلك من خلال إجراء عمليات فصل كافية، والتحكم بسرعة تدفق الغاز وسائل الامتصاص كما يجب تجنب تكثف المركبات الهيدروكربونية وذلك بالمحافظة على درجة حرارة المحلول الأميني النظيف والداخل إلى أعلى برج الامتصاص. ويمكن السيطرة على الاضطرابات المؤقتة الناجمة عن تشكل الرغوة باستخدام موانع الرغوة ذات الأساس السيليكوني أو الكحولي[7].

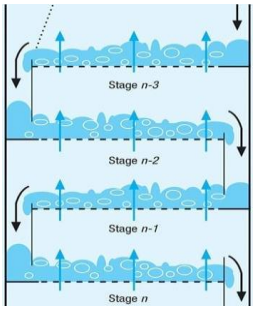
1 . مواد البحث وطرائقه:

- **أعمدة الامتصاص والصواني:**

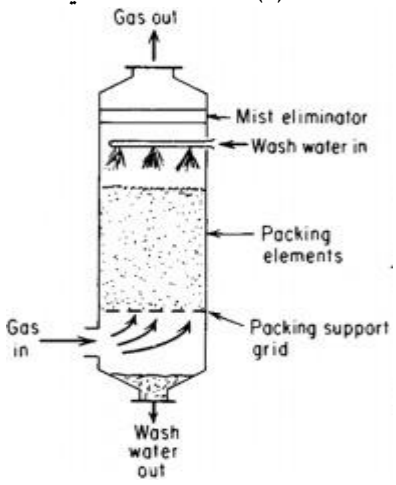
وتقسم أنواع أعمدة الامتصاص الى نوعين أساسيين:

أعمدة الامتصاص ذات الصواني

أعمدة الامتصاص ذات الحشو[8].



الشكل(2) الأعمدة ذات الصواني



الشكل (3) الأعمدة ذات الحشو

وأعمدة الامتصاص ذات الصواني: تحتوي هذه الأعمدة على عدد من الصواني المثقبة مرتبة فوق بعض ويتم توجيه سريان الموائع من خلالها حيث تختلط مع بعضها اختلاطاً جيداً فيسمح بانتقال المادة بينهما مما ينتج عنه تنقية المخاليط حسب المواصفات المطلوب[8].

وتعتبر كل صينية مرحلة قائمة بذاتها وتسمى مرحلة اتزان أي يحدث عليها اتزان بين الموائع الداخلة والخارجة منها يعتمد على الظروف السائدة.

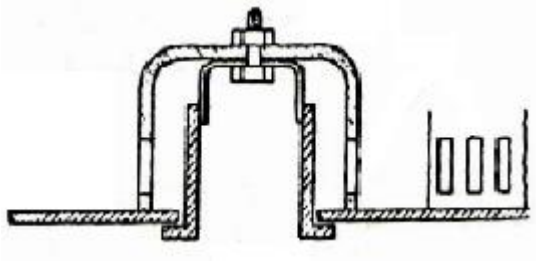
وأشهر أنواع الصواني المستخدمة:

صواني المناخل وصواني الصمامات وصواني أكواب الفقاقيع.

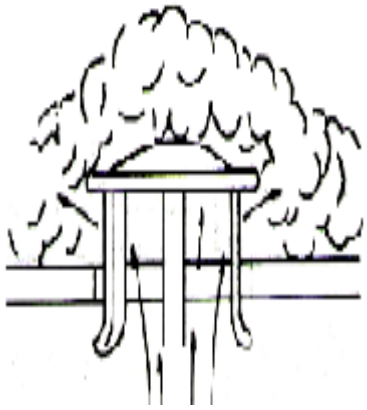
وصينية المناخل عبارة عن قرص معدني به عدد من الثقوب الدائرية وخلال هذه الثقوب يلتقي الغاز الصاعد مع المحلول النازل وقد تزود الصينية بماسورة نزول للسائل تسمى بماسورة النزول لتوجيه السائل إليها حتى تكون الثقوب هي معبر البخار المتصاعد وحده.

وأما صينية الصمامات هي عبارة عن قرص معدني به عدد من الثقوب وكل ثقب مزود بصمام يعمل على التحكم ف حجم فتحة الثقب بواسطة الغاز المتصاعد فإذا زادت كمية الغاز اتسعت الفتحة نتيجة لقدرة البخار على رفع الصينية فتضيق الفتحة ويمكن أن تنغلق الفتحة تماماً إذا انقطع سريان البخار وبذلك يمنع السائل من النزول خلال الثقوب.

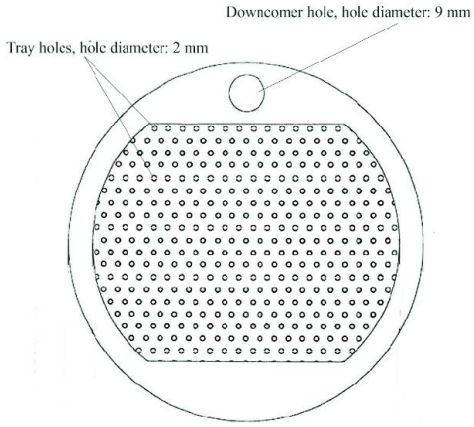
وتعتبر صينية أكواب الفقاقيع ذات كفاءة عالية غير أنها معقدة التصميم وذات تكلفة عالية، والصينية عبارة عن قرص معدني به عدد من الثقوب مركب فوق كل ثقب منها كوب معدنيا مقلوب مثبت على الصينية بمسمار.



الشكل(4) صواني أكواب الفقاقيع



الشكل(5) صواني الصمامات



الشكل(6) الصواني ذات المناخل

وأعمدة الامتصاص ذات الحشو:

الأعمدة المستخدمة في هذه الحالة تبنى على هيئة غلاف أسطواني مبطن بطبقة من مادة مقاومة للتآكل ويمكن أن يكون العمود مصنوع من الزجاج أو البلاستيك أو السيراميك[8].

ويراعى ان يضبط العمود في وضع رأسي حتى يساعد ذلك على حسن توزيع المحلول الذي يغذى ن خلال موزع في أعلى العمود ويخرج السائل مع الغاز الممتص من الأسفل.

وهناك أنواع عديدة من الحشو مثل كسر المواد الصلبة أو الحشو ذو الشكل الهندسي كالحلقات الأسطوانية أو مقاعد الخيول ويجب أن تحقق وحدات الحشو عدة متطلبات منها أن تكون كبيرة الحجم تسمح بحدوث السريان الدوامي وأن تكون ذات مساحة سطح داخلي كبيرة وكذلك يكون للحشو خواص تسمح بانتقال المادة بشكل جيد داخل العمود ومادة الحشو قد تكون الفلزات أو السيراميك أو البورسيلين وقد يوضع بشكل عشوائي أو بشكل مرتب وترتيب الحشو يسمح بفقد صغير في ضغط الغاز إلا أنه لا يسمح بتلامس جيد بين الطور الغازي والطور السائل.

سيتم اختيار أعمدة الامتصاص ذات الصواني وذلك لأنها مناسبة للتعامل مع معدلات التدفق التي تعتبر منخفضة ويمكن استخدامها لمجموعة واسعة من معدلات تدفق المحلول والغاز كما يمكن توقع كفاءة اللوحات بشكل أكبر بالإضافة إلى أنها توفر ملامسة ممتازة بين المحلول والغاز وكذلك بسبب سهولة تنظيفها عند ترسب بعض الملوثات الصلبة.

واختيار صواني أكواب الفقاقيع لأنها ذات كفاءة عالية وتوفر خلط ممتاز للغاز والمحلول وجيدة في التدفقات المنخفضة.

محاليل الامتصاص:

يجب أن يكون للمذيب الخواص التالية:

القابلية على امتصاص الغاز:

أي أن يكون للمذيب قدرة عالية على امتصاص الغاز مما يزيد من معدل الامتصاص ويقلل من كمية المذيب المطلوبة، وعندما تكون الطبيعة الكيميائية بين المذيب والمذاب المراد امتصاصه متشابهة سوف يعطي المذيب إذابة جيدة.

التطاير:

يجب أن يكون للمذيب ضغط بخاري منخفض (تطايرية منخفضة) وذلك لأن الغاز المغادر لعملية الامتصاص يكون مشبعاً بالمذيب ويمكن أن يفقد كمية من المذيب.

التآكل:

يجب أن لا يسبب المذيب التآكل لمواد التي صنع منها البرج وفي حالة كان المذيب ذات طبيعة تُسبب التآكل يجب صنع البرج من مواد مقاومة للتآكل.

الكلفة:

يجب أن يكون المذيب رخيص الثمن ومتوفر.

اللزوجة:

تُفضل اللزوجة المنخفضة لأسباب منها إن معدل الامتصاص يكون سريعاً، تحسين حالات الفيضان Flooding في برج الامتصاص، انخفاض الحمل Load على المضخات وخواص انتقال الحرارة الجيدة.

يجب أن يكون غير سام، غير قابل للاشتعال، ومستقر كيميائياً (لا يتحلل بالحرارة ولا يتأثر بمكونات خليط الغازي)، درجة تجمده منخفض[9].

3. الدراسات المرجعية:

– قام الباحث (Al–Said. N. M. O, 2011) بدراسة مواصفات الغاز المدروس في بئر الخرطوم وكمية كبريتيد الهيدروجين اذا كانت ضمن الحدود المقبولة.

وقام الباحث بدراسة بتصميم برج امتصاص كبريتيد الهيدروجين بدايةً بدراسة موازنة الكتلة واستنتاج معادلة ارتفاع برج الامتصاص:

$$V_m.dY.A = K_G aP(Y-Y_e).A.dZ$$

$$Z = \frac{Vm}{KGaP} \int_{Y1}^{Y2} \frac{dY}{Y-Ye}$$

$$Z = \mathbf{Vm/KGaP} * \frac{(Y1-Y2)}{\frac{(Y1-Ye1)-(Y2-Ye2)}{\ln(\frac{Y1-Ye1}{Y2-Ye2})}}$$

وحساب مقطع برج الامتصاص بدلالة السرعة الحدية:

$$\vartheta_t = K. \sqrt{\frac{\rho l-\rho g}{\rho g}}$$

$$A = Q_g/\vartheta_t$$

z: ارتفاع برج الامتصاص.

Y_1: الكسر المولي ل H2S في الغاز الداخل الى برج الامتصاص.

Y_2: الكسر المولي ل H2S في الغاز الخارج من برج الامتصاص.

X_1: الكسر المولي ل H2S في محلول الامتصاص الخارج من برج الامتصاص.

X_2: الكسر المولي ل H2S في محلول الامتصاص الداخل الى برج الامتصاص.

L_m: تدفق محلول الامتصاص بالمولات بالنسبة لواحدة مقطع العامود.

V_m: تدفق الغاز بالمولات بالنسبة لواحدة مقطع العامود.

Y_{e1}: الكسر المولي ل H2S في الغاز في حالة التوازن عند الصينية الأولى.

Y_{e2}: الكسر المولي ل H2S في الغاز قي حلبة التوازن عند الصينية الأخيرة.

$\boldsymbol{v}_t$: السرعة الحدية (m/s).

$\boldsymbol{\rho l}$: كثافة الغليكول (kg/m^3).

$\boldsymbol{\rho g}$: كثافة الغاز (kg/m^3).

A: مساحة مقطع برج الامتصاص (m^2).

Q_g: تدفق الغاز (m^3/s).

– قام الباحث (Makki, D. S, 2005) بدراسة علاقة الاتزان في برج الامتصاص عند كل صينية من الصواني:

$$Y_e = H/P \ X$$

Y_e : الكسر المولي ل H2S في الغاز في حالة التوازن.

H: ثابت هنري (atm/mol frac).

P: الضغط الكلي للغاز (atm).

وبعدها قام بحساب ارتفاع برج الامتصاص وارتفاع المرحلة الواحدة وعدد المراحل:

$$H_{OG} = V_m/K_{Gap}$$

$$N_{OG} = Z/H_{OG}$$

H_{OG}: ارتفاع المرحلة الواحدة (m).

N_{OG}: عدد المراحل.

وعادةً مايتم استخدام المحلول الأميني الديثانولامين (DEA) في عملية امتصاص كبريتيد الهيدروجين من الغاز الطبيعي، سيتم دراسة استخدام محاليل أمينية أخرى وهي ميثيل ديثانولامين (MDEA) ومونوثانولامين (MEA).

تحسين أداء برج امتصاص كبريتيد الهيدروجين من الغاز الطبيعي

أُقيم الآجراء المخبري لقياس مواصفات المحاليل المستخدمة:

جُربت الأمينات DEA, MDEA, MEA لقياس معدل امتصاص H2S من الغاز الطبيعي، وذلك باستخدام عمود امتصاص مخبري، حيث أُدخل كمية محددة من الغاز المشاب من أسفل البرج وأُدخل محلول الامتصاص من أعلى البرج وقياس الكمية اللازمة من محلول الامتصاص لإزالة كبريتيد الهيدروجين.

الشكل(7) برج الامتصاص المخبري لقياس معدل امتصاص المحاليل للشوائب من الغازات

ثم أُخذ عينات مشابة بكبريتيد الهيدروجين من الأمينات DEA, MDEA, MEA للقيام بالتقطير التجزيئي لها وذلك بتبخير محلول الامتصاص وإعادة تكثيفه، لحساب معدل خسائر الآمين والطاقة اللازمة لمعالجته.

سويد، تينة

الشكل(8) وحدة التقطير التجزيئي في المخبر

واعتماداً على الدراسة المخبرية كانت مواصفات المحاليل المذكورة من معدل امتصاص كبريتيد الهيدروجين ومعدل خسائر الآمين والطاقة المستهلكة لمعالجة الآمين ومعدل انبعاثات غازات BTEX كالتالي:

الجدول (1) النتائج المخبرية للآمينات (DEA, MDEA, MEA)

المحلول	معدل امتصاص H2S Mol H2S/Mol amine	معدل خسائر الأمين $Kg/10000m^3$	الطاقة المستهلكة لمعالجة الأمين Reboiling KJ/L
DEA	0.35	0.04	230
MDEA	0.45	0.03	241
MEA	0.35	0.07	176

أما معدل انبعاثات BTEX فكانت قيم الانبعاثات السنوية لمعدل دوران 1 Kg/hr من الأمينات كالتالي حسب:

الجدول (2) معدل الانبعاثات (DEA,MDEA,MEA) بناءً على[6]

المحلول	DEA	MDEA	MEA
معدل انبعاثات BTEX السنوية لكل 1 kg في الساعة من الأمين Kg/year	0.97	0.44	1.7

طريقة البحث:

تم بداية دراسة مواصفات الغاز المدروس وهو بئر دير عطية الغازي: تدفق الغاز:111250 kg/hr

من مواصفات الغاز المدروس كانت نسبة H2S 5.509 %

كمية H2S الداخلة مع الغاز الطبيعي:

0.05509*111250 = 6129 kg/hr

تعطى كمية كبريتيد الهيدروجين المقبولة في الغاز من إلى50 جزء بالمليون:

from 20 to 50 PPm = from 2.2 to 5.6 kg/hr

تحسين أداء برج امتصاص كبريتيد الهيدروجين من الغاز الطبيعي

وبناءً عليه تم حساب حجم البرج عند استخدام المحاليل المختلفة:

الجدول (3) حجم برج الامتصاص عند استخدام الأمينات المختلفة

المحلول	ارتفاع برج الامتصاص (m)	عدد مراحل الامتصاص المطلوبة	حجم برج الامتصاص (m^3)
DEA	6.02	8	11.2
MDEA	6	8	11.5
MEA	5.84	8	11.3

وبناءً على مواصفات المحاليل تم احتساب تكاليف الطاقة ومعدل الانبعاثات

الجدول (4) تكاليف الطاقة والأمين ومعدل الانبعاثات السنوي

المحلول	تكاليف الطاقة والأمين السنوية Dollar/year	معدل انبعاثات BTEX السنوية Ton/year
DEA	2230648	60
MDEA	2158797	24
MEA	1070509	62

وبعدها تم دراسة تأثير زيادة عدد مراحل الامتصاص من 8 إلى 9 في البرج الذي يستخدم MDEA وكمية الزيادة اللازمة في معدل دوران الأمين وكمية الزيادة في معدل انبعاثات BTEX وكانت النتائج كالتالي:

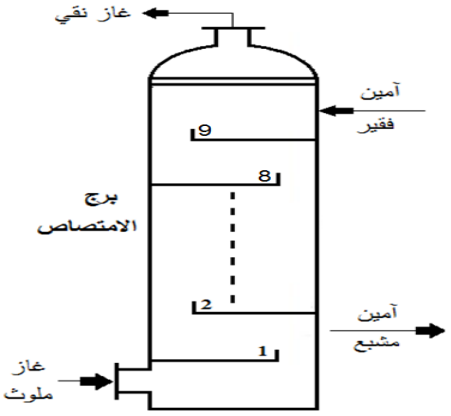
الجدول (5) نسبة كبريتيد الهيدروجين وحجم برج الامتصاص عند زيادة عدد مراحل الامتصاص في البرج الذي يستخدم محلول MEDA

عدد المراحل	المحلول	نسبة H2S في الغاز المنتج Ppm	ارتفاع برج الامتصاص (m)	حجم برج الامتصاص (m^3)
8	MDEA	50	6	11.5
9	MDEA	20	6.81	13

الجدول (6) تكاليف الطاقة والأمين ومعدل الانبعاثات السنوي عند زيادة عدد مراحل الامتصاص في البرج الذي يستخدم محلول MEDA

عدد المراحل	المحلول	تكاليف الطاقة والأمين السنوية Dollar/year	معدل انبعاثات BTEX السنوية Ton/year
8	MDEA	2158797	24
9	MDEA	2179972	25

تتم أضافة مرحلة الامتصاص من أعلى البرج بعد زيادة ارتفاع البرج وبنفس البعد السابق بين الصواني.



الشكل(9) توضع الصواني في برج الامتصاص بعد زيادة عدد المراحل (الصواني)

4 . الاستنتاجات:

في حالة بئر دير عطية وفي عملية تحلية الغاز أن الآمين (MEA) هو الأقل من حيث التكاليف السنوية.

أن أقل آمين تلويثاً هو (MDEA) حيث يظهر معدلات منخفضة من ال BTEX عند معدل دوران MDEA المطلوب.

وفي عملية تحلية الغاز وعند معدلات التدفق المنخفضة كما حالتنا هذه تكون الفروق في التكاليف السنوية صغيرة نسبياً لذلك يفضل استخدام الغليكول الأقل تلويثاً وهو MDEA.

بزيادة عدد مراحل الامتصاص (الصواني) من 8 إل 9 نحصل على نقاء أعلى للغاز من كبريتيد الهيدروجين من

50ppm إلى 20ppm ولكن يؤدي ذلك إلى زيادة التكاليف السنوية من خسائر الأمين والطاقة والتكاليف التأسيسية.

يمكننا تخفيض نسبة كبريتيد الهيدروجين إلى نسب قريبة من الصفر بزيادة عدد مراحل الامتصاص ومعدل دوران الأمين ولكن كمية كبريتيد الهيدروجين الموصى بها من 20 إلى 50 جزء في المليون وحصلنا على القيمة الدنيا وهي 20 ppm بزيادة مرحلة واحدة فقط من مراحل الامتصاص لكن ترتب أيضاً زيادة كمية محلول الامتصاص المطلوبة وزيادة معدل انبعاثات BTEX لذلك لايفضل تخفيض نسبة H2S إلى مادون ذلك لمايترتب عليه من تكاليف أضافية غير ضرورية وزيادة بمعدلات BTEX من جهة أخرى.

أن مدة أنجاز هذه التحسينات تتعلق فقط بالمدة المطلوبة لزيادة عدد مراحل الامتصاص وبالتالي ارتفاع البرج وهي مدة قصيرة لا تتجاوز الاسبوع بالإضافة إلى أنها لا تعيق عمل البرج كون عمليات اللحام الأجزاء الجديدة تتم بشكل منفصل عن البرج.

المقترحات:

دراسة استخدام محاليل امتصاص ملوثات جديدة مثل السلفولان والميثانول ومقارنتها مع محاليل الامتصاص الشائعة.

دراسة اقتصادية لزيادة عدد مراحل الامتصاص وعند أي عدد من المراحل نحصل على أعلى مردود.

دراسة استخدام الأعمدة ذات الحشو في التحلية والتجفيف ودراسة فعاليتها بالمقارنة مع الأعمدة ذات الصواني.

الخاتمة:

يبقى العامل الرئيسي في اختيار محاليل معالجة الغاز الطبيعي وحجم الأبراج هو مدى تقدم الدول وشروطها البيئية، ففي الدول المتقدمة ذات الشروط البيئية الصارمة يبقى العامل البيئي هو الحاسم مهما زادت تكاليف رأس المال والتكاليف السنوية بينما في الدول ذات الشروط البيئية الأقل يكون الفرق في التكاليف هو العامل الحاسم، بالإضافة إلى أن تكاليف رأس المال والتكاليف السنوية تنخفض أيضاً مع تقدم الدول المُصنِعة وتوافر المواد الأولية والقدرة على تصنيعها محلياً أو استيرادها بأقل التكاليف.

وفي النهاية للتلوث آثار خطيرة لا يمكن تقدير تكلفتها كالضرر بصحة الأنسان وانتشار الأمراض الخطيرة كالسرطانات وانحسار الغطاء النباتي، لذلك يجب أن يكون العامل البيئي عامل رئيسي عند تصميم المنشآت الخاصة بمعالجة الغاز الطبيعي.

التمويل: هذا البحث ممول من جامعة دمشق وفق رقم التمويل(501100020595).

(References):

1- Jirjees, A. Y. (2018). Natural Gas Prices and Calorific value. ResearchGate. 5.

2- Speight, J. G. (2018). Natural Gas. Gulf Professional Publishing. 449.

3- Ghasem, N. (11, 06, 2019). Modeling and Simulation of the Absorption of CO2 and NO2 from a Gas Mixture in a Membrane Contactor. Processes. No: 441. p- p: 1- 12. Al-Ain: United Arab Emirates. MDPI.

4- Da Cunha, G. P. (2022). Carbon Capture from CO2-Rich Natural Gas via Gas-Liquid Membrane Contactors with Aqueous-Amine Solvents. MPDI. 99-133.

5- Collie, J. (1998). An Analysis of BTEX emissions from Amine Sweetening and Glycol Dehydration Facilities. Bryan Research and Engineering. 2-11.

6- Wilbur, S. (2004). INTERACTION PROFILE FOR Benzene-Toluene-Ethylbenzene and Xylenes BTEX. U.S. Department of Health and Human Services. 137.

7- Senger, G. (2012). Impact of Foam to Column Operation. *Technical Transactions*. 210-222.

8- Andrews, K. (2023). Gas Absorber Tower: How the 3 Types Work to Dehydrate Your Natural Gas. KIMRAY. 15/4/2023. https://kimray.com/training/gas-absorber-tower-how-3-types-work-dehydrate-your-natural-gas

9- Modi, C.K. (2020). Gas-Liquid operations Equipment. *SRICT*. 1-76.

10- Al-Said, N. M. O. (2011). Design and Control of a Packed Absorption Column of H2S Form H2S–air Gas Mixture. Gezira University. 64.

11- Makki, D. S. (2005). Studying The Control of Absorption Column. Nahrain University. 91.