Refrigeration

1: Applications - Refrigerants

Dr. Wameedh. T.M. Al-Tameemi

Introduction

إن أول من وضع فكرة التثليج الميكانيكي الطبيب وليم كالن في اسكتلندا عام ١٧٤٨ وكان أول من وضع تصميم آلة تثليج ميكانيكية.
حصل الدكتور جون كوري على براءة اختراع عام ١٨٥١ في الولايات المتحدة الأمريكية، وظهرت وسائل التثليج بالضاغط الترددي حوالي عام ١٨٨٠ وشاع استعمالها في صناعات الثلج وتعليب اللحوم والاسماك كما أصبحت مهنة التثليج معترفا بها عندما اسست أول جمعية في الولايات المتحدة الأمريكية عام ١٩٠٤ باسم الجمعية الأمريكية لمهندسي التثليج.
ومع تطور صناعة المحركات الكهربائية الصغيرة وظهور موائع التثليج الكاربونية الفلورية الكلورية (CFCs) انتشرت صناعة الأجهزة المنزلية وأجهزة تكييف الهواء وانطلقت صناعة التثليج بشكل متصاعد بعد الحرب العالمية الثانية لتشمل جميع مجالات الحياة الانسانية والاقتصادية والصناعية والتجارية ولتغطي تطبيقات لاحصر لها في شتى ميادين النشاط الأنساني.

Applications

١- **الأجهزة المنزلية** (Domestic units) **:** تتسم اجهزة التثليج المنزلي بمحدودية المجال إذ تقتصر على الثلاجات والمجمدات وبرادات الماء ومكيفات الهواء الجدارية و المنفصلة (split air conditioner) . وتكون الأجهزة المنزلية صغيرة الحجم وقليلة الاستهلاك للقدرة الكهربائية.

يتألف جهاز التثليج المنزلي الحديث من الاجزاء الرئيسة الآتية:

١. بدن الجهاز أو الغلاف.

٢. منظومة التثليج وتتألف من الضاغط والمكثف وأداة التمدد والمبخر.

٣. الدائرة الكهربائية.

Applications

إن بدن الجهاز يعمل كغلاف خارجي وداخلي للمنظومة مع ماتحويه من رفوف ومجارير وغيرها أو شباك دفع وسحب الهواء في مكيفات الهواء. ومن هنا يأتي التباين في تصميم الشركات المختلفة لارضاء حاجات وأذواق المستهلكين. أما منظومة التثليج فعملها الأساس واحد في جميع هذه الأجهزة ولكن يجب الانتباه الى ان الأجهزة الصالحة للعمل في العراق وفي الأجواء الحارة يجب أن تكون مصممة لهذه الأجواء. حيث تتسم بمكثف أكبر أعتياديا لطرح الحرارة في محيط من الهواء الحار وان تكون ملفات الضاغط ذات عازلية أكبر للعمل بأمان بدرجات حرارة أعلى مما هو الحال في المناطق معتدلة المناخ.

Applications

٢- تكييف الهواء (Air Conditioning)

يتضمن تكييف الهواء بمعناه الواسع السيطرة على درجة حرارة الهواء ورطوبته ونقاوته وطريقة توزيعه بما يتلاءم مع متطلبات التطبيق المطلوب. ولايستعمل تكييف الهواء لتهيئة ظروف ملائمة لراحة الانسان فقط وإنما أصبح ملازما لكثير من العمليات الصناعية والزراعية بهدف زيادة الانتاج وتحسينه وكذلك حفظه. ويمكن في العموم تقسيم تطبيقات تكييف الهواء الى نوعين، تكييف الهواء لراحة الانسان (comfort air conditioning) وتكييف الهواء للأغراض الصناعية (industrial air conditioning). ومن المنشآت المثالية لتكييف الهواء للراحة المنازل والمدارس والمكاتب ودور العبادة والمجمعات التسويقية والمباني العامة والمستشفيات والمصانع ووسائط نقل المسافرين المختلفة وغير ذلك،

Applications

تصنف تطبيقات تكييف الهواء التي غايتها الأساس ليس تكييف الهواء لراحة الأنسان بأنها تكييف هواء صناعي. ولكن هذا لايعني أن التطبيقات الصناعية لاتتضمن تكييف هواء للراحة بل العكس من ذلك فقد تشمله مع المقصد الصناعي للتطبيق، وفي الوقت نفسه. ويمتد مجال درجات حرارة المبخر في منظومات التثليج المستعملة لتكييف الهواء الصناعي من درجات حرارة مرتفعة نسبيا كما في تطبيقات المضخات الحرارية ((heat pump إذ قد تصل 38°C، الى درجات حرارة منخفضة جدا قد تصل 70 °C- كما في تكثيف غاز الكلور [3]. ويمكن تلخيص الغاية من تكييف الهواء للأغراض الصناعية بالتطبيقات الآتية:

1. السيطرة على المحتوى الرطوبي للمواد المسترطبة.
2. التحكم بمعدل التفاعلات والتغيرات الكيميائية والبيوكيميائية.
3. الحد من تغير حجم المنتوجات ذات الأبعاد الدقيقة بسبب التمدد والتقلص الحراري.
4. تهيئة الهواء المرشح النظيف والنقي اللازم لسير عمليات تصنيع المنتوجات النوعية المنتقاة وبدون مشاكل.

Applications

٣- تصنيع الاغذية (Food Manufacturing)

بدأ استعمال التثليج ومنظومات التثليج الميكانيكية لحفظ الأطعمة أواخر القرن التاسع عشر وبصورة خاصة لتجميد الأسماك. وتعد طريقة التثليج أو التجميد الطريقة الأقل كلفة لحفظ الأطعمة والأقل استهلاكا للطاقة مقارنة مع طريقة التعليب في الوقت الحاضر[3]. ويستعمل الهواء المثلج لحفظ الفواكه والخضراوات ومنتوجات الألبان واللحوم بأنواعها في مختلف مراحل تحضير هذه المنتوجات ولحين وصولها الى المستهلك. في حين يستعمل الهواء المثلج بدرجات حرارة منخفضة جدا تصل الى $20\ ^{o}C$ – لتجميد المنتجات الغذائية. ويمكن تقسيم أجهزة التجميد (freezing equipment) الى أربعة أنواع تبعاً لطريقة استخلاص الحرارة من المنتوج وكالآتي [3]:

1. التجميد بالهواء اللافح (الصاعق) (air–blast freezing) حيث يدور هواء مثلج حول المنتوج بسرعة عالية لسحب الحرارة منه ثم يعاد تثليجه في مبخر منظومة التثليج.
2. التجميد بالتلامس (contact freezing): حيث يوضع المنتوج المعلب وغير المعلب على أوعية حافظة معدنية مثلجة لسحب الحرارة من المنتوج ويتحقق تثليج الأوعية الحافظة بمائع يدور في منظومة التثليج.
3. التجميد بالتغطيس (immersion freezing): حيث يغطس المنتوج في محلول ملحي (brine) مثلج ويقوم مبخر منظومة التثليج بتثليج المحلول.
4. التجميد الزمهريري (cryogenic freezing): حيث يتعرض المنتوج الى جو بدرجات حرارة أوطأ من $60\ ^{o}C$ – وذلك برش النيتروجين السائل أو ثنائي أوكسيد الكاربون السائل على المنتوج في حجرة التجميد.

Applications

٤- النقل المبرد والمجمد (Refrigerated and cooled transport)

إن الحاجة الى نقل المواد الغذائية القابلة للتلف من مكان الى آخر ضمن سلسلة انتاجها وتصنيعها وتوزيعها أوجبت وجود وسائل نقل مبردة ومجمدة. وقد اتسع نطاق استعمال النقل المبرد والمجمد مع تقدم مستوى المعيشة للناس والتزايد المطرد للتجارة العالمية للمواد الغذائية الطازجة والمصنعة. ويمكن تقسيم سيارات النقل والشاحنات والحاويات المبردة والمجمدة الى أربعة اصناف [3] :

1. شاحنات وحاويات النقل على الطرق السريعة وسكك الحديد.
2. حاويات النقل البحري.
3. برادات النقل قصير المسافة.
4. برادات وشاحنات التوزيع على منافذ البيع.

كما يمكن تقسيم درجات الحرارة السائدة في التطبيقات المختلفة الى أربعة مجالات كالآتي:

1. 13 °C الى 21 °C للنقل المكيف.
2. 0 °C الى 5 °C وهو المجال المتوسط لدرجات الحرارة لنقل المواد الطازجة القابلة للتلف.
3. 2- °C الى 0 °C للحوم الطازجة.
4. 18 °C – وهو المجال الواطئ لدرجات الحرارة لنقل المواد المجمدة.

Applications

٥- العمليات الصناعية (Industrial processes)

يعني مصطلح التثليج ازالة حرارة غير مرغوب فيها من جسم معين أو حيز معين أو مادة معينة ونقل تلك الحرارة ثم طرحها في مكان آخر. وازالة الحرارة في أثناء عمليات صناعية أو تصنيع منتوج معين أو للحفاظ على استمرارية خط انتاجي أو في أحد مراحل الانتاج لمادة مصنعة هو أمر شائع ومصاحب لتطبيقات لا حصر لها. فأينما وجدت حرارة فائضة تجد معها عملية تثليج أو تبريد بصورة مباشرة أو غير مباشرة على وفق متطلبات العملية الصناعية.

١. صناعة الادوية Pharmaceutical industry

تمتاز صناعة الأدوية بدقتها وحدودها الحرجة في كل من التفاعلات الكيميائية ودرجات الحرارة التي تجري بها عمليات أنتاج الأدوية المختلفة ناهيك عن مستوى النظافة والطهارة الفائقة في أثناء عمليات تصنيع الأدوية،الصلب منها كالحبوب والمساحيق والسوائل مثل الاشربة والمصول. وتعد صناعة الأدوية جزءاً من الصناعات الكيميائية الأوسع التي تشمل ابتداءً من مواد عامة مثل الحوامض واللدائن (البلاستيك) الى صناعات متفردة لنوع واحد من المنتوج النادر. وهناك خصوصيات تميز منظومات وأجهزة التثليج لهذه الصناعة عن باقي منظومات وأجهزة التثليج. أولاها أن منظومات التثليج لهذه الصناعة هي منظومات مفردة غير نمطية تصنع خصيصاً للعملية الكيميائية المطلوبة. وثانيها أن الأجهزة التجارية النمطية لا تصلح وغير مقبولة في معظم الأحيان لهذه العمليات الصناعية المتخصصة.

Applications

ينبغي على مهندس التثليج المختص عند تصميمه لمنظومة التثليج المطلوبة أن يطلع تماما على حيثيات العملية الكيميائية وأن يناقش تفاصيلها مع المهندسين المختصين. ومن المهم اعداد مخطط انسيابي للعملية الكيميائية من بدايتها الى نهايتها ويكون هذا المخطط بمثابة خارطة طريق لتصميم منظومة التثليج وتوابعها من مبادلات حرارية وأجهزة تبريد هواء ومرشحات وغير ذلك. وعلى مهندس التثليج أن يكون ملماً بالأمور التالية قبل بدئه تصميم المنظومة.

1. تفاصيل العملية أو العمليات والتفاعلات الكيميائية.
2. فلسفة انتاج المنتوج وكمياته وخط الانتاج.
3. الأحمال الحرارية الناتجة ومكامنها.
4. درجات الحرارة المطلوبة في أثناء عملية أو عمليات الانتاج.
5. حدود المرونة في تغيير عملية الانتاج وتطويرها.

Applications

6. أخطار التلوث والسمية والانبعاثات الضارة.
7. احتماليات شبوب حريق في أثناء العملية أو مخاطر الانفجار.
8. امكانية حصول التآكل ودور التثليج للحد منه.
9. اعتبارت الصيانة للخط الانتاجي ولمنظومة التثليج.
10. جعل اجهزة التثليج آلية وتلقائية العمل (أوتوماتيكية) ومتوافقة مع العملية الصناعية.
11. امكانية استرجاع الطاقة وترشيدها.

كما ان لكل عملية تصنيع كيميائية ومنها الأدوية خصوصيتها، ويجب أن تدرس جميع المتغيرات مع مهندسي الانتاج ومهندسي المهن الأخرى ذات العلاقة بالعملية وأن تثبت ضمن المخطط الانسيابي قبل تصميم منظومة التثليج المناسبة.

Applications

٢. الصناعات الانتاجية Manufacturing industries

تمتاز الصناعات الإنتاجية بالقدرات والسعات الكبيرة لمنظومات التثليج حيث تصل الى عدة آلاف من أطنان التثليج بحسب سعة العملية الصناعية. وتأتي الحاجة الى التثليج والى درجات الحرارة الواطئة للتخلص من الحرارة المصاحبة لمعظم عمليات التصنيع والانتاج الصناعي. ويمكن تلخيص احتياجات الصناعات الإنتاجية الى منظومات التثليج في أربعة اشياء، (1) ماء بارد أو مثلج (2) محلول ملحي بارد أو مثلج (3) بيئة مثلجة دون الصفر المئوي بكثير (4) هواء بارد لتبريد المنتوج أو الأجهزة الإنتاجية أو لتكييف الهواء.

يمكن استعمال أجهزة التثليج النمطية كبيرة السعة مع الصناعات الإنتاجية اعتياديا لأجل الاقتصاد في الماء أو المحلول الملحي المثلج أو لأغراض تكييف الهواء لتلك الصناعة. كما يمكن تصميم منظومات تثليج متخصصة لبعض العمليات الإنتاجية وعندئذٍ يتوجب مراعاة مانصت عليه الفقرة السابقة. وان اهم العوامل المؤثرة في إختيار وتصميم منظومات التثليج لأغراض الصناعات الإنتاجية هي:

Applications

1. عمل المنظومة طول أيام السنة مع ارتفاع وانخفاض درجات الحرارة الخارجية.
2. احتمال تباين كبير في الحمل ولفترات قصيرة مما يعني ضرورة توافر قدرة التثليج كاملة مع تغير الحمل من 0% الى 100%.
3. السيطرة على التجمد وتكون الجليد في المنظومة مع تطبيقات التشغيل المستمر .
4. تغير قابلية الزيت على الامتزاج بمائع التثليج نتيجة تغير درجات حرارة التشغيل.
5. إختيار وسيط التبريد الذي قد يكون (1) مائع التثليج في ملف تمدد مباشر أو (2) مائع تثليج في مبخر مطفح أم (3) مائع تثليج ثانوي (محلول ملحي أو الكحول أو غليكول(glycol))).
6. فعالية المنظومة ودائميتها (ادامتها).
7. متطلبات ضغوط التشغيل وتشمل إختيار مائع التثليج، ونوع المنظومة مثل منظومة بمرحلة واحدة أو متعددة الضواغط (compound) أو متعاقبة (cascade).

ويقوم مهندس التثليج المصمم بناء على المتطلبات المذكورة آنفاً وأمور أخرى خاصة بتلك الصناعة الإنتاجية، بإختيار أكثر الأجزاء والأجهزة ملاءمة التي قد تكون تجارية نمطية أو قد تصمم خصيصا لذلك التطبيق.

Applications

3. الصناعات الالكترونية Electronic Industries

عند ظهور الدوائر الكهربائية المتكاملة أو المدمجة ((integrated circuit وصناعة أشباه الموصلات واتساع نطاق تطبيقها وانتاجها ظهرت معها ضرورة اتقان جودتها ودوام عملها ودقة صناعتها مع وجود تنافس شديد بين الشركات الصانعة. وهنا ظهرت الحاجة الى تصميم أجزاء هذه الدوائر في بيئة مكيفة شديدة النقاوة. ويقال أن نقاوة الهواء المطلوبة لمختبرات انتاج هذه الدوائر أكثر من نقاوة هواء صالات العمليات بمرات عديدة. اضافة الى ذلك هناك سيطرة شديدة على رطوبة الهواء لحماية الأجزاء الدقيقة من هذه الدوائر وسطوح التوصيلات من التأكسد أو التلف اذا ما تعرضت الى رطوبة عالية.

يتبين من ذلك أن الحاجة في هذه الصناعة هي أجهزة تكييف هواء متخصصة. وهذا يعني أن منظومة التثليج التي تلبي حاجة نظام تكييف الهواء تكون مصممة لذلك الغرض. وتتحقق السيطرة على رطوبة الهواء بواسطة ملف التبريد وازالة الرطوبة. أما التحكم في نقاوة الهواء فيتحقق عادة باستعمال مرشحات خاصة تسمى مرشحات هواء دقائقي عالية الفعالية(High efficiency particulate air – HEPA- filters) لضمان بيئة مكيفة بالمواصفات المطلوبة.

Applications

4. الاستعمالات الاخرى Other Applications

ان استعمالات التثليج تكاد لاتحصى، فحيثما كانت هناك حاجة لازالة الحرارة أو تبريد أو تثليج شيء ما نشأت الحاجة الى التثليج. ومنها استعمالات ترفيهية مثل حلبات التزلج على الجليد وصالات لعب الهوكي على الثلج، واستعمالات طبية مثل حفظ المصول والدم والأنسجة بدرجات حرارة منخفضة جدا، واستعمال التثليج في معاملة المعادن بدرجات حرارة واطئة، وإستعمالات لازالة الحرارة الناتجة من التفاعلات الكيميائية والحرارة الناتجة من تصلب الخرسانة وخاصة في الهياكل الخرسانية الكتلية مثل الأسس والأعمدة الكبيرة وأبدان السدود، واستعمالات لتهيئة أجواء خاصة في غرف ومنشآت اختبار معينة وهكذا.

Refrigerants

١. موائع التثليج وخواصها المرغوبة Refrigerants and desired properties

يعرف مائع التثليج (refrigerant) أنه مائع في دورة التثليج يقوم بامتصاص الحرارة من حيز معين عند درجة حرارة واطئة ثم يطرح هذه الحرارة الى حيز آخر عند درجة حرارة أعلى [1]. وليس هناك ما يمكن تسميته مائع تثليج مثالياً، إذ لا يستطيع مائع واحد تغطية كافة مجالات الاستعمال [2]. إنما هناك أنواع من موائع التثليج لكل منها محاسنه ومساوئه وما يتلاءم منها مع إستعمال معين اكثر من غيره. ويختار مائع التثليج الذي تتوافر فيه أكثر المحاسن مع الإستعمال المطلوب وأدنى قدر من المساوئ مقارنة مع موائع التثليج الأخرى. ومن الخواص المرغوبة والضرورية التي يفضل أن تتوافر في مائع التثليج التالية [5,4,3] :

Refrigerants

1. درجة حرارة غليان واطئة.
2. درجة حرارة حرجة مرتفعة.
3. حرارة كامنة للتبخر عالية.
4. حرارة نوعية واطئة للسائل.
5. حجم نوعي واطئ للبخار.
6. غير مسبب لصدأ المعادن.
7. غير قابل للاشتعال والانفجار.
8. غير سام.
9. قليل الكلفة
10. سهل التحول الى سائل بضغط ودرجة حرارة معتدلين.
12. قابل للاكتشاف عند التسرب سواء برائحته أو باحدى طرائق كشف التسرب.
13. يختلط جيداً مع زيت تزييت الضاغط.

هناك خواص أخرى، كهربائية وذات علاقة بالصوت واخرى كيميائية يمكن الرجوع اليها في المرجع[١] وأما ما ذكر آنفا فيمثل أهم الخواص. ومنذ الثمانينات من القرن الماضي أعطيت الخواص البيئية لموائع التثليج أهمية استثنائية خاصة بما يتعلق بقابليتها على استنفاد الأوزون.

Refrigerants

٢. التصنيف والترميز التقليدي (Traditional coding and classifications)

هناك أكثر من تصنيف لموائع التثليج تأريخياً. فمنهم من يقسمها الى موائع تثليج أساسية (primary) واخرى ثانوية (secondary). فالأساسية هي موائع التثليج العاملة في دورة التثليج في حين أن الثانوية هي الموائع التي يبردها أو يثلجها مائع التثليج الأساسي ومن ثم تستعمل لأغراض التبريد[4]. وهناك تصنيف آخر يقسمها الى قسمين بحسب طريقة اشتقاقها صناعيا. فالصنف الأول هو موائع التثليج المصنعة (synthetic) وهي مشتقات الهيدروكاربونات بمعظمها، والثاني هو موائع التثليج غير المصنعة أو الطبيعية مثل الهيدروكاربونات وثنائي أوكسيد الكاربون والأمونيا والماء والهواء وغيرها. وهناك تقسيم آخر أكثر شيوعاً تصنف فيه موائع التثليج الى أربعة أصناف هي:

1. الهيدروكاربونات المهلجنة (halogenated hydrocarbons).
2. الهيدروكاربونات الطبيعية (natural hydrocarbons).
3. موائع التثليج اللاعضوية (inorganic refrigerants).
4. الخلائط (azeotropes and zeotropes).

Refrigerants

١. الهيدروكاربونات المهلجنة (Halogenated hydrocarbons)

الهيدروكاربونات المهلجنة موائع تثليج مصنعة من مركبي الميثان (CH_4) والايثان (C_2H_6) وذلك باستبدال بعض ذرات الهيدروجين أو جميعها بعدد ذرات مماثل من واحد أو أكثر من الهالوجينات كالكلور والفلور والبروم. ولا يستعمل الهالوجين الرابع وهو اليود. وتغير ذرات الهيدروجين غالبا بذرات الكلور والفلور ونادرا ما تحل ذرات البروم محلها. وتسمى الهيدروكاربونات المهلجنة بالهالوكاربونات (halocarbons) اختصاراً.

تأخذ مشتقات الميثان رقمين بعد حرف R ابتداءً بمائع التثليج R-11 وانتهاء بالميثان R-50 على وفق نظام الترقيم في الفصل 2–2. وتأخذ مشتقات الايثان ثلاثة ارقام تبدأ كلها بالرقم 1 أي مئة واحدة ابتداء من R-113 وانتهاءً بالايثان R-170. الهالوكاربونات هي أكثر موائع التثليج انتاجاً واستعمالاً في مواقع لاحصر لها صغيرة ومتوسطة وكبيرة جداً.

Refrigerants

٢. الهيدر وكاربونات الطبيعية (Natural hydrocarbons)

تستعمل الهيدروكاربونات الطبيعية غالباً في المنظومات الصناعية والتجارية الكبيرة. وهي ذات خواص فيزيائية وحرارية جيدة ولكنها قابلة للاشتعال والانفجار. وتستعمل بصورة خاصة في منظومات التثليج ذات درجة الحرارة الواطئة مثل $50\ ^{o}C$- فما دون. وأكثرها استعمالاً الايثان والميثان والبروبان والبيوتان. وقد قل استعمالها في النصف الثاني من القرن الماضي لتوافر الهالوكاربونات الأمينة غير القابلة للاشتعال. ولكن هناك عودة لها حالياً بسبب الأضرار البيئية مثل الاحترار العالمي واستنفاد الأوزون.

Refrigerants

٣. المركبات اللاعضوية (Inorganic compounds)

إن موائع التثليج اللاعضوية هي مركبات طبيعية لاتحتوي في تركيبها الكيميائي على الكاربون مثل الماء والهواء والأمونيا وثنائي اوكسيد الكاربون وغيرها كما في الجدول (2-1/2). وكانت موائع التثليج هذه شائعة الاستعمال في التطبيقات الصناعية الأولى مطلع القرن العشرين ولكن بعد صناعة الهالوكاربونات في الثلاثينات من القرن الماضي قل استعمالها بصورة كبيرة. ولكن بسبب أزمة استنفاد طبقة الأوزون والاحترار العالمي حصل توجه عام للعودة الى هذه المركبات ومن أبرزها الأمونيا وثنائي أوكسيد الكاربون.

Refrigerants

٤. الخلائط (Mixtures)

خلائط موائع التثليج نوعان. الأول هو الأقدم ويسمى الأزيوتروب (azerotrope) وهو خليط متجانس من اثنين أو اكثر من موائع التثليج ذات درجات حرارة غليان مختلفة وبحيث لاتتغير نسبة الخلائط عند تبخره أو تكثفه تحت ضغط ثابت. أي ان الخليط لايتجزأ لمكوناته عند التبخر والتكثف وإنما يتبخر ويتكثف كمادة واحدة. ويرمز لخلائط الأيزوتروب بالأرقام R-500 فما فوق. أما النوع الثاني، وفيه غالبية الخلائط الجديدة البديلة لموائع التثليج المسببة لاستنفاد الأوزون أو الاحترار العالمي، فهو الزيوتروب (zeotrope) وهو مزيج يتألف من اثنين أو اكثر من مواد مختلفة التطاير (volatile) التي يتباين تركيبها (نسب الخلط) عند تبخرها (غليانها) أو تكثفها (تسييلها) عند ضغط معين. ويرمز لخلائط الزيوتروب بالأرقام R-400 فما فوق، ومكونات خليط أي زيوتروب هي موائع تثليج أصلاً. والزيوتروب البديل لا يحتوي عادةً على ذرات كلور في مكوناته.

Refrigerants

أزمة طبقة الأوزون (Crisis of ozone layer)

تم رصد نقصان كمية الأوزون فوق القطب الجنوبي للكرة الأرضية بداية ربيع 1980 من خلال البحث والرصد في القطب الجنوبي. وأصبحت هذه الظاهرة معروفة في الأوساط العلمية وعند عامة الناس بعد ما قام ثلاثة علماء بريطانيين بنشر نتائج قياساتهم ومسوحهم للأوزون في منطقة القطب الجنوبي عام 1985. ثم أكدت قياسات الأقمار الصناعية حدوث انحلال في أوزون طبقة الستراتوسفير. وجاء مصطلح ثقب الأوزون ((Ozone hole نتيجة صور الأقمار الصناعية لطبقة الأوزون فوق منطقة القطب الجنوبي[7].

أهمية طبقة الأوزون البيئية والمناخية والصحية

الأوزون غاز طبيعي موجود في الجو. وتتركب جزيئة الأوزون من اتحاد ثلاث ذرات من الأوكسجين، ويمثل بالصيغة الكيميائية O_3. ويتواجد الأوزون في منطقتين من الغلاف الجوي أولاهما طبقة التروبوسفير (troposphere) القريبة من سطح الأرض حيث يتواجد بنسبة بحدود 10%، في حين يتواجد بنسبة 90% الباقية في طبقة الستراتوسفير (stratosphere) التي تدعى بطبقة الأوزون (ozone layer) [7]. ويتراوح ارتفاع طبقة التروبوسفير من الأرض الى 11 كيلومتراً أو اكثر فوق سطح الأرض أما طبقة الستراتوسفير فارتفاعها يتراوح بين 11 الى 48 كيلومتراً فوق سطح الأرض. أما نسبة الأوزون في الهواء فهي بحدود 20 الى 100 جزيئة أوزون في البليون جزيئة هواء في طبقة التروبوسفير وترتفع الى 12000 جزيئة مقابل بليون جزيئة هواء في طبقة الستراتوسفير [8] .

Refrigerants

يقوم الأوزون في طبقة الستراتوسفير بامتصاص الأشعة فوق البنفسجية الضارة بالصحة العامة والبيئة ويسمى بالأوزون المفيد (good ozone). أما أوزون طبقة التروبوسفير فيعد ملوثا للهواء ومؤذيا للصحة والبيئة. ويعد أوزون طبقة الستراتوسفير الدرع الواقي ضد الأشعة فوق البنفسجية الضارة بالحياة والبيئة.

يمثل الأوزون القريب من سطح الأرض وفي طبقة التروبوسفير ملوثا مقلقا للبيئة والمناخ. إذ انه مكون للضباب الدخاني الضوئي الكيميائي (photo chemical smog) وكذلك المطر الحامضي. وترتفع نسبة غاز الاوزون في هذه الطبقة نتيجة فعاليات الانسان الصناعية. لذا فان العمل على تقليل الملوثات الكيميائية على سطح الأرض والحد من حرق الوقود الأحفوري سيؤدي الى تقليل المتحرر من أكاسيد النيتروجين NO_x وأكاسيد الكبريت SO_x، كما إن تناقص كمية المركبات العضوية المتطايرة يؤدي الى قلة كمية الاوزون المتكون بالقرب من سطح الأرض ومن ثم الحد من التلوث البيئي والامطار الحامضية [7].

Refrigerants

تآكل طبقة الاوزون (Ozone depletion)

هناك اجماع عالمي يؤيد النظرية القائلة ان المواد الكيميائية المصنعة المحتوية على الكلور والبروم والمنبعثة الى الجو هي المسؤولة عن تآكل واستنفاد الأوزون في طبقة الستراتوسفير[9]. ويتحقق ذلك بأن تتفكك جزيئة الأوزون الثلاثية الى جزيئة أوكسجين اعتيادية وذرة أوكسجين حرة نتيجة سلسلة تفاعلات كيميائية ضوئية مع الكلور أو البروم أو أكاسيدهما في طبقة الستراتوسفير [7].

عند انبعاث مواد مصنعة تحتوي على الكلور أو البروم فانها تجد طريقها اولا الى طبقة التروبوسفير بفضل الرياح والتقلبات المناخية. وفي هذه الطبقة اما أن يسقط قسم منها مع الأمطار والثلوج الى الأرض أو ان يصعد بعضها بفعل تيارات الهواء الحار الصاعد الى طبقة الستراتوسفير. وبفعل الأشعة فوق البنفسجية ستنطلق ذرات حرة من الكلور أو البروم من مركباتها الأصلية. ثم تحصل سلسلة التفاعلات الكيميائية الضوئية بين هذه الذرات وأكاسيدها مع الأوزون مما يسبب تفكك الأوزون. وبامكان هذه الذرات الحرة ان تكرر سلسلة تفاعلاتها عدداً كبيراً من المرات مع الأوزون، ليحصل تفككه أسرع بكثير من عملية تكونه مما يؤدي الى استنفاده كمحصلة نهائية. كما ان عمر البقاء (life time) لذرات الكلور والبروم في طبقة الستراتوسفير يمتد الى عشرات السنين مسببا تآكلاً مستمرا لطبقة الأوزون ما دامت هذه الذرات موجودة. ويعود جزء كبير من هذه الذرات الى الأرض مرة ثانية مع الأمطار والثلوج.

Refrigerants

المواد المستنفدة للأوزون (Ozone Depleting Substance)

هناك الملايين من اجهزة التبريد والتثليج التي تستعمل الهيدروكاربونات المهلجنة في دوراتها الميكانيكية. وعند حصول عطل ما، أو تسرب من هذه الأجهزة تنطلق هذه المركبات الى الجو وهي تحتوي على ذرة كلور أو اكثر في تركيبها الكيميائي. وبالرجوع الى الجدول (2-1/2) يمكن معرفة عدد موائع التثليج التي تحتوي على هالوجين الكلور . اضافة الى موائع التثليج هناك ما يسمى الهالونات (halons) وهي مركبات تستعمل لاطفاء الحرائق الشديدة، كما في المركبات العسكرية والطائرات وغير ذلك، وهي تحتوي على الكلور . وهناك رباعي كلوريد الكاربون (CCl_4) الذي يستعمل مذيبا في المختبرات الكيميائية، وهناك بروميد الليثيوم (methyl bromide) الذي يستعمل في تعفير التربة وبعض المحاصيل الزراعية. وهناك البخاخات الطبية (aerosols) التي تحتوي على موائع هيدروكاربونية مهلجنة مضغوطة لدفع الدواء من البخاخ وبالخصوص R-11. كما تستعمل الهيدروكاربونات المهلجنة مثل R-11 في تصنيع الرغويات العازلة. وكل هذه المواد وغيرها عند انطلاقها الى الجو يصعد جزء منها بالتدريج الى طبقة الستراتوسفير حيث تتحرر ذرات الكلور والبروم التي تسبب تفكك جزيئات الأوزون وتآكل طبقة الأوزون بالتدريج.

Refrigerants

اتفاقية فيينا (Vienna convention)

في مارس (آذار) عام 1985 عقد أول مؤتمر يهدف الى حماية طبقة الأوزون في مدينة فيينا عاصمة جمهورية النمسا. ووقع على وثيقة المؤتمر عشرون دولة ألزمت أنفسها باجراءات لحماية طبقة الأوزون من تأثيرات النشاط الصناعي للإنسان وبالخصوص الحد من انبعاثات المواد المستنفدة للأوزون. وقد مهدت هذه الاتفاقية الطريق الى بروتوكولات مستقبلية ومنهجية محددة للتعديلات ولفض النزاعات التي قد تنشأ جراء تخفيض الانبعاثات في الدول الموقعة على الاتفاقية وغيرها من الدول.

Refrigerants

بروتوكول مونتريال (Montreal protocol)

توصلت الدول الموقعة على اتفاقية فيينا الى اتفاق حول الاجراءات المحددة الواجب اتخاذها بخصوص المواد المستنفدة للأوزون وتم توقيع بروتوكول مونتريال في سبتمبر (أيلول) عام 1987. وفي ظل هذا البروتوكول اتخذت الخطوة الأساسية الأولى لحماية طبقة الأوزون، حيث تم تحديد تقليل انتاج واستهلاك بعض المواد الكاربونية الفلورية الكلورية CFC's بنسبة 50% في العام 1999. وتوالى انضمام دول العالم الى هذا البروتوكول بحيث أصبح مجموعها 195 دولة عام 2009.

وقد ظهرت تعديلات عديدة متوالية لهذا البروتوكول مع اتساع نطاق تطبيقه وظهور تحديات جديدة. ولايزال العمل جارياً في هذا البروتوكول، حيث يجتمع ممثلو الدول الأعضاء دوريا كل عام لمراجعة ومتابعة تنفيذ التزامات الدول بفقراته ولاقرار التوصيات والتعديلات الضرورية. وقد تم انشاء مايسمى الصندوق متعدد الأطراف (multilateral fund) الذي يمول من الدول الصناعية بصورة أساس، ويقدم الدعم المادي لمشاريع الدول المنضوية في البروتوكول لتمكينها من الالتزام ببنود البروتوكول، وذلك بتحديد استهلاك المواد المستنفدة للأوزون وتحويل الصناعات الى بدائل صديقة للأوزون ونقل التكنولوجيا المتعلقة بالبدائل صديقة الاوزون.

Refrigerants

نشاط العراق في حماية طبقة الأوزون (Iraq activity to protect ozone layer)

انضم العراق الى بروتوكول مونتريال واصبح طرفاً فيه في أيلول عام 2008 وكان تسلسله الدولة 193. ومنذ ذلك الحين قامت وزارة البيئة العراقية بانشاء وحدة الأوزون الوطنية ووحدة ادارة المشاريع التي تعنى بمتابعة وتنفيذ المشاريع الخاصة بالأوزون تحت رعاية منظمتي برنامج الأمم المتحدة للبيئة UNEP ومؤسسة التنمية الصناعية للامم المتحدة UNIDO. وقد شكلت العديد من اللجان ضمت عدد كبير من ممثلي الوزارات ذات العلاقة حيث قامت هذه اللجان بمسح وطني شامل للمواد المستنفده للأوزون بجميع اصنافها ووضع الخطة الوطنية لازالة هذه المواد والاستعانة بالخبرات الوطنية والدولية لتحقيق هدف إلتزام العراق بخطة التخلص التدريجي من المواد المستفدة للاوزون.

Refrigerants

التصنيف الجديد لموائع التثليج (The new classification of refrigerants)

١. المركبات الكاربونية الفلورية الكلورية (الكلوروفلوروكاربون) (Chloro Flouro Carbon – CFC–)

وهي مركبات هيدروكاربونية مهلجنة كليا تحتوي على ذرات الكاربون والفلور والكلور فقط، كما يدل اسمها عليها. وهي مواد مستنفدة للأوزون (ODS) وغازات دفيئة في آن واحد. من أبرز موائع التثليج هذه CFC-11 وCFC-12 وCFC-113 وCFC-114 وCFC-115 التي اشترط بروتوكول مونتريال بتعديلاته قيام الدول المنضوية فيه بالتخلص التدريجي منها بحلول عام 2000 ووقف انتاجها صناعيا عالميا عام 2010 [9].

٢. مركبات الهيدروكاربون الفلورية الكلورية (الهيدروفلوروكلور وكاربون) (Hydro Flouro Chloro Carbon – HCFC–)

وهي مركبات هيدروكاربونية مهلجنة جزئيا وتحتوي على ذرات الهيدروجين والكاربون والفلور والكلور فقط. ولأن هذه المركبات تحتوي على ذرات الكلور فهي تسهم في استنفاد الأوزون وهي أيضا ضمن الغازات الدفيئة. ومن ابرز موائع التثليج هذه HCFC-22. لم تكن هذه الموائع خاضعة للازالة في بروتوكول مونتريال الأصلي، ولكن ظهرت تعديلات بعد عام 2000 للتخلص التدريجي من HCFC-22 بحلول عام 2030.

Refrigerants

٣. مركبات الهيدروكاربون الفلورية (الهيدروفلوروكاربون) (Hydro Flouro Carbon – HFC–).

وهي مركبات هيدروكاربونية مهلجنة تحتوي على ذرات الهيدروجين والكاربون والفلور فقط. ولأن موائع التثليج هذه لا تحتوي على الكلور أو البروم أو اليود فهي لا تستنفد طبقة الاوزون. ولكنها كغيرها من الهيدروكاربونات المهلجنة غازات دفيئة قوية. ومن أبررزها HFC-23 و HFC-134a و HFC-152a. وموائع التثليج هذه كغيرها خاضعة للازالة التدريجية في بروتوكول مونتريال وتستعمل لتركيب موائع التثليج الزيوتروبية البديلة بنسب خلط مختلفة.

٤. الهيدر وكاربونات (Hydro Carbons- HC–)

وهي مركبات طبيعية (غير مصنعة) تتألف من ذرة كاربون واحدة او اكثر محاطة بذرات الهيدروجين التي يتناسب عددها مع عدد ذرات الكاربون. ومن ابرزها الميثان HC-50 والايثان HC-170 والبروبان HC-290 والبيوتان HC-600. لأنَّ هذه المركبات صديقة للبيئة وليست دفيئة فهناك عودة لاستعمالها والتوسع في تطبيقاتها. اذ كانت قد تركت في النصف الثاني من القرن العشرين وقل استعمالها بسبب قابليتها للاشتعال والانفجار ووجود هيدروكاربونات أخرى أكثر أماناً وأفضل ملاءمة.

Refrigerants

٥. موائع التثليج الطبيعية (Natural refrigerants)

وهي مركبات موجودة في الطبيعة وغير مصنعة لأغراض جعلها موائع للتثليج. وجميعها بأرقام تسلسل 7XX وابرزها الماء R-718 والهواء R-727 والأمونيا R-717 وثنائي أوكسيد الكاربون R-744. وهناك عودة لاستعمال موائع التثليج هذه لكونها غير ضارة بيئيا ولا تستنفد الأوزون ولكن ثنائي أوكسيد الكاربون غاز دفيء وهو المرجع المكافئ للاحترار العالمي.

٦. الأوليفينات (Olefins)

وهي مركبات هيدروكاربونية أثيلينية غير مشبعة تحتوي على زوج او اكثر من ذرات الكاربون ذات الرابطة المزدوجة. والنوع الأكثر شيوعا في حقل التثليج هو الأوليفين الأحادي (mono olefin) ومعادلته الكيميائية C_nH_{2n} حيث n عدد الأوليفنات في أثناء عملية تكرير النفط الى البنزين. واكثر الأوليفينات استعمالا هو الأثيلين (ethylene) والبروبلين (propylene) والبيوتلين (butylene) [10]. ويظهر الأثيلين برقم R-1150 والبروبلين برقم R-1270 أسفل الجدول (2-1/2). الأوليفينات نادرة الاستعمال في صناعة التثليج ولكن لأنها لاتحتوي على الكلور هناك توجه لايجاد استعمالات لها أو في خلائط موائع تثليج بديلة. وظهر في الآونة الأخيرة النوعان R-1234yf و R-1234 ze كمائعي تثليج قابلين للاستعمال في منظومات تكييف هواء وسائط النقل. ومن غير المحتمل أن يلاقيا رواجاً في استعمالات اخرى لسنين عديدة [9]. وتمتاز الاوليفينات أن مكافئ استنفاد الأوزون لها يساوي صفراً.

Refrigerants

البدائل الصديقة للبيئة (Environmental friendly alternatives)

تطلب بروتوكول مونتريال الوقف التدريجي لاستعمال موائع التثليج من النوعين CFC و HCFC. ولذلك دأبت صناعة التثليج وتكييف الهواء مع شركات الصناعات الكيميائية خلال العقود الثلاثة الماضية على ايجاد موائع التثليج البديلة الصديقة للأوزون والبيئة وكذلك توطين التكنولوجيا المصاحبة لعمليات الاستبدال. وكانت النتائج الاولى انتاج خلائط مع مائع التثليج HCFC-22 ومن ثم خلائط بين موائع التثليج من النوع HFC الخالية تماماً من الكلور. وكان البديل R-134a أكثرها استعمالاً كبديل لمائع التثليج CFC-12 واسع الاستعمال. ثم ظهرت الخلائط الزيوتروبية R-404 و R-410 بداية الأمر ثم اتسعت أنواعها كما مبين في الجدول (2-2/2). ومن الضروري جداً أن يكون مكافئ استنفاد الأوزون ODP للبدائل واطئاً جدا وكذلك مكافئ الاحترار العالمي GWP, ولكن الاثنين لا يجتمعان هكذا لمعظم البدائل.

Refrigerants

جداول ومخططات موائع التثليج شائعة الاستعمال في العراق

تدرج الخواص الحرارية لمائع التثليج المشبع سواء كان سائلا أم بخارا في جداول مماثلة لجداول بخار الماء المشبع. اذ تدرج الخواص نسبة الى تسلسل متدرج لدرجات الحرارة (وما يقابله من ضغط التشبع) أو تدرج للضغط (وما يقابله من درجات حرارة التشبع). وتدرج هذه الجداول قيم حجم التشبع للسائل والبخار والمحتوى الحراري (انثالبي enthalpy) للسائل المشبع والبخار المشبع وكذلك الاختلاج (انتروبي entropy) للسائل المشبع والبخار المشبع. وهذه هي أهم الخواص، وهناك خواص أخرى مدرجة.

أما المخططات الخاصة بموائع التثليج فتسمى مخططات الضغط – المحتوى الحراري (pressure – enthalpy) أو مخططات موليير (Mollier chart). وقد أختيرت هاتان الخاصيتان في دورة التثليج الانضغاطية لكون الضغط سهل القياس وهناك عمليتان ثابتتا الضغط في دورة التثليج الانضغاطية هما التكثيف والتبخر مع العلم ان عملية تمدد سائل مائع التثليج عبر أداة التمدد تحصل بمحتوى حراري ثابت. ويحتوي المخطط على منحنيات درجات الحرارة والانتروبي والحجم النوعي. وبمعرفة أي خاصيتين من هذه الخواص، وخاصة درجة الحرارة والضغط، يمكن تعيين الحالة لدورة التثليج على المخطط وتحليل أدائها ومعرفة خصوصيات عملها ومكامن الخلل ان وجد.

References

[1] د.الجودي، خالد احمد، "***مبادئ هندسة تكييف الهواء والتثليج***"، جامعة البصرة، الطبعة الثانية، 1996.

[2] UNEP, "***Good Practices in Refrigeration Training Manual***", Dec. 1994.

[3] ASHRAE, "***1986 ASHRAE Handbook : Refrigeration System and Applications***", S.I. Ed., ASHRAE, Inc. Atlanta, Georgia, U.S.A. 1986.

[4] Smith, A.U.,"***Biological Effects of Freezing and Super-cooling***", Edward Arnold, London,1961.

[5] Virtue, R.W., "***Hypothermic Anesthesia***", Thomas, Spring Field, IL,1955.

Next: Refrigeration Processes and cycles

Thank you