النتروجين

طرق الإنتاج :

يجرى إنتاج النتروجين على النطاق التجارى بأساليب ثلاثة . وهى تكسير الأمونيا ، ومولدات الغاز الخامل ، وتقطير الهواء . ويتوقف انتخاب طريقة دون غيرها على كمية ودرجة نقاء غاز النتروجين المطلوب إنتاجه .

وتستخدم طريقة تحلل الأمونيا عندما يراد الحصول على معدل إنتاج متوسط (من ١,٥ حتى ٧ متر مكعب / ساعة) . وتحفظ الأمونيا عادة على هيئة سائلة تحت ضغط ، وتمرر وهى فى هذه الحالة على عامل مساعد عند ٥٠٠ – ٦٠٠° م ويفصل الهيدروجين الناتج خلال العملية بشكل جزئى أو كلى بإحراقه فى الهواء . ويمكن إجراء كلا العمليتين آلياً ، باستخدام عامل مساعد من الألومينا المبلتنة (المعالجة بالبلاتين) على سبيل المثال مع عامل مساعد من الروديوم المعضد بالألومينا . وتجرى إزالة المياه المتكونة أثناء العملية بتكثيفها . ويستلزم الأمر التخلص من بعض أكاسيد لنتروجين المحتمل تكوينها خلال العملية إذا تعارض وجودها مع الاستخدامات المطلوبة للنتروجين . ويحتوى المنتج النهائى عادة على الهيدروجين . ما لم تبذل جهود كبيرة فى عملية التنقية . وهو من

الأمور المقبولة فى أغراض معينة ، بل قد يكون من المرغوب فيه وجود غاز الهيدروجين فى عمليات ميتالورجية معينة منعاً للأكسدة .

وتستخدم مولدات العاز الخامل عندما يكون مقدار المنتج من ٧ — ١٤٠٠ متر مكعب فى الساعة . وتعتمد هذه المولدات فى عملها على احتراق الوقود مع الكمية المضبوطة من الهواء المطلوب . ويتم ذلك داخل غرف احتراق أفقية مبطنة بالطوب الحرارى ويجرى تبريدها بالماه المارة فى دثار محيط بها . ومن أنواع الوقود التى يشيع استخدامها غاز الاستصباح ، وزيت الغاز (السولار) ، وزيت الديزل ، كما يستخدم أحياناً غاز البروبان أو الهيدروجين أو البيوتان أو غاز المولدات أو غاز الماء . ويوضح جدول (٥) تركيبين نمطيين للغاز الناتج عن استخدام غاز الاستصباح والزيت :

جدول (٥)

	غاز الاستصباح (٪ بالحجم)	الزيت (٪ بالحجم)
نتروجين	٨٧	٨٤
ثانى أكسيد الكربون	١٢	١٥
أكسجين	١	١
أول أكسيد الكربون	١	١
أكسيد النتروجين	٠,٠٠٧٥	٠,٠١٥

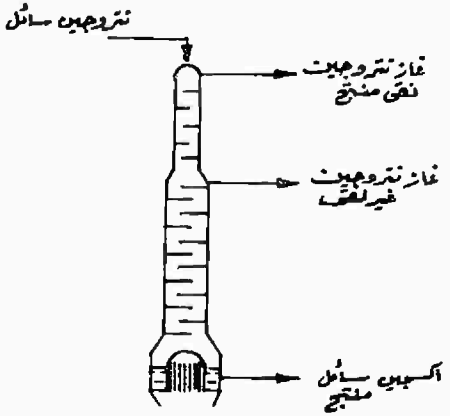
هذا بالإضافة إلى وجود قليل من أكاسيد الكبريت بالمنتج . نظراً لاحتواء الوقود المستخدم على الكبريت . ويستخدم فى بعض المولدات خليط من بخار الماء مع الهواء . وفى هذه الحالة يتضمن المنتج بعض الهيدروجين .

وسيتضح مما يلى أن مولدات الغاز الخامل تعطى منتجاً غير نقى للوهلة الأولى على الرغم من استخدامها أحياناً فى عمليات معينة لتعطى جوًّا خاملاً . لذلك يصبح ضرورياً إزالة بعض الشوائب . وتختلف الطريقة المستخدمة للتنقية تبعًا لدرجة النقاوة المطلوبة للمنتج . ومن هذه الطرق إجراء غسيل بواسطة تيار معاكس فى الاتجاه من الإثيانول أمين فى برج خاص للتخلص من ثانى أكسيد الكربون وغيره من الغازات الحمضية . ثم تؤكسد الأكاسيد غير الحمضية للنتروجين والهيدروجين . وأول أكسيد الكربون قبل التخلص منها . وتمثل نفقات الوقود والقدرة المستخدمة ورأس المال الجزء الرئيسى من تكلفة إنتاج الغاز الخامل . بالإضافة إلى نسبة لا بأس بها تمثل تكاليف عمليات التنقية تبعاً للطريقة المستخدمة .

وتستخدم طريقة فصل مكونات الهواء عند درجة منخفضة عندما يراد الحصول على النتروجين نقيًا بدرجة مرتفعة . أو عندما يكون حجم العملية كبيراً . وتحضر غالبية النتروجين المنتج على نطاق تجارى – فيما عدا النتروجين المطلوب لصناعة الأمونيا المخلقة – بهذه الطريقة . ولا تقل درجة النقاوة فيها عن ٩٩.٥ ٪ . ويكون للمستهلك لمقادير صغيرة أن يستفيد بميزة الإنتاج الكمى وتوزيعه . وتستخدم هذه الطريقة دائماً إذا كان النتروجين مطلوباً على هيئة مسالة .

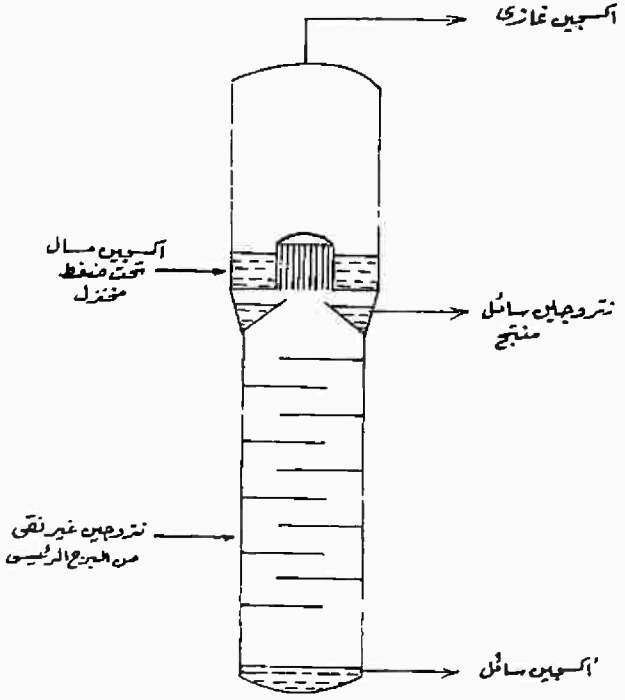
وقد سبق التنويه – عند وصف وحدة إنتاج الأكسجين المسيل فى فصل سابق – باحتواء النتروجين العادم الذى ينصرف من الوحدة على ٢ – ٣ ٪ من الأكسجين . ويرجع السبب الرئيسى لذلك إلى غليان الأرجون فى المدى بين غليان كل من الأكسجين والنتروجين . وحتمية تركه للبرج مع الأكسجين أو النتروجين . فإذا تحدد الهدف من إنشاء الوحدة بإنتاج النتروجين فقط . استلزم الأمر أن تكون مشابهة لوحدة إنتاج الأكسجين . مع تشغيل البرج لإعطاء نتروجين نقى عند قمته وأكسجين درجة نقاوته ٩٠ – ٩٥ ٪ عند قاعدته . كما أنه

من الطبيعى أن تنتج الوحدة أكسجيناً مشوباً بكمية ضئيلة من النتروجين وبالرغم من استحالة الحصول على الكمية الإجمالية للنتروجين المصاحب للأكسجين إلا أنه من الممكن إنتاج بعض النتروجين الغازى النقى (تصل نسبته إلى ٥٠ ٪) ويتحقق ذلك بوضع مزيد من الألواح فى كل من برجى القمة والقاعدة وعمل الترتيب اللازم لسحب النتروجين النقى عند قمة البرج العلوى ، وسحب النتروجين العادم ذى درجة النقاوة الأقل عند موضع منخفض عن ذلك ، كما فى شكل (٣١) . وتوجد طريقة بديلة ، يستخدم فيها برج الأكسيجين مع إمرار جميع النتروجين غير النقى إلى برج قطره أقل ، حيث يمكن فصل بعض النتروجين فيه نقياً .



شكل (٣١)
يوضح جهاز إنتاج النتروجين النقى

ويحتاج بعض المستهلكين إلى النتروجين المسال ، فإذا كانت الكميات المطلوبة قليلة أمكن السحب من تيار النتروجين المسال النقى الخارج من البرج الأسفل (انظر شكل ٣٢) . ويؤدى ذلك إلى خفض كمية السائل المتاح للاستخدام فى البرج العلوى ، كما سيكون له تأثير عكسى على إنتاج



شكل (٣٢)
إنتاج النتروجين السائل

الأكسجين ما لم يحد من ذلك بشدة . أما عندما يتطلب الأمر مقادير ضخمة من النتروجين المسال . فيلزم إضافة برج تكسير آخر يمرر خلاله النتروجين غير النقى الذى يخرج من البرج الرئيسى . ويستخدم الأكسجين السائل تحت ضغط أقل لتكثيف النتروجين عند قمة البرج الثانوى .وتزداد نسبة الأكسجين الغازى إلى الأكسجين المسال الذى ينصرف من الوحدة نظرا لشحن الأكسجين أثناء عملية تكثيف النتروجين .

وتحدد المواصفات القياسية الإنجليزية نوعين من النتروجين الصناعى لا تزيد نسبة الأكسجين فى النوع الشائع عن ٠,٥ ٪ ، ولا تزيد نسبة ثانى

أكسيد الكربون وسائر مركبات الكربون – محسوبة كمكافئ لثانى أكسيد الكربون – عن ١٠ أجزاء فى المليون . ولا تزيد نسبة الهيدروجين عن ٢٠ جزءاً فى المليون بالحجم . ولا تزيد نسبة الأكسجين فى النوع الخاص عن ١٠ أجزاء فى المليون . ولا تزيد نسبة ثانى أكسيد الكربون وسائر مركبات الكربون – محسوبة على أساس أنها ثانى أكسيد الكربون – عن ١٠ أجزاء فى المليون . ولا تزيد نسبة الهيدروجين عن ١٠ أجزاء فى المليون بالحجم . كما تحدد المواصفات كذلك نسبة بخار الماء بما لا يزيد عن ٦٠ جزءاً فى المليون عند التعبئة . وتزداد نسبة بخار الماء فى النتروجين المعبأ فى اسطوانات كلما استهلك النتروجين . ولكن يشترط عدم زيادتها عن ٦٠٠ جزء فى المليون مع انتهاء النتروجين .

استخدامات النتروجين :

يستخدم النتروجين فى الصناعة فى صورته الغازية والسائلة وقد أطلق « لا فوازيه » – وهو أول من اكتشف تركيب الهواء – على النتروجين لفظ الآزوت الذى يعنى عدم الحياة . وهو غاز خامل من الناحية الكيميائية عند درجة الحرارة العادية كما يستخدم على نطاق واسع كوسط خامل . ولكنه يشارك فى عدد من التفاعلات الكيميائية الهامة عند درجات الحرارة المرتفعة . ولا يتعدى استخدام النتروجين الغازى واحداً من القطاعين السابقين . فى حين تتنوع استخدامات النتروجين السائل على الرغم من قلة هذه الاستخدامات .

الاستخدامات الكيميائية :

بديهى أن التثبيت الطبيعى للنتروجين خلال دورة النتروجين ضرورة حياة . وتتضمن هذه الدورة تمثيل النتروجين العنصرى بواسطة بعض كائنات حية مجهرية (دقيقة الحجم) أو باندماج الأكسجين من النتروجين خلال تفريغ

كهربائى . ثم يتبع ذلك عملية غسيل لحمض النتريك بواسطة المطر .

وفى غضون الخمس والسبعين سنة الأخيرة جرت ممارسه عملية التثبيت الاصطناعى للنتروجين على نطاق صناعى . ولعل أهم طريقة تنحصر فى تفاعل النتروجين مع الهيدروجين ليكونا الأمونيا تخليقيًّا ، كما سيأتى ذكر ذلك فيما بعد . وتجدر الإشارة إلى أن هذه الطريقة هى واحدة فقط من طرق تثبيت النتروجين ، وهناك طريقة أخرى حديثة ابتكرها « فرانك وكارو » عام ١٨٩٥ ، وتتضمن تفاعل النتروجين مع كربيد الكالسيوم تحت الضغط الجوى المعتاد وعند درجة الحرارة حوالى ١١٠٠°م لتكوين سيانامید الكالسيوم كما فى التفاعل التالى :

$$\text{كاك}_2 + \text{ن}_2 \longrightarrow \text{كاك ن}_2 + \text{ك}$$

وفى البداية ، كانت تستخدم هذه المادة كمخصب (سماد) كما كانت تستخدم فى تصنيع الأمونيا ، واليوريا ، والسيانيد الأسود . وكانت لا تزال تصنع فى بعض البلدان حيث كانت تستخدم إما كسماد وإما أن يتم تحليلها بالماء إلى ثنائى السيانامید بهدف التحويل إلى الميلامين ، وهو مادة بيضاء متبلورة لها أهميتها فى صناعة اللدائن ، والبلاستيك . ويمكن إجمال التفاعلات التى تحدث فيما يأتى :

$$٢\ \text{كاك ن}_2 + ٤\ \text{يد}_2\text{ا} \longrightarrow ٢\ \text{كا (ايد)}_2 + \text{ك}_2\ \text{يد}_4\ \text{ن}_4$$

(ثنائى السيانامید)

$$٣\ \text{ك}_2\ \text{يد}_4\ \text{ن}_4 \longrightarrow ٢\ \text{ك}_3\ \text{يد}_6\ \text{ن}_6$$ (ميلامين)

من ناحية أخرى ، تصنع كل من الجانيدين والثوريا أيضاً من السيانامید .

ومن الممكن أن يستخدم النتروجين فى صناعة النتريدات المعدنية مثل نيتريدات التيتانيوم ، والزركونيوم ، والتانتالوم ، وهى مواد على جانب كبير من الأهمية على المستوى الصناعى ، إذ تستخدم كمادة مقاومة للبرى والتآكل بسبب صلادتها الشديدة . كما أن مجموعة أخرى من نيتريدات عناصر أخرى

مثل البورون ، والسليكون ، والألومنيوم ، والجارولينيوم تشبه السيراميك . تصمد أمام الحرارة العالية وتقاوم التآكل . إلى جانب استخدامها كأشباه الموصلات . ويمكن الحصول على المجموعة الأولى المشار إليها بتفاعل النتروجين أو الأمونيا مع أكسيد مناسب للفلز فى وجود الكربون ، وهناك بعض العناصر كالسليكون ، والألومنيوم ، والماغنسيوم . كما يمكن الحصول على النيتريدات الخاصة بها ، بتفاعل النتروجين أو الأمونيا مع الفلز نفسه أو مع هيدريد الفلز .

الأجواء الخاملة :

تتوقف الاستخدامات غير الكيميائية لغاز النتروجين أساساً على إحلاله بديلا عن الهواء ، دفعاً لعملية التأكسد المحتملة فى وجود الهواء . ولعل أهم استخدام لهذا الغاز على نطاق واسع ، ينحصر فى عملية تخمير الصلب الذى لا يصدأ . وقد يستخدم النتروجين منفرداً أو فى مخلوط منه مع غاز الهيدروجين الذى يتفاعل كعامل مزيل للتأكسد ، وهناك مخلوط نمطى يحتوى على ٣ ٪ من الهيدروجين .

وهناك اتجاه متزايد نحو استخدام غاز النتروجين على نطاق واسع فى عمليات التعبئة والتغليف ، خاصة تعبئة المواد الغذائية ، وذلك لحمايتها من التلف بفعل البكتيريا ، أو الحريق كما يحفظ لها نكهتها وشذاها

وهناك العديد من المواد التى يتم تداولها بهذا الأسلوب ، منها اللبن ومشتقاته ، والفواكه ، وعصير الفواكه ، وشرائح البطاطس والبطاطا ، وجوز الهند المجفف والبيرة ، والنبيذ ، ومسحوق البيض ، والخضروات المجففة ، والشحوم المعدة للأكل ، والجوز والبندق ، ومنتجات اللحوم ، والبسكويت ، ومنتجات الأسماك ، والقهوة .

وتعتبر الصناعات الكيماوية أكبر مستهلك لغاز النتروجين ، إذ يستخدم أجزاء من النتروجين ، فى عدد من الحالات التى تتضمن مواد قابلة للاشتعال ،

كما يستخدم النتروجين أيضاً تفادياً للتفاعلات الجانبية غير المرغوبة . وفى صناعة البولى – بروبيلين ، يجرى استخدام ستة أمتار مكعبة من غاز النتروجين لكل طن منتج ، وذلك لمنع الآثار الضارة التى تتعلق بوجود آثار من الرطوبة .

وفى صناعة النايلون ، يستخدم النتروجين بمعدل كبير يصل إلى ٦٠ - ١٢٠ متراً مكعباً لكل كيلو جرام من البوليمر المنتج لتعطية ملح النايلون الذى يغذى إلى المفاعلات .

وفى الصناعات المعدنية والميتالورجية التى تتضمن أساليب على جانب كبير من التعقيد تكنولوجياً ، يستخدم دثار من النتروجين لمنع عمليات التأكسد . وعليه فهو يستخدم فى صناعة الترانزستورات من بلورات الجيرمانيوم ، كجو خامل وأيضاً كعامل لمعالجة هذه البلورات ، حتى تحتوى على بعض الشوائب بنسب متحكم فيها . وفى هذه الحالة يمكن فقط استخدام النتروجين حتى لا تكون هناك تفاعلات مع الفلز . فإذا ما كان هناك أدنى احتمال لحدوث تفاعلات كان استخدام غاز الأرجون المرتفع التكاليف كبديل للنتروجين أمراً حتمياً .

ولم تقف استخدامات غاز النتروجين عند هذا الحد . بل وجد طريقهُ أيضاً فى الصناعات الكهربائية وفى خطوط نقل القدرة الكهربائية حيث تمد الكبلات وغيرها . ولكن إذا ما زادت القلطية عن ٦٦،٠٠٠ ، كان هناك احتمال حدوث تأين للجيوب الغازية بداخل العازل الكهربائى وعليه فإنه تحتم ملء هذه الفجوات بالزيت أو بغاز النتروجين تحت ضغط عال ، وعادة ما يصل إلى ١٤ ضغط جوى . وباستخدام غاز النتروجين فى هذا المجال أتاح اختزال سمك العازل الكهربائى ، فصار الكبل أصغر حجماً وأخف وزناً . كما اختزل أيضاً من المقاومة الحرارية له ، وأصبح فى الإمكان استخدام أحمال كهربائية متزايدة . من ناحية أخرى فقد تحسن النقل الحرارى خلال الموصل الكهربائى ، ومن ثم تلافى الارتفاع المفرط فى درجة الحرارة .

استخدامات النتروجين السائل :

اتسع نطاق استخدام النتروجين السائل بصورة متزايدة فى الآونة الأخيرة ولذلك زادت الكميات المستهلكة منه زيادة كبيرة . وتعتمد تطبيقات النتروجين المسال على خواص التبريد للنتروجين السائل . وتيسر وجوده فى أكثر البلدان المتقدمة تصنيعاً .

وحيث أن لنتروجين السائل يغلى عند - ١٩٦ م لذلك يعد مكلفاً بدرجة أكثر عن وسائل التبريد الأخرى التى لا تنخفض نقطة غليانها إلى مثل هذه الدرجة . فإذا تطلب الأمر منسوباً معتدلاً للتبريد - وليكن درجات قليلة من الحرارة أقل من نقطة تجمد المياه أصبح استخدام ماكينة تبريد عادية أو حتى ثانى أكسيد الكربون أصلح لانخفاض التكلفة ولكن هناك حالة خاصة يستخدم فيها النتروجين السائل على الرغم من أن منسوب التبريد المطلوب منسوب عادى . وذلك فى حالة تسويق (توزيع) الغذاء . نظرا لتميز هذه الطريقة عن غيرها من الطرق بسرعة التبريد .

تسويق الغذاء :

عندما يتطلب الأمر الاحتفاظ بدرجة حرارة شاحنات نقل الأغذية المجمدة عند درجة حرارة - ٢٠م مثلا حتى يتم توزيع هذه الأغذية على عدد من العملاء فإن ذلك يستغرق وقتاً طويلا قد يصل إلى عدة ساعات إذا استخدمت لهذا الغرض وحدة تبريد تقليدية تعمل على محرك الشاحنة . وبالإضافة إلى ارتفاع درجة حرارة الحيز الداخلى للشاحنة عقب فتح أبوابها كل مرة خاصة فى أثناء فصل الصيف . مما يؤدى إلى ارتفاع فى درجة حرارة ما تحمله الشاحنة من مواد ويستغرق إعادة تبريد الحيز الداخلى للشاحنة وما تحتويه من مواد إلى درجة الحرارة المطلوبة وقتاً ليس بالقصير .

ولذلك تستخدم مادة مبردة ذات درجة غليان منخفضة مثل النتروجين

السائل ، ويستخدم مقدار ضئيل من هذه المادة التى يجرى تصعيدها (تبخيرها) لتبريد الشاحنة بسرعة والاحتفاظ بدرجة حرارة منتظمة على الرغم من فتح الأبواب نتيجة ارتفاع محتواها البارد . ويتم عمل ترتيبات للتحكم الأوتوماتى فى درجة الحرارة بالربط بين أداة قياس درجة الحرارة وبين صمام دخول النتروجين السائل الموضوع على قمة حيز التبريد . وبذلك يعمل كمطلق للشرر حيث يقوم باعتاق تيار من نقط صغيرة من النتروجين السائل والغاز البارد ، وبذلك يبرد الحيز بسرعة .

ويطلق على هذه العملية أحياناً اسم التيار القطبى ، وقد استخدمت فى الولايات المتحدة كذلك فى عربات الشحن بالسكك الحديدية . ولا تتميز هذه الطريقة باحتياجها إلى تبريد مبدئى أقل وانتظام درجة الحرارة فحسب ، ولكن تتميز كذلك ببساطة المعدات الميكانيكية المطلوبة وانخفاض الرطوبة المنقودة بالتصعيد فى حالة الحمل القسرى التى يتضمنها التبريد الميكانيكى

المواد الحية :

كثيراً ما وجد أن التبريد السريع للخلايا الحية حتى درجة حرارة النتروجين السائل يحدث حالة من الإنعاش المعلق ، بمعنى أنه عند تدفئة المادة ثانية حتى درجة الحرارة العادية – ولو بعد مضى وقت كبير – يتضح عدم فسادها على الإطلاق .

ومن الأمثلة الشائعة على الإنعاش المعلق وتصله بالأغذية ، عملية الإخصاب الاصطناعى وهى عملية تستخدم منذ زمن طويل مع الخيل والكلاب وبالأخص مع الماشية . ويكون للحيوانات المنوية حياة محدودة عند درجة حرارة الجو حتى درجات قليلة تحت نقطة تجمد الماء . فإذا ما تم تبريد الحيوانات المنوية الخاصة بالثيران بسرعة حتى درجة حرارة النتروجين السائل ، أصبح من الممكن حفظها لسنوات عديدة ، قد تصل إلى قرن من الزمان أو

يزيد . ويوجد حوالى ٥٠ بنكا للحيوايات المنوية فى المملكة المتحدة مثلا ، وأكثر من ذلك الرقم بكثير فى الولايات المتحدة حيث يعد حفظ الحيوانات المنوية الخاصة بالثيران مجرد عملية تبريد . ويستخدم النتروجين السائل لحفظ الدم البشرى إلى ما لانهاية تقريباً بالمقارنة بالمدة العادية وهى حوالى ثلاثة أسابيع – ومن الأمور الأساسية فى ذلك تبريد الدم حتى درجة حرارة النتروجين السائل خلال فترة لا تزيد عن الدقيقة الواحدة ، وكذلك تسخينه ثانية بمنتهى السرعة حتى درجة حرارة الدم عندما يراد استخدامه .

كما يستخدم النتروجين السائل فى العديد من الأغراض المتصلة بمهنة الطب ، كاستخدامه لحفظ نخاع العظام والغدد والأنسجة ، أيضاً يستخدم النتروجين المسال لخفض درجة حرارة الجسم حتى الحد الأدنى من الشغل لتجمده . ومن الأمثلة الأخرى تدمير النمو السرطانى بالتجمد والتدفئة المتتالين . ونظراً لشيوع استخدام هذه الأساليب فى الطب استحدث اصطلاح الجراحة التبريدية على نطاق واسع .

العمليات الميكانيكية :

تتغير خواص كثير من المواد عند درجة حرارة النتروجين السائل بحيث يمكن الاستفادة العملية من هذا التغير . ومن أمثلة ذلك انكماش جميع الغازات عند تبريدها فتنشأ نتيجة ذلك عملية يطلق عليها التوفيق بالانكماش . وتستخدم هذه العملية عندما يراد إيلاج جزء معدنى داخل فتحة بإحكام شديد . فمن غير المتيسر إجراء ذلك بأية وسيلة ميكانيكية إلا فى حالة الأحجام الصغيرة أما فى حالة الأحجام الكبيرة كإدخال قلم تنظيف داخل ماسورة مدفع أوإدخال عمود معدنى داخل أسطوانة عملاقة كما هو مطلوب فى عمليات مناجم الفحم المكشوفة ، فمن الأفضل إنجاز ذلك بإجبار الجزء المطلوب إدخاله على التقلص الشديد . ويتحقق ذلك بغمسه فى النتروجين السائل ثم إيلاجه بعد ذلك

فى المكان المطلوب والسماح له باستعادة حرارته ثانية فيثبت فى مكانه بإحكام شديد .

وعندما يراد صيانة المواسير المدفونة تحت الأرض ، يحفر خندق حتى يتمكن العمال من الوصول إلى المواسير . وتوجد لبعض أنواع من التربة ، خاصة فى وجود جو رطب ميل لانزلاق ترابها فتنهار وتملأ الخندق ، ومن ثم تعوق عمليات الصيانة . لذلك كان الاتجاه إلى معالجة التربة بالنتروجين السائل لتجميد الرطوبة الموجودة فيها ، فيظل شكل الخندق ثابتاً لساعات عديدة تكفى للانتهاء من أعمال الصيانة المطلوبة .

وعند درجات الحرارة المنخفضة التى يوجد عندها النتروجين السائل ، تصبح المواد البلاستيكية المخلقة وكذلك المطاط صلدة وقصيفة . وعندئذ يمكن طحن هذه المواد وهى فى حالة قصيفة للحصول على مسحوق يتم سكه بعد ذلك إلى الأشكال المطلوبة . وتحتوى الأشياء المسبوكة من المطاط عدة على زوائد (رايش) متصلة بها . ويمكن قطع هذه الزوائد بتبريدها فى النتروجين السائل ثم التخلص منها بدلا من القطع بتحريكها مع بعضها داخل أسطوانة .

الميتالورجيا :

تتغير خواص بعض الفلزات عند درجة حرارة النتروجين السائل ، وقد أمكن الاستفادة من ذلك عند تشكيل الفلزات . ويستعرض الجزء التالى – باختصار – بعض إمكانيات الاستفادة من ذلك على الصعيد الصناعى .

وعند تشغيل بعض السائك الخاصة ، تتولد كمية كبيرة من الحرارة عند السطح المشترك بين أداة التشغيل والشغلة . ويؤدى ذلك إلى انخفاض عمر الأداة – بغض النظر عن تأكسد سطح الشغلة ، وحدوث تصلد نتيجة للشغل الذى تتعرض له ويستخدم أحياناً تبريد ثانى أكسيد الكربون ولكن عندما يستخدم النتروجين السائل فى التبريد تتحقق نتائج أفضل على الرغم من

ارتفاع التكلفة ، ويمكن إطالة عمر الأداة والتخلص من التأثيرات السيئة على سطح الشغلة .

وعند درفلة أنواع معينة من الصلب غير القابل للصدأ عند درجة حرارة النتروجين السائل بدلا من درجة الحرارة العادية ، تطرأ زيادة فى متانة الشد وإجهاد الخضوع والصلادة .

ويطلق على هذه الظاهرة أحياناً اصطلاح « الدرفلة الصِّفْرية » . وتتزايد المتانة أكثر بتسخين الصلب حتى ٤٢٥ م بعد المعالجة السابقة بالتبريد .

وهناك عملية أخرى تعرف « بالإطالة الباردة » تجرى على الأوعية المشكلة . فتغلق جميع فتحات الوعاء باستثناء فتحة واحدة خاصة بوصلة الغاز . ثم يبرد الوعاء فى النتروجين السائل ويسمح له بالمرور تحت ضغط داخل الوعاء من الوصلة المفتوحة . ويثبت الضغط حتى تحدث استطالة للوعاء بنسبة ١٥٪ باستخدام اسطمبة تعطى الأبعاد النهائية . وتحدث زيادة فى متانة الشد للوعاء عند تدفئته بعد ذلك حتى درجة الحرارة العادية . وبذلك يمكن للفولاذ فى حالات معينة منافسة الألياف الزجاجية المربوطة بالشعيرة ، والتى تصنع منها هذه الأوعية كما فى حالة أغلفة الصواريخ والطوربيدات والأوعية الكروية التى تستخدم لتخزين الغازات .

ويمكن تخفيف إجهادات سبائك الألومنيوم عند درجات الحرارة المنخفضة . وبذلك تقل المشاكل التى يحتمل نُشُوؤها عند إجراء مزيد من العمليات على هذه السبائك .