



**دليل التركيب والاستخدام الآمن لمعدات تجميد الأغذية وتبريدها بالكريوجين
TD 21/17/E**

جمعية الشرق الأوسط للغازات الصناعية (MEGA)

مركز دبي التجاري العالمي، برج الشيخ راشد،

مكتب رقم ESO 20، الطابق السابع،

ص.ب: ٩٢٠٤، دبي - الإمارات العربية المتحدة

رقم الهاتف: ٣٧٠٩٧٠٣٧-٤-٩٧١/+

البريد الإلكتروني: info@megases.org، www.megases.org

دليل التركيب والاستخدام الآمن لمعدات تجميد الأغذية وتبريدها بالكريوجين

هذا المستند مقتبس من المستند E/174/12 الصادر للجمعية الأوروبية للغازات الصناعية (EIGA) - دليل التركيب والاستخدام الآمن لمعدات تجميد الأغذية وتبريدها بالكريوجين، وتتقدم جمعية الشرق الأوسط للغازات الصناعية (MEGA) بالشكر للجمعية الأوروبية للغازات الصناعية (EIGA) لسماحها باستساح أجزاء من المستند E/174/12 في هذه النشرة.

بيان إخلاء المسؤولية

إن جميع المطبوعات الفنية الخاصة بإجراءات السلامة لجمعية الشرق الأوسط للغازات الصناعية - بما في ذلك مدونة الممارسات - وأي معلومات فنية أخرى واردة في مثل هذه المطبوعات تم الحصول عليها من مصادر نعتقد أنها مصادر موثوقة فضلاً عن كونها تعتمد على المعلومات الفنية والخبرات المتوفرة حالياً بالجمعية وغيرها من المصادر اعتباراً من تاريخ الإصدار.

حيثما تُوصي جمعية الشرق الأوسط للغازات الصناعية أعضائها باستخدام المطبوعات فإن الرجوع إلى مطبوعات الجمعية أو استخدامها من جانب الأعضاء أو الأطراف الخارجية يُعد أمراً طوعياً وغير مُلزم. لا تضمن الجمعية أو أعضاؤها النتائج ولا يتحملون أي مسؤولية بشأن الرجوع إلى هذه المعلومات أو الاقتراحات الواردة في مطبوعات الجمعية أو استخدامها.

ليس للجمعية أي سلطان على أي شخص طبيعي أو قانوني (بما في ذلك أعضاء الجمعية) فيما يخص الأداء أو الإخفاق في الأداء، أو سوء التفسير، أو الاستخدام الملائم في محله أو في غير محله لأي معلومات أو اقتراحات وردت في مطبوعات الجمعية، وتُخلى الجمعية مسؤوليتها صراحةً عن أي مسؤولية قانونية تتعلق بالحصول على النسخة (الطبعة) الأخيرة.

جميع الحقوق محفوظة لجمعية الشرق الأوسط للغازات الصناعية ٢٠١٧ - تمنح الجمعية إذن نسخ هذه النشرة شريطة الاعتراف بكونها المصدر.

جدول المحتويات

٥	١ مقدمة.....
٥	٢ نطاق العمل والهدف.....
٥	١,٢ نطاق العمل.....
٥	٢,٢ الهدف.....
٥	٣ الوصف الإجمالي للتركيب.....
٥	٤ السلامة العامة للكربوجين.....
٥	١,٤ الخصائص الفيزيائية والكيميائية.....
٥	٢,٤ درجات الحرارة الشديدة الانخفاض.....
٥	٣,٤ مخاطر الحرارة شديدة الانخفاض.....
٦	٤,٤ تحول السوائل إلى غازات في نسب التمدد المرتفعة.....
٦	٥,٤ الغازات الخانقة.....
٧	٦,٤ تكوّن الضباب.....
٧	٥ سلامة العاملين.....
٧	١,٥ تدريب السلامة.....
٨	٢,٥ الإجراءات اللازم اتباعها في حال عدم توفر العلاج الطبي الفوري.....
٨	٣,٥ الإسعافات الأولية للحروق الناتجة عن الملامسة الباردة.....
٨	٤,٥ معدات الحماية الشخصية (PPE).....
٩	١,٤,٥ القفازات المعزولة.....
٩	٢,٤,٥ السراويل.....
٩	٦ اشتراطات الخزان وخط الأنابيب.....
٩	١,٦ إمداد الكربوجين إلى معدّات التجميد.....
٩	٢,٦ الاشتراطات العامة لتخزين الكربوجين.....
٩	٣,٦ أنواع خطوط الأنابيب وتصميماتها.....
١٠	٤,٦ تقنيات العزل.....
١٠	١,٤,٦ أنبوب معزول بالتفريغ.....
١٠	٢,٤,٦ خطوط معزولة بالفوم.....
١١	٥,٦ تجهيز خطوط الأنابيب (العزل بالتفريغ والفوم).....
١١	٧ متطلبات معدات تبريد وتجميد الأغذية.....
١١	١,٧ العادم.....
١١	٢,٧ اشتراطات السلامة الأساسية الأخرى.....
١٢	٣,٧ الغليان والرش.....

١٢.....	٤,٧ . سهولة الانكسار.....
١٢.....	٨ متطلبات التركيب.....
١٢.....	١,٨ معلومات عامة.....
١٢.....	٢,٨ تهوية غرفة الإنتاج.....
١٣.....	٣,٨ التوصيل الكهربائي.....
١٣.....	٤,٨ تصميم أنبوب العادم.....
١٤.....	٥,٨ التزامات أخرى على فني التركيب.....
١٤.....	٩ التزامات المستخدم والتشغيل المستمر لنظام التجميد.....
١٥.....	١,٩ تدريب العملاء في حالة تسرب الكريوجين.....
١٥.....	٢,٩ تشغيل المجمد.....
١٥.....	٣,٩ الصيانة والفحص والإصلاح.....
١٦.....	١٠ المراجع والمستندات المرفقة.....

يغطي هذا المستند المتطلبات اللازمة لتركيب معدات تبريد الأطعمة وتجميدها باستخدام الكريوجين السائل (النيتروجين السائل أو ثاني أكسيد الكربون السائل) كوسيط للتبريد. ونظراً لأن مخاطر الكريوجين السائل غير متداولة، يرجى استشارة مُورّد أجهزة الكريوجين قبل تركيبها أو إجراء أي تغييرات عليها أو في عملية التجميد.

٢ نطاق العمل والهدف

١,٢ نطاق العمل

يغطي المستند تركيب وتشغيل معدات تبريد الأغذية وتجميدها إضافة إلى تمديدات النيتروجين السائل وثاني أكسيد الكربون السائل. يمكن تطبيق هذا المستند على استخدامات الكريوجين غير الغذائية ولكن تركيزه الأساسي متمحور حول الاستخدامات الغذائية.

لا يحل هذا المستند محل أي نموذج مطلوب لتقييم المخاطر من الشركة العاملة أو أصحاب العمل أو القوانين المحلية.

٢,٢ الهدف

يهدف المستند إلى تقديم دليل إرشادي لتصميم معدات التبريد والتجميد وتركيبها وتشغيلها لضمان السلامة أثناء التشغيل.

٣ الوصف الإجمالي للتركيب

يحتوي التركيب النموذجي على خزان كامل مزود بنظام للتحكم في الضغط وتنفيسه وخط أنابيب للكريوجين ووحدة تجميد أو تبريد تعمل بالكريوجين ونظام عادم للكريوجين المستخدم. عادة ما تكون وحدات التبريد والتجميد التي تعمل بالكريوجين في صورة خزائن أو أنفاق مستوية وحلزونية وغيرها. من وجهة النظر الهندسية، عند التركيب يجب التعامل مع الجهاز على أنه وحدة متكاملة رغم أن مكوناته وأجزائه قد تكون من مصادر مختلفة.

٤ السلامة العامة للكريوجين

١,٤ الخصائص الفيزيائية والكيميائية

النيتروجين وثاني أكسيد الكربون مواد خاملة، غير نشطة كيميائياً وغير أكالة في درجات الحرارة الشديدة البرودة. على المستخدم الرجوع إلى صحائف بيانات السلامة الخاصة بمُورّد المنتج المستخدم. ملاحظة: تحت الأحوال الجوية، يتخذ ثاني أكسيد الكربون شكلاً صلباً أو غازياً ولا يمكنه التمثّل في صورة سائلة.

٢,٤ درجات الحرارة الشديدة الانخفاض

سوائل الكريوجين باردة للغاية ويمكن لأبخرتها الباردة تجميد أنسجة الإنسان وتحويل الكثير من المواد الشائعة كالفلوئيد الكربوني والبلاستيك والمطاط إلى مواد هشة سريعة الانكسار. يعمل النيتروجين السائل المعزول عزلاً رديئاً في الحاويات أو الأنابيب على تحويل الهواء المحيط إلى سائل، ويصبح هذا الهواء المُسال غنياً بالأكسجين ويجب النظر إليه على أنه أكسجين سائل.

٣,٤ مخاطر الحرارة شديدة الانخفاض

بسبب الانخفاض الشديد لدرجات حرارة الكريوجين سواء كان في صورة سائلة أو صلبة أو غازية، يُصاب الجلد المكشوف بقضمة الصقيع. تتلف الأنسجة الرقيقة كأنسجة العين عند تعرضها لهذه الغازات الباردة، حتى وإن كان التعرّض لها طفيفاً بدرجة لا تؤثر على جلد اليدين أو الوجه.

تجنب ملامسة أي جزء مكشوف من الجسم لأنابيب غير معزولة أو لأوعية تحتوي على سوائل كبريتية. تلتصق المعادن الشديدة البرودة بجلد الإنسان، ويتمزق الجلد عند محاولة إزالتها. حتى المواد غير المعدنية، من الخطر لمسها في درجات الحرارة الشديدة البرودة

٤,٤ تحول السوائل إلى غازات في نسب التمدد المرتفعة

تنتج جميع سوائل الكبريتية أحجاماً ضخمة من الغازات عند تبخرها. فعلى سبيل المثال، يتبخر اللتر الواحد من النيتروجين السائل عند درجة غليانه تحت ضغط جوي معين إلى ما يعادل ٧٠٠ لتر من غاز النيتروجين في درجة حرارة الغرفة. يساوي لتر واحد من ثاني أكسيد الكربون السائل ما يقارب ٥٠٠ لتر من غاز ثاني أكسيد الكربون. عند تبخر النيتروجين السائل أو ثاني أكسيد الكربون الصلب في حاوية محكمة الغلق، ينشأ ضغط مرتفع جداً، ولهذا يجب حماية حاويات وخطوط الكبريتية المضغوطة بأجهزة متعددة لتنفيس الضغط.

٥,٤ الغازات الخائفة

الأكسجين هو الغاز الوحيد الداعم للحياة. يبلغ التركيز العادي للأكسجين في الهواء 21% حجماً. تسبب جميع الغازات الخاملة الاختناق (أسفكسيا) في أماكن العمل المغلقة بحلولها مكان الأكسجين. مخاطر انخفاض مستويات الأكسجين موضحة في الجدول التالي.

مستوى الأكسجين	الآثار المحتملة
١٥%-	نقص القدرة على العمل بجهد، حيث تضعف القدرة على التنظيم ويبدأ ظهور الأعراض في الأشخاص الذين يعانون من مشاكل في الأوعية التاجية أو في الرئة أو في الدورة الدموية.
١٢%-١٥%	سرعة التنفس، زيادة معدل النبض، ضعف القدرة على التنظيم والإدراك والحكم على الأمور.
١٠%-١٢%	زيادة كبيرة في معدل التنفس وعمقه، زيادة كبيرة في معدل النبض، قصور في الأداء، الشعور بالدوار، سوء الحكم على الأمور، ازرقاق الشفاه.
٨%-١٠%	قصور في وظيفة العقل، الغثيان، التقيؤ، الإغماء، فقدان الوعي، شحوب الوجه، ازرقاق الشفاه.
٦%-٨%	قد يكون التعرض لمدة ٨ دقائق مميتاً لنسبة ٥٠-١٠٠% من الحالات. قد يكون التعرض لمدة ٦ دقائق مميتاً لنسبة ٢٥-٥٠% من الحالات. عند التعرض لمدة ٤-٥ دقائق يجب المبادرة بتلقي العلاج للتعافي السريع.
٤%-٦%	غيبوبة خلال ٤٠ ثانية، اختلاجات، انقطاع التنفس، الموت.

لا يمكن الكشف عن وجود الغازات الخاملة دون استخدام أجهزة قياس مختصة؛ لهذا فقد يختنق العاملون قبل إدراكهم لوجود غازات خائفة في الجو. ويجانب الاختناق، فلثاني أكسيد الكربون آثار فيزيائية ضارة إذا زاد تركيزه في الجو عن ٣%.

الآثار المحتملة	مستوى ثاني أكسيد الكربون
آثار طفيفة على عملية الأيض بعد التعرض لعدة لساعات	١ - ١,٥ %
تحول الغاز إلى مادة مخدرة قليلاً في هذا المستوى، زيادة التنفس العميق، ضعف القدرة على السماع مقترنة بصداغ، زيادة ضغط الدم ومعدل النبض.	٣ %
حدوث تنبيه للمركز التنفسي مؤدياً لتنفس متسارع وعميق. ظهور علامات التسمم بوضوح بعد التعرض لمدة ٣٠ دقيقة.	٤ - ٥ %
زيادة الإجهاد عند التنفس مصحوباً بصداغ وفقدان القدرة على الحكم على الأمور.	٥ - ١٠ %
فقدان الوعي في أقل من دقيقة واحدة عند زيادة نسبة تركيز ثاني أكسيد الكربون عن ١٠%. وحدوث موت تدريجي عند استمرار التعرض لهذه المستويات المرتفعة دون تصرف فوري.	١٠ - ١٠٠ %

بسبب المخاطر الصحية المتصلة بثاني أكسيد الكربون، يجب ألا يزيد المتوسط الصحي لتعرض الموظف لثاني أكسيد الكربون خلال فترة عمله التي تستغرق ٨ ساعات عن تركيز ٠,٥% (٥,٠٠٠ جزء في المليون ppm) في الهواء المحيط. تزيد حدود التعرض إذا كانت لفترات قصيرة، لكن ليس هناك مستوى دولي متفق عليه. يجب استخدام الغازات الخاملة وتخزينها في مناطق جيدة التهوية.

٦,٤ تكوّن الضباب

تنتج السحب الضبابية أو الأبخرة المرئية من تأثير تبريد الكربوجين عند تبخره في الهواء المحيط. يعتمد مدى ظهور سحب الأبخرة على الوقت الذي تستغرقه الغازات المتبخرة للوصول إلى نقطة الندى (Dew Point) في الهواء المحيط. قد يستمر مدى زيادة تركيز الغازات الخاملة في الجو إلى ما بعد سحب الأبخرة المرئية بسبب استمرار الغاز المتبخر في الاختلاط بالهواء رغم توقف قدرته على تبريد الهواء. يؤدي هذا الاختلاط إلى انخفاض تركيز الأكسجين الممتد من المصدر إلى مسافات بعيدة.

لهذا لا يمكن الاعتماد على وجود سحب الأبخرة أو اختفائها كوسيلة لتحديد درجة استنزاف أو نقص الأكسجين. يجب تحديد مساحة الخطر الممتدة لإطلاق النيتروجين وثاني أكسيد الكربون في الجو عن طريق رصد الهواء المحيط.

٥ سلامة العاملين

١,٥ تدريب السلامة

الطريقة المثلى للسلامة تكمن في تدريب العاملين. يجب أن يشمل التدريب ما يلي:

- معلومات عن سائل الكربوجين ومخاطره وخصائصه في الحالتين السائلة والغازية، وعن ثاني أكسيد الكربون في الحالة الصلبة
- تعليمات خاصة بالمعدات
- استخدام ملابس ومعدات الوقاية والعناية بها
- التعامل مع الحالات الطارئة.

٢,٥ الإجراءات اللازم اتباعها في حال عدم توفر العلاج الطبي الفوري

رصد مستوى الأكسجين في الغرفة قبل الدخول باستخدام جهاز محمول لقياس الأكسجين في حال عطل الجهاز المثبت لقياس الأكسجين أو عدم توفره.

لا تدخل غرفة حيث مستوى الأكسجين فيها مجهول.

عند القلق أو الشك من حدوث اختناق أو حدوث عطل في أي نظام سلامة آلي، أول خطوة يجب اتخاذها هي غلق مصدر الكربوجين يدوياً وتعزيز عمل نظام العادم إن أمكن.

عند المعاناة من أي نقص في الأكسجين يجب الانتقال سريعاً إلى منطقة جيدة التهوية. إذا توقف المصاب عن التنفس، يجب فوراً إجراء تنفس صناعي أو الإنعاش القلبي الرئوي (CPR). عند توفر الأكسجين، يُعطى المصاب أنبوبة أكسجين للتنفس.

٣,٥ الإسعافات الأولية للحروق الناتجة عن الملامسة الباردة

يندر حدوث ملامسة مباشرة بين عامل التشغيل وسائل النيتروجين إذا اتبع الإجراءات الصحيحة للتعامل. عند الإصابة بحروق ناتجة عن التلامس البارد يجب الحصول على استشارة فورية من طبيب متخصص.

فيما يلي ملخص للعلاجات الطارئة الموصى بها عند الإصابة بتلك الحروق:

- يجب التخلص من أي ثياب غير متجمدة على الجسم قد تعوق حركة الدورة الدموية في المنطقة المتجمدة. لا تحك المناطق المتجمدة لتجنب تلف الأنسجة. يجب الحصول على مساعدة طبية في أقرب فرصة ممكنة.
- عند توفر الإمكانية، ضع المنطقة المصابة في حمام ماء دافئ بدرجة حرارة تقل عن ٤٠ درجة مئوية. لا تستخدم التسخين الجاف على الإطلاق. ويجب وضع المصاب في غرفة دافئة متى أمكن ذلك.
- إذا حدث تعرض كبير وكانت درجة الحرارة العامة للجسم منخفضة، يجب اللجوء إلى الرعاية الطبية على الفور. إذا لم تتوفر مساعدة طبية فورية، يجب تدفئة المصاب بتغطيته في حمام ماء دافئ بدرجة حرارة لا تزيد على ٤٠ درجة مئوية.
- النسيج المتجمد غير مؤلم ويتخذ مظهراً شمعيّاً ذا لون أصفر خفيف. عند ذوبان التجمد، يصبح النسيج متورماً ومؤلماً وعرضة للإصابة والتلوث.
- إذا ذابت المنطقة المتجمدة قبل الحصول على الرعاية الطبية، يجب تغطية المنطقة بضمادة جافة مطهرة وغطاء واقٍ كبير الحجم.

٤,٥ معدات الحماية الشخصية (PPE)

تظل هناك بقايا من النيتروجين السائل أو ثاني أكسيد الكربون الصلب في معدّات التجميد بعد فتحها المجدد بعد فتحه. يجب أن يكون عمال التشغيل على دراية بمخاطر الملامسة المباشرة لسوائل الكربوجين بشكل عام، وألاً يضطر عمال تشغيل معدّات تجميد الأغذية إلى ملامسة سوائل الكربوجين عند التعامل.

يجب العلم بأن التعرض لدرجات الحرارة الشديدة الانخفاض لفترة طويلة، حتى مع الاستخدام الصحيح لمعدات الحماية الشخصية، يؤدي إلى الإصابة بالحروق الباردة وقضمة الصقيع. راجع المستند MEGA TD 06/14/E - توصيات استخدام معدات الحماية الشخصية في صناعة الغازات الصناعية. يجب استخدام أجهزة السلامة المحمولة (مثل جهاز قياس الأكسجين) من قبل عمال التشغيل أثناء التشغيل إذا كانت وحدات الرصد الثابتة غير مركبة في الغرفة. فئات الأجهزة ومعدات الحماية الشخصية (PPE) يحددها مسؤول متخصص في تقييم المخاطر.

١,٤,٥ القفازات المعزولة

يجب ارتداء القفازات المعزولة المناسبة دائماً عند التعامل مع أي شيء قد يؤدي إلى ملامسة سوائل الكريوجين وأبخرتها أو عند التعامل مع أي معدات شديدة التجمد.

٢,٤,٥ السراويل

يجب ألا تحتوي السراويل على ثنيات. يجب عدم دس السراويل داخل الأحذية الطويلة الساق أو أحذية العمل.

٦ اشتراطات الخزان وخط الأنابيب

١,٦ الكريوجين إلى معدّات التجميد

تكمّن المتطلبات العامة في تأمين تدفق الكريوجين المطلوب إلى النقطة المستخدمة مع وقوع الحد الأدنى من الخسائر في الجودة. (يُعرف فقدان الجودة بزيادة درجة حرارة الكريوجين و/ أو زيادة نسبة الغاز).

٢,٦ الاشتراطات العامة لتخزين الكريوجين

التصميم القياسي لخزان الكريوجين مقبول ويتعين تركيبه بما يتوافق مع اللوائح المحلية. وبشكل مثالي، يجب أن تكون الصهاريج بالقرب من نقطة الاستخدام قدر الإمكان بحيث تكون أعلى من النقطة المستخدمة. يتعين تصريف السائل مباشرة من قاع الخزان دون استخدام أنبوب الغمس.

يجب أن يتناسب ضغط التشغيل للخزان مع تصميم ضغط تشغيل مجمد الطعام مع وضع انخفاض الضغط في خط الأنابيب في الاعتبار.

فيما يتعلق بالنيتروجين، يكون ضغط الخزان في نطاق ٣ بار (ضغط مقاس) هو الأكثر استخداماً. يلزم التحكم في ضغط السائل الموجود داخل الصهريج للحفاظ على هذا الضغط.

فيما يتعلق بثاني أكسيد الكربون، يجب أن يكون ضغط الصهريج كافياً بحيث يكون الضغط في نقطة الاستخدام أكثر من ٥,١ بار (ضغط مقاس) لتجنب انسداد خط الأنابيب نظراً لتكون الثلج الجاف. يجب أن يكون ضغط الصهريج النموذجي في نطاق يتراوح بين ١٤ و ٢٠ بار (ضغط مقاس).

يتعين وجود أجهزة تنفيس الضغط داخل الخزان. إنها ليست أجهزة تحكم في الضغط ولكن عملها يقتصر على التشغيل العادي أو في حالات الطوارئ. في حال عملها، هذا دليل على وجود مشكلة أساسية.

لا يجب تركيب أقرص الانفجار في تجهيزات ثاني أكسيد الكربون نظراً لخطر تكون الثلج الجاف في الخزان.

٣,٦ أنواع خطوط الأنابيب وتصميماتها

يصمّم خط الأنابيب لنقل الكمية المتوفرة من الكريوجين من صهريج التخزين إلى مكان الاستخدام مع وقوع الحد الأدنى من الخسائر في الجودة. يُصنع خط الأنابيب من الفولاذ المقاوم للصدأ بدرجة 304 و 304L و 316L و 316LN 06 ويجب عزلها للحفاظ على الجودة وتجنب وقوع إصابات.

يجب أن تكون خطوط الأنابيب مستقيمة وقصيرة قدر الإمكان.

تجنب الارتفاعات غير الضرورية في خط الأنابيب: على سبيل المثال، يؤدي ارتفاع النيتروجين السائل عشرة أمتار إلى حدوث تبخر تصل نسبته إلى ٣,٥% من السائل (بالوزن).

يتلاءم منفذ الغاز عند الحاجة إلى السائل فوراً إذا كان صمام الاستخدام مفتوحاً. ثبت هذا المنفذ في أعلى نقطة في الخط، قبل صمام الاستخدام. يجب تنفيس الغاز بأمان.

تركيب طور منفصل فقط إذا كان من الضروري أن يكون السائل نقياً ولا يحتوي على بخار في نقطة الاستخدام.

يجب تصنيف ضغط خطوط الأنابيب ليتلاءم مع ضغط الكريوجين المطلوب.
ركب صمام تنفيس الضغط على طول الأنبوب حتى يُمكن محاصرة السائل بين صمامين.
عند تركيب صمامات التنفيس في معدات التجميد أو خطوط الأنابيب داخل المباني، يجب أن تكون أعلى من الضغط المحدد في صمامات تنفيس الصهريج وأعلى من أي صمام تنفيس موجود خارج المبنى. يجب تركيب أنابيب في الفتحات الخاصة بصمامات التنفيس حتى يتم التنفيس في مكان لا يسبب أي خطر.

٤,٦ . تقنيات العزل

يتم العزل إما من خلال غلاف مفرغ وإما باستخدام العزل بالفوم. يتمتع عزل الغلاف المفرغ بأداء عزل أفضل من طريقة عزل الفوم.

يجب عزل المقاطع الصغيرة والصمامات والملحقات الموجودة في الصهريج والمُجمد وبعض التوصيلات الأخرى باستخدام الفوم للسماح بسهولة الوصول لإجراء عمليات الصيانة أو الاستبدال ولخفض معدل دخول الحرارة. يُفضل عزل المقاطع الطويلة باستخدام الأنابيب ذات الغلاف المفرغ لخفض معدل دخول الحرارة والحدّ من تكوّن الغاز. من المعروف أن خط التفريغ صحي بدرجة أكبر للاستخدام في مصانع الأغذية. ومع ذلك، يُمكن استخدام عزل الفوم للمقاطع الطويلة في حالة استخدام ثاني أكسيد الكربون السائل. يُعد الاختيار الأخير حلاً توفيقياً بين التكلفة والأداء.

يجب عزل الأجزاء الموجودة في خط الأنابيب التي يتم الوصول إليها للتشغيل أو حمايتها بطريقة أخرى. يُمكن أن يتكثف الهواء في مقاطع أنبوب النيتروجين السائل المعزولة عزلاً رديئاً ويُمكن أن يؤدي ذلك إلى التعرض لمخاطر تخصيب الأكسجين.

١,٤,٦ أنبوب معزول بالتفريغ

يتم توفير خط الأنابيب المعزول بالتفريغ بواسطة جهات التصنيع المتخصصة. قد تكون صلبة أو مرنة، ويُفضل استخدام الأنابيب الصلبة.

تُصنع الأنابيب المعزولة بالتفريغ من أنابيب متحدة المركز مصنوعة من الفولاذ المقاوم للصدأ. ينقل الأنبوب الداخلي الكريوجين؛ يتشكل الأنبوب الخارجي من غلاف مفرغ. للإمداد بالنيتروجين السائل، يشتمل الأنبوب الداخلي على وسائد التوسع (وسادة كل ستة أمتار) لتجنب تفاوت التقلص الحراري بين الجدار الداخلي والخارجي للأنبوب. تُصنع خطوط التفريغ بشكل عام بأجزاء مستقيمة مسبقة التجهيز. وبدلاً من ذلك يُمكن تصنيعها في الموقع. تأكد أن خطوط التفريغ تشتمل على معدل ضغط مناسب للخدمة المطلوبة.

٢,٤,٦ خطوط معزولة بالفوم

خطوات تصنيع الخطوط المعزولة بالفوم في صناعة الأغذية:

- تُصنع الأنابيب الحاملة من الفولاذ المقاوم للصدأ أو النحاس
- يُصنع العزل بالفوم
- حماية العزل بغلاف من المعدن أو البلاستيك للحماية من التأثير الميكانيكي والرطوبة المتكثفة من الهواء.

يجب أن يحتوي الفوم على توصيل حراري منخفض قدر الإمكان؛ ويعتمد ذلك على كثافته.

كن حذراً فعندما يتم احتراق عزل فوم البوليورتان تتصاعد منه غازات سامة.

ينبغي تجنب فتح عزل الفوم الخلوي نظراً لاحتمالية اندلاع الحريق بسبب تسهيل الهواء وتكثيف الأكسجين في خطوط أنابيب النيتروجين السائل. بالإضافة إلى أن تكثيف المياه قد يؤدي إلى وقوع أضرار من استخدام عزل الفوم.

٥,٦. تجهيز خطوط الأنابيب (العزل بالتفريغ والفوم)

- التأكد من إزالة الغبار والرطوبة والملوثات الأخرى عن طريق تطهير الخط باستخدام الغاز الخامل الجاف.
- تأكد من وجود علامات على خطوط الأنابيب تشير إلى اتجاه الغاز السائل والتدفق فضلاً عن وضع إشارات على خط الأنابيب وفقاً للوائح المحلية.
- عزل أو إزالة صمامات التنفيس وعدادات قياس الضغط والمكونات والعناصر الأخرى المصنفة فنياً أقل من مقاومة الضغط الموصى به لغرض اختبار الضغط المزمع أدائه.
- اختبار الضغط أو اختبار التسريب وفقاً لمعايير الشركة أو المعايير الوطنية (مثل؛ الاختبار وفقاً لمعيار X ١,١ X الضغط التصميمي إذا كان اختبار الضغط هوائياً أو وفقاً للمعيار X ١,٤٣ X الضغط التصميمي إذا كان اختبار الضغط هيدروليكيًا أو وفقاً للقواعد الوطنية).
- تركيب مجموعة صمامات التنفيس وفقاً للضغط التصميمي.
- إعداد شهادة اختبار الضغط/ التسريب إذا لزم الأمر.
- تكرار عملية التطهير لضمان عدم وجود ملوثات في الخط. فحص الفتحات والفلاتر للتأكد من عدم وجود ملوثات.

٧ متطلبات معدات تبريد وتجميد الأغذية

١,٧. العادم

يجب تزويد جميع معدات الكريوجين بنظام عادم قادر على تخليص منطقة الاستخدام من الكريوجين الذي يُمكن توفيره. يجب تحديد سعة نظام العادم عن طريق حساب أقصى تدفق ممكن للكريوجين في المُجمد، بعد حساب ضغط الصهرج ودرجة التبريد الدوني وحجم الصمام والفتحات وقطر أنبوب العادم. في حال فشل عمل العادم، يجب عدم إمداد المُجمد بالكريوجين. ينبغي أن تتوفر طريقة ما لضمان تدفق الكريوجين في أنبوب العادم في الاتجاه الصحيح. في حال انخفاض مستوى الأكسجين في الغرفة دون المستوى المحدد أو ارتفاع ثاني أكسيد الكربون عن المستوى المحدد، حينها يُمكن تعزيز قوّة شفط العادم ويجب إيقاف تدفق الكريوجين تلقائياً عن طريق الصمام التلقائي المفضل تركيبه عند الصهرج.

٢,٧. اشتراطات السلامة الأساسية الأخرى

في حال فتح المُجمد دون قصد، يجب إيقاف تدفق الكريوجين. يجب إمداد المُجمد بنظام تحكّم للحرارة مستقلّ يعمل على إيقاف إمداد الكريوجين إذا كانت درجة الحرارة منخفضة للغاية داخل المُجمد. يجب تجهيز المجمّد بما يلي:

- صمام إيقاف تشغيل يدوي يُمكن الوصول إليه خاص بالكريوجين.
- صمام إيقاف تشغيل تلقائي خاص بالكريوجين.

٣,٧. الغليان والرّش

يجب تصميم معدات التجميد التي تغمر الأغذية بسائل النيتروجين بأسلوب يحمي عمال التشغيل من آثار غليان سائل النيتروجين أو رشه. يتعين منع عمال التشغيل من الدخول إلى الماكينة وملامسة سائل النيتروجين.

٤,٧. سهولة الانكسار

العديد من المواد -مثل المطاط والبلاستيك- اللينة والمرنة في درجة حرارة الغرفة تصبح صلبة وهشة في درجة حرارة الكربوجين ويسهل كسرها. العديد من المعادن غير مناسب للتعرض للكربوجين، وتحديدًا الفولاذ المطاوع. المعدن المُفضل للعديد من استخدامات الكربوجين هو الفولاذ الأوستنيتي المقاوم للصدأ.

٨ متطلبات التركيب

١,٨ معلومات عامة

تحديد متطلبات تدفق الكربوجين لتلبية حاجات العميل مع بعض الهامش للسماح بتغطية بعض التغييرات في متطلبات العميل.

تحديد ضغط الخزان ووفقاً لهذا الضغط والتدفق. احتساب حجم الصمام أو الفوهة في المجمد مع افتراض وجود الكربوجين المشبع (عند درجة حرارة الغليان) في الخزان. يعمل الخزان عند هذا الضغط لتجنب حدوث تدفق لمادة الكربوجين بنسبة أكبر من النسبة التي يستطيع نظام العادم إزالتها.

ثم افتراض نسبة معينة من التبريد الإضافي والضغط الزائد للخزان واحتساب الحد الأقصى المحتمل لتدفق الكربوجين في هذه الظروف. يجب تحديد حجم نظام العادم ليتوافق مع المتطلبات التقنية.

يجب أن يكون هناك نظام تحكم في الضغط لتجنب حدوث ارتفاع في ضغط الخزان مما قد يؤدي إلى حدوث تدفق في المجمد بسعة أكبر من سعة نظام العادم.

لضمان الحفاظ على الضغط في خزان الكربوجين عند المستوى المطلوب أو ما يقارب المستوى المطلوب، يُوصى باتباع طريقتين منفصلتين فيما يتعلق بالتحكم في الضغط.

(صمامات تنقيس الضغط ليست صمامات تحكم في الضغط).

٢,٨ تهوية غرفة الإنتاج

توصي جمعية الشرق الأوسط للغازات الصناعية (MEGA) بأن يتم تغيير الهواء في غرفة الإنتاج من ٦ إلى ١٠ مرات في الساعة كحد أدنى بالإضافة إلى التهوية التي يوفرها نظام العادم في المجمد.

ملاحظة: أصبحت الغرف المضبوطة الضغط شائعة بشكل كبير ومتزايد في مصانع المواد الغذائية وقد تتخفّض نسبة الهواء الملحق المتجدد نظراً لأسباب تتعلق بالنظافة الصحية.

يجب تركيب معدات التجميد في غرفة واسعة الحجم بحيث تسمح بإمكانية تشغيل، وتنظيف، وصيانة هذه المعدات بسهولة شريطة أن يكون هناك مسار واسع للهروب في حالات الطوارئ.

يجب تركيب جهاز واحد على الأقل لمراقبة مستوى الأكسجين ويجب أن يعمل باستمرار بغض النظر عما إذا كان المجمد مُستخدماً أم لا. يجب تركيب جهاز مراقبة الأكسجين وتشغيله ومعايرته وصيانته وفقاً لما يحدده المُصنِّع. يجب أن تحتوي أجهزة مراقبة الأكسجين على وسائل إنذار صوتية ومرئية عندما تكون نسبة الأكسجين ١٩,٥%. يوصى بمستوى إنذار آخر لإخلاء الموظفين.

إذا وصلت نسبة الأكسجين ١٨% يجب أن يتوقف خط الإمداد بالنيتروجين تلقائياً ويجب إخلاء الغرفة.

يجب توفير أجهزة مراقبة غاز ثاني أكسيد الكربون للمجمدات التي تعمل باستخدام غاز ثاني أكسيد الكربون. يجب أن تحتوي أجهزة المراقبة على وسائل إنذار صوتية ومرئية إذا وصلت نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون إلى ٥,٥%، (٥٠٠٠ جزء في المليون). يوصى بمستوى إنذار آخر للإشارة إلى ارتفاع مستوى ثاني أكسيد الكربون على المدى القصير. يجب تركيب جهاز مراقبة غاز ثاني أكسيد الكربون وتشغيله ومعايرته وصيانته وفقاً لما يحدده المصنّع. إذا وصلت نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون إلى ٣% يجب أن يتوقف خط الإمداد بغاز ثاني أكسيد الكربون تلقائياً ويجب إخلاء الغرفة.

ملاحظة: تحدد اللوائح المحلية مستويات التعرض المختلفة على المدى القصير.

ويجب إيلاء الاهتمام بموضع أجهزة الاستشعار الخاصة بالأكسجين/ وغاز ثاني أكسيد الكربون للتأكد من أن قياسات نضوب الأكسجين وتجمعات غاز ثاني أكسيد الكربون متمثلة في أجواء مكان العمل. ويجب إيلاء الاهتمام بالتهوية الإضافية على مستوى أرضي منخفض فيما يتعلق بغاز ثاني أكسيد الكربون.

٣,٨ التوصيل الكهربائي

يرجى التأكد من قوة الإمداد بالتيار الكهربائي المطلوبة للأجهزة وذلك قبل التركيب، وأنه محمي بشكل مناسب ضد التيار الزائد.

يجب توصيل التيار الكهربائي بشكل متساوٍ على الأجهزة، وذلك بالاستعانة بفريق تقني متخصص.

٤,٨ تصميم أنبوب العادم

يجب تصميم أنبوب العادم والمراوح بحيث تكون قادرة على استخراج جميع غازات الكريوجين التي يمكن استخدامها مع المُجمد. ويجب أن تكون منفصلة عن أي نظام من أنظمة التهوية. يجب أن تكون أنابيب غاز العادم مصنوعة من مواد تتحمل درجات الحرارة المنخفضة، على سبيل المثال: الفولاذ المقاوم للصدأ.

يجب أن تكون الأنابيب مستقيمة باستثناء مناطق الانحناءات الضرورية الحادة بزوايا ٩٠ درجة في المروحة نصف القطرية. إذا كانت هذه الانحناءات أساسية فيجب أن تكون بنصف قطر طويل، على سبيل المثال: نصف قطر بطول متر واحد.

حيث يُشترط وجود تفرعات في قطر الأنبوب، يجب أن تكون زاوية التفرع ١٥ درجة أو أقل للحد من تراكم الثلج. يجب أن يكون أي أنبوب متجه لأسفل من المروحة داخل المبنى مانعاً للتسرب لضمان عدم تسرب غاز الكريوجين داخل المبنى.

يجب التأكد من تصريف غاز الكريوجين في مناطق جيدة التهوية خارج المبنى. يجب ألا يكون الأنبوب قابلاً للانسداد. يجب تركيب خط التفريغ في مخرج الهواء في المروحة (بطول ١ متر على الأقل) لمنع التلامس مع وحدة دفع المروحة، ولتحسين الكفاءة التشغيلية.

لا تضع أي عوائق أو حواجز مادية في أنبوب العادم، على سبيل المثال: وضع أي حاجز لحماية أنبوب العادم من الطيور.

يجب أن تكون الأنابيب قابلة للتنظيف.

يجب ضبط زوايا الأنابيب الأفقية بنسبة انحدار درجة واحدة مئوية إلى مخرج تصريف المياه.

لمنع تكوّن الثلج على المراوح:

- استخدم مراوح ذات ريشات نصف قطرية أينما أمكن (المراوح ذات الريشات نصف القطرية تجرش الثلج كما أن تراكم الثلج على هذا النوع من المراوح لا ينتج عنه الكثير من المشاكل)، أو
- استخدم نظاماً لدخول الهواء بحيث يعمل على تدفئة عادم الكريوجين بدرجة حرارة تزيد على ٤ درجات مئوية.
- احسب نسبة الهواء المكيف المطلوبة وكيفية تصميم النظام لهذا الغرض، أو
- استخدم سخاناً لرفع درجة حرارة العادم. (لا نوصي بهذا الخيار نظراً للتكلفة الباهظة). يجب تركيب جهاز قطع في حالات الحرارة الزائدة لتجنب الحرارة الزائدة في النظام

ركب الأدوات والوسائل التي تؤكد أن اتجاه الغاز في مساره الصحيح داخل الأنبوب. استخدم مفتاح فصل مثبت قرب المروحة لضمان عدم التشغيل أثناء عمليات الصيانة. ينبغي أيضاً تركيب إشارة إضافية في لوحة التحكم لمنع التشغيل ونظام العادم معزول.

٥,٨ التزامات أخرى على فني التركيب

يجب دائماً أن يتم نقل وتجميع وتركيب المُجمد بواسطة فني مؤهل مصرح له بإجراء هذه الأعمال ويجب الإشراف عليه من قبل مورّد الغاز أو مورد المعدات.

إذا تطلب التركيب أي تعديلات في المُجمد يجب إجراؤها دون التأثير على سلامة الوحدة. يجب تركيب أنابيب الكريوجين وأنابيب العادم وأنابيب الماكينة بعيداً عن عمال التشغيل وأن يتم حمايتها ضد أي تأثيرات، على سبيل المثال: عن طريق وضع حواجز. ويجب وضع ملصقات على الأنابيب تشير إلى محتواها (الكريوجين). كما يجب وضع ملصقات تشير إلى خطر الاختناق في حال تفعيل الإنذار وأخرى تشير إلى خطر قسمة الصقيع في حال ملامسة الأجزاء الباردة من التركيبات المرتبطة بتدفق الكريوجين المستخدم.

يجب تركيب المُجمد عند المستوى أو الزاوية التي تحددها الشركة المُصنّعة. وفي حال التركيب على أرضية غير مستوية، يجب استخدام قواعد قابلة للضبط. يجب تأمين الماكينة ضد الحركة والاهتزازات.

يجب عدم استخدام المُجمد إلا عندما تكون جميع الخدمات متصلة، أي توصيلات الكريوجين، والعادم، والكهرباء، والهواء المضغوط، وتوصيلات مياه التنظيف.

يجب أن يكون عامل التشغيل مدرباً على تشغيل المُجمد وأن يكون على دراية بمخاطر النيتروجين السائل وغاز ثاني أكسيد الكربون. ويجب تسجيل حصول العامل على التدريب.

يجب إجراء فحص جهوزية التشغيل قبل التسليم ويجب تسجيله للتأكيد على تلبية المتطلبات الفنية والتجارية ومتطلبات السلامة للعميل والمورد.

٩ التزامات المستخدم والتشغيل المستمر لنظام التجميد

يجب أن يكون المستخدم على دراية بمتطلبات السلامة الخاصة بالكريوجين ومعدّات التجميد. يجب توريد نظام التجميد مزوداً بدليل تشغيل. يجب على المورد توفير صحيفة بيانات السلامة (SDS) أو صحيفة بيانات سلامة المواد (MSDS).

يجب عدم استخدام المُجمد إلا للأغراض التي نصت عليها الشركة المُصنّعة، وهي تبريد وتجميد المنتجات الغذائية وبعض المنتجات الأخرى المسموح بها. كما يجب عدم تشغيل المُجمد بمعدلات إنتاج أكبر من المعدلات التي نصت عليها الشركة المُصنّعة ويجب أيضاً عدم تشغيل المُجمد في درجات حرارة أقل من درجات الحرارة المُحددة.

يجب على المستخدم التأكد من أن كل الواقيات في أماكنها الصحيحة وأن كل الأجزاء المتشابكة في وضع تشغيلي جيد في كل الأوقات التي يتم فيها تشغيل المُجمد.

لا يمكن استخدام مجمدات النيتروجين إلا مع النيتروجين، ولا يمكن استخدام مجمدات ثاني أكسيد الكربون إلا مع ثاني أكسيد الكربون. إذا كانت أنظمة الحقن في الماكينة ملائمة لاستخدام كلا النيتروجين أو ثاني أكسيد الكربون فلا يُسمح بالتشغيل المتزامن لنظامي الحقن معاً.

يجب عدم تغيير نقاط تحديد الحد الأدنى لدرجات الحرارة وفقاً لتعليمات التشغيل.

يجب أن يكون عمال التشغيل على دراية بمخاطر المُجمد التالف أو المتعطّل. في حال تسرب الغاز، يجب على عمال التشغيل إيقاف تشغيل الماكينة وغلّق خط الإمداد بالكربوجين من ناحية الخزان.

يجب على العمال غير المدربين عدم تركيب أو استخدام أو صيانة المعدات.

يجب عدم إجراء أعمال الصيانة والإصلاح إلا بواسطة فنيين مؤهلين ومدربين.

يتطلب استبدال مكونات أو أجزاء المُجمد موافقة الشركة المُصنعة أو جهة الإمداد بالغاز.

يجب عدم تحريك المُجمد دون الحصول على إذن مسبق من المُصنّع أو جهة الإمداد بالغاز.

١,٩ تدريب العملاء في حالة تسرب الكربوجين

كل عميل مسؤول عن التشغيل الآمن لمصنعه. في حالة انخفاض مستوى الأكسجين أو ارتفاع مستوى ثاني أكسيد الكربون في المصنع، يلزم إجراء ما يلي:

- زيادة التهوية في الغرفة
- الإخلاء الفوري للغرفة
- غلق صمامات الإمداد في الخزان

إذا تعذر تحديد سبب تسرب وسيط التبريد، فأبلغ جهة الإمداد بالغاز أو جهة تصنيع المجمد على الفور!

لا ينبغي تحت أي ظرف من الظروف مواصلة تشغيل المجمد أو المبرد.

وإذا كان الدخول إلى منطقة العمل التي بها نقص في نسبة الأكسجين أو زيادة في نسبة ثاني أكسيد الكربون ضرورياً فيجب استخدام عبوات هوائية محمولة أو قناع هواء مزود بخراطوم متصل بمصدر هواء صالح للتنفس. قناع الغاز الماص لن يمنع الاختناق (الأسفكسيا).

لمعرفة إرشادات أخرى عن معدات الحماية الشخصية، راجع الكتيب E/١٤/٠٦ MEGA TD - التوصية باستخدام معدات الحماية الشخصية في مجال الغاز الصناعي.

٢,٩ تشغيل المجمد

قم بتشغيل وتنظيف المجمد بعناية وفقاً لتعليمات التشغيل التي وضعتها جهة التصنيع.

تنظيف الماكينة قد يعرض عامل التشغيل إلى خطر الإصابة بالبرد و/ أو الإصابة بأذى من الأجزاء المتحركة. يجب الابتعاد عن الأجزاء المتحركة المكشوفة عندما تكون الماكينة مفتوحة للتنظيف.

٣,٩ الصيانة والفحص والإصلاح

مستخدم الماكينة مسؤول عن التشغيل الآمن لها. يجب الالتزام بفترات الصيانة والفحص الموصى بها من جانب جهة التصنيع في كتيب تعليمات التشغيل.

يجب إجراء أعمال الصيانة والفحص والتعديل بواسطة فنيين مؤهلين فقط. وإن كنت في شك من هذا الأمر، فاستشر جهة تصنيع المُجمد.

قبل إجراء أي أعمال صيانة على المجمد أو خط الأنابيب، يجب إحكام غلق خط الإمداد بالكربوجين وتصريف أي كمية من الضغط المتبقي.

وعند إجراء أعمال صيانة على المجمد، يجب وضع مفتاح الكهرباء الرئيسي في وضع الإغلاق. قبل بدء التشغيل وبعد التركيب أو الصيانة، يجب فحص جميع خطوط الأنابيب والمكونات من الخزان إلى فوهات الحقن بالمجمد وكذلك أنبوب العادم للتأكد من إحكام تركيبها ونظافتها. (راجع القسم ٦-٥).

أبلغ جهة الإمداد بالغاز أو مالك الخزان عند وجود تسريب أو صمامات تنفيس غير مثبتة جيداً حتى يتم اتخاذ الإجراءات المناسبة واستبدالها أو إعادة تثبيتها من جانب الفني المختص. أبلغ عن تكون الجليد أو الثلج أو الصدأ المفرط في صمامات تنفيس الضغط، نظراً لأن هذه الحالات يمكن أن تؤدي إلى عدم فاعلية تشغيل الصمامات.

ظهور جليد على الخزان قد يعني فقدان العزل ويجب الإبلاغ عن هذه الحالة.

١٠ المراجع والمستندات المرفقة

EIGA DOC 174/12/E - المبادئ التوجيهية المتعلقة بالتركيب والاستخدام الصحيح لمجمدات المواد الغذائية التي تعمل بالكربوجين ومعدات التبريد.

EIGA Doc 44 - مخاطر الغازات الخاملة ونضوب الأكسجين

EIGA Doc 51 - إدارة التغييرات

EIGA Doc 51 - أنظمة تصاريح العمل

معلومات الجمعية الأوروبية للغازات الصناعية المتعلقة بالسلامة - مخاطر غاز ثاني أكسيد الكربون الفسيولوجية
MEGA TD 06/14/E - توصيات استخدام معدات الحماية الشخصية في صناعة الغازات الصناعية.