



Safetygram-7

ไนโตรเจนเหลว (Liquid Nitrogen)

ลักษณะทั่วไป

ไนโตรเจนเป็นก๊าซเฉื่อย ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่มีฤทธิ์กัดกร่อน ไม่ติดไฟ และเย็นจัด ในบรรยากาศทั่วไปจะมีส่วนผสมของไนโตรเจนเป็นหลัก (78.03% โดยปริมาตร, 75.5% โดยน้ำหนัก) ไนโตรเจนเป็นก๊าซเฉื่อยและไม่ช่วยในการติดไฟ อย่างไรก็ตามมนุษย์และสัตว์ไม่สามารถใช้ดำรงชีวิตได้

ไนโตรเจนเป็นก๊าซเฉื่อย ยกเว้นเมื่อถูกความร้อนสูงและรวมกับโลหะบางชนิด เช่น ลิเทียมและแมกนีเซียม จะเปลี่ยนเป็นสารประกอบไนไตรด์และเซรามิก หากรวมกับออกซิเจน จะเปลี่ยนเป็นสารประกอบจำพวกออกไซด์ของไนโตรเจน และเมื่อรวมกับไฮโดรเจน (hydrogen) ภายใต้อิทธิพลของตัวเร่งปฏิกิริยา (catalysts) จะเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของสารประกอบแอมโมเนีย

เนื่องจากไนโตรเจนไม่มีฤทธิ์กัดกร่อน การกักเก็บไนโตรเจนจึงไม่จำเป็นต้องใช้วัสดุพิเศษเพื่อป้องกันการกัดกร่อน แต่ต้องเป็นวัสดุที่ทนทานต่ออุณหภูมิเย็นจัดของไนโตรเจนเหลวได้ และเพื่อสำหรับบรรจุต้องออกแบบตามข้อกำหนดของ “America Society of Mechanical Engineers” (ASME) หรือตามมาตรฐานของ “Department of Transportation” (DOT) ซึ่งนำอุณหภูมิและความดันเข้ามาร่วมพิจารณาด้วย

ถึงแม้สถานะทั่วไปของไนโตรเจนมักอยู่ในรูปของแก๊สการกักเก็บและขนย้ายนิยมนำไนโตรเจนเหลวเนื่องจากสะดวกและมีค่าใช้จ่ายที่ถูกกว่า

เมื่อไนโตรเจนแปรสภาพเป็นของเหลวจะกลายเป็นของเหลวที่มีอุณหภูมิเย็นจัด (cryogenic liquid) คือ แก๊สเหลวใดๆที่มีจุดเดือดต่ำกว่า -238°F (-150°C) ในขณะที่ไนโตรเจนเหลวมีจุดเดือด -320.5°F (-195.8°C) อุณหภูมิที่แตกต่างกันอย่างมากระหว่างไนโตรเจนเหลวและสถานะแวดล้อมภายนอก การเก็บกักต้องป้องกันความร้อนจากบรรยากาศภายนอกจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องใช้อุปกรณ์พิเศษในการบรรจุและเก็บรักษา

ระบบดังกล่าวมีส่วนประกอบคือ ถังบรรจุแก๊สเหลวสำหรับเก็บของเหลวที่เย็นจัด vaporizers ระบบการควบคุมอุณหภูมิและแรงดัน ท่อต่างๆ สำหรับการเติมและจ่ายแก๊ส ถังบรรจุแก๊สเหลวมักเป็นถังที่มีชั้นสุญญากาศ ความร้อนจากภายนอกจึงไม่สามารถผ่าน

เข้าไปถึงของเหลวที่บรรจุอยู่ภายในได้ vaporizers ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนความร้อนทำให้ไนโตรเจนเหลวกลายเป็นแก๊ส ท่อควบคุมระบบความดันทำหน้าที่ควบคุมความดันก่อนจ่ายเข้าไปกระบวนการผลิต ดังนั้นส่วนกระบวนการที่ใช้ไนโตรเจนแบบเหลวจึงไม่จำเป็นต้องใช้ vaporizers และท่อควบคุมแรงดัน

ลักษณะทางกายภาพและเคมีของไนโตรเจนแสดงรายละเอียดตามตารางที่ 1

ขั้นตอนการผลิต (Manufacture)

ไนโตรเจนได้จากการทำให้อากาศกลั่นตัวกลายเป็นของเหลวและผ่านเข้าสู่หอกลั่น ซึ่งทำให้ได้ไนโตรเจนเหลวในสถานะที่เย็นจัด

การใช้ประโยชน์

ไนโตรเจนเป็นสารเคมีที่มีมูลค่าการซื้อขายมากที่สุดในโลก ใช้ประโยชน์ทั้งกับการการผลิตเพื่อการค้าและการใช้เพื่อพัฒนาเทคโนโลยี ในรูปแบบไนโตรเจนเหลวนิยมนำไปใช้สำหรับแช่แข็งอาหาร ขึ้นรูปพลาสติกและยาง ทำความเย็น ปรับแต่งโลหะ รักษา หรือใช้เก็บตัวอย่างทางชีวภาพ บด และอุตสาหกรรมอีกมากมายที่เกี่ยวข้องกับการใช้ความร้อนความเย็น

ผลกระทบต่อร่างกายและสุขภาพ

เนื่องจากคุณสมบัติไม่มีกลิ่น ไม่มีสี ไม่มีรส และไม่ระคายเคือง จึงไม่สามารถใช้ประสาทสัมผัสทั้งห้าเพื่อให้ทราบว่ามิใช่ไนโตรเจนในบริเวณเพียงใดและถึงแม้ไนโตรเจนเป็นแก๊สเฉื่อยที่ไม่มีความเป็นพิษ แต่สามารถก่อให้เกิดอันตรายได้โดยการแทนที่ออกซิเจนในอากาศ การสูดดมไนโตรเจนในปริมาณที่มากเกินไปทำให้เกิดอาการวิงเวียน คลื่นไส้ อาเจียน หมดสติ และอาจถึงแก่ชีวิตได้ เนื่องจากความสามารถในการตัดสินใจลดลงหรือหมดสติไม่สามารถช่วยเหลือตัวเองได้ ซึ่งสภาวะขาดออกซิเจนนี้อาจนำไปสู่การหมดสติและตายได้ภายในเวลาอันรวดเร็วโดยไม่สามารถรู้ล่วงหน้า

สำหรับข้อมูลสนับสนุนเรื่องสภาวะขาดออกซิเจนให้ดูรายละเอียดคร่าวๆ ใน Safetygram-17 ในหัวข้อเรื่อง “อันตรายจากสภาวะขาดออกซิเจน”



การสัมผัสในไนโตรเจนเหลวหรือสถานะที่ไอสไนโตรเจนเหลวที่เย็นจัดทำให้เกิดการไหม้บนผิวหนังหรือเนื้อเยื่อที่สัมผัส

คนทุกๆ ไปรวมถึงหน่วยกู้ภัยไม่ควรเข้าไปในบริเวณที่มีปริมาณออกซิเจนในอากาศที่น้อยกว่า 19.5% หากปราศจากเครื่องช่วยหายใจ เช่น SCBA หรือ Air Line Respirator

ภาชนะบรรจุ (Containers)

ไนโตรเจนเหลวจะบรรจุ ขนส่ง และจัดเก็บในภาชนะหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับปริมาณในการใช้งานของลูกค้านั้น เช่น Dewar ท่อบรรจุแก๊สเหลว (cylinder) และแบบถังบรรจุแก๊สเหลวเย็นจัด ซึ่งปริมาณบรรจุมีตั้งแต่ไม่กี่ลิตรจนเป็นหลายพันแกลลอน เนื่องจากมีความร้อนบางส่วนสามารถเล็ดลอดเข้ามา ฉะนั้นการระเหยจึงเกิดขึ้นตลอดเวลา ทั้งนี้อัตราการระเหยขึ้นอยู่กับการออกแบบภาชนะรวมถึงปริมาณของการบรรจุ

ภาชนะบรรจุต้องออกแบบและผลิตขึ้นตามมาตรฐานสเปกที่เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิและแรงดัน



รูปที่ 1

A typical dewar

Dewars

รูปที่ 1 แสดงภาชนะบรรจุแบบ Dewar ซึ่งมีชั้นสุญญากาศ มีฝาครอบกันฝุ่นที่ติดอยู่ทางออกเพื่อป้องกันความชื้นจากภายนอก และยังใช้สำหรับระบายแก๊สที่เกิดจากการระเหยของไนโตรเจนเหลวออกสู่บรรยากาศ ภาชนะบรรจุแบบนี้ใช้กับการบรรจุแบบไม่มีแรงดัน ขนาดบรรจุเป็นหน่วยลิตร โดยมีขนาดบรรจุตั้งแต่ 5 – 200 ลิตร สำหรับการใช้งานหากเป็นถึงขนาดเล็กลูกค้าจะใช้วิธีเทไนโตรเจนเหลวออกมา แต่กรณีถึงขนาดใหญ่ต้องใช้ระบบเพื่อนำไนโตรเจนมาใช้งาน บางครั้งถึงประเภท ท่อบรรจุแก๊สเหลวถูกเข้าใจผิดว่าเป็น dewar

ตารางที่ 1

คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของไนโตรเจน

Molecular Weight	28.01
Boiling Point @ 1 atm	-320.5°F (-195.8°C)
Freezing Point @ 1 atm	-346.0°F (-210.0°C)
Critical Temperature	-232.5°F (-146.9°C)
Critical Pressure	492.3 psia (33.5 atm)
Density, Liquid @ BP, 1 atm	50.45 lb/scf
Density, Gas @ 68°F (20°C), 1 atm	0.0725 lb/scf
Specific Gravity, Gas (air=1) @ 68°F (20°C), 1 atm	0.967
Specific Gravity, Liquid (water=1) @ 68°F (20°C), 1 atm	0.808
Specific Volume @ 68°F (20°C), 1 atm	13.80 scf/lb
Latent Heat of Vaporization	2399 Btu/lb mole
Expansion Ratio, Liquid to Gas, BP to 68°F (20°C)	1 to 694

ท่อบรรจุแก๊สเหลว (Cryogenic Liquid Cylinders)

รูปที่ 2 แสดงท่อบรรจุแก๊สเหลวซึ่งมีฉนวนและชั้นสุญญากาศ (Vacuum Jacket) และติดตั้งวาล์วลดแรงดันและ Rupture discs ถึงดังกล่าวมีแรงดันในการใช้งานประมาณ 350 psig และมีความจุระหว่าง 80 – 450 ลิตร

การนำแก๊สออกมาใช้งานต้องส่งผ่านมายัง Vaporizer ภายใน ในรูปแบบของแก๊สหรือออกมาในรูปของของเหลวภายใต้ความดัน สำหรับรายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับโครงสร้างและวิธีการทำงานของถังบรรจุประเภทนี้ สามารถหาได้จาก Safetygram-27 “Cryogenic Liquid Containers”

ท่อบรรจุแก๊สเหลว (Cryogenic Storage Tanks)

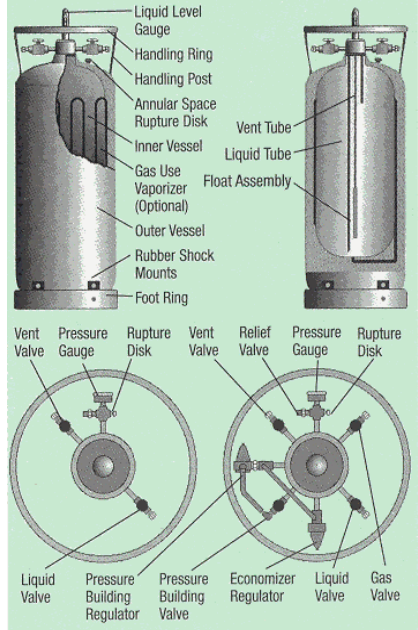
รูปแบบการติดตั้งของภาชนะประเภทนี้ (ดูรูปที่ 3 ประกอบ) ประกอบไปด้วยถังบรรจุแก๊สเหลว ระบบระเหย และระบบควบคุมความดัน ถังบรรจุอาจมีลักษณะทรงกลมหรือเป็นถังแนวตั้งโดยติดตั้งประจำ เช่น สถานีจ่ายแก๊สหรือติดตั้งบนรถไพหรือรถบรรทุกเพื่ออำนวยความสะดวกโดยขนาดบรรจุตั้งแต่ 500 – 42,000 แกลลอน มีฉนวนทั้งแบบผงและชั้นสุญญากาศอยู่ภายในช่องว่างพร้อมกับระบบควบคุมการเติม การสร้างความดัน ระบบระบายความดัน ระบบจ่ายแก๊ส และถังสุญญากาศ ซึ่งออกแบบตามมาตรฐาน ASME ในหัวข้อที่เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิและแรงดัน

ระบบการจ่ายของเหลว (Transfer lines)

เพื่อให้เกิดความปลอดภัยในการจ่ายผลิตภัณฑ์ของเหลวออกจาก Dewar หรือท่อบรรจุแก๊สเหลว รูปแบบของระบบการจ่ายของเหลวสำหรับถัง Dewar จะถูกต่ออยู่กับหัวจ่ายซึ่งสามารถใช้สร้างความดันหรือใช้ความดัน

รูปที่ 2

Internal Cylinder Configuration, top. Overhead view of low-pressure liquid withdraw, bottom left. Overhead view of liquid and high-pressure gas withdraw, bottom right.



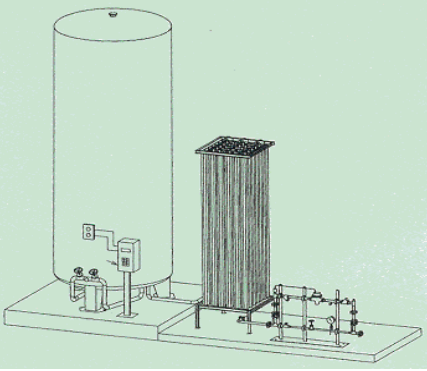
จากภายนอกมาช่วยการไหลของแก๊สเหลวสำหรับท่อบรรจุแก๊สเหลว ใช้ระบบวาล์วมาช่วยในการควบคุม

แก๊สเหลวในถังที่ถูกดูดขึ้นมาใช้งานจะผ่านสายที่หุ้มฉนวนเพื่อป้องกันการสูญเสียของผลิตภัณฑ์จากการระเหย อาจใช้เป็นสายชนิดอ่อนหรือแข็งก็ได้ขึ้นอยู่กับการออกแบบของผู้ผลิต

หมายเหตุ : ท่อบรรจุแก๊สเหลวสำหรับไนโตรเจนได้รับการออกแบบให้มีวาล์วตามมาตรฐานของ

รูปที่ 3

รูปแบบสถานีหัวจ่ายแบบถังบรรจุแก๊สเหลว (Cryogenic Storage Tank)



“Compressed Gas Association” (CGA) และต้องติดตั้งอุปกรณ์ลดแรงดันที่เหมาะสมด้วย นอกจากนี้ระบบจ่ายแก๊สเหลวก็ควรได้ตามมาตรฐาน CGA ซึ่งกำหนดให้หัวจ่ายสำหรับแก๊สเหลวแตกต่างจากระบบแก๊ส เพื่อป้องกันการใช้ข้อต่อผิดประเภทระหว่างแก๊สเหลวและแก๊ส

การขนส่งไนโตรเจนเหลว

ภาชนะสำหรับบรรจุไนโตรเจนเหลวเพื่อการขนส่งซึ่งถูกบรรจุอยู่ภายใต้ความดันที่ 25 psig (40 psia) ซึ่งได้รับการอนุญาตจาก UN/DOT กรณีที่ภาชนะผลิตตามมาตรฐานอื่นต้องผ่านการอนุมัติจาก DOT เสียก่อน สำหรับบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่งไนโตรเจนเหลวภายใต้ความดันที่สูงกว่า 25psig (40 psia) ต้องได้รับการออกแบบ ผลิต และทดสอบจากมาตรฐานของ DOT เท่านั้น

สำหรับการขนส่งทางอากาศบรรจุภัณฑ์ทั้งหมดต้องเป็นไปตามข้อกำหนดของ “International Air Transport Association/International Civil Air Organization” (IATA/ICAO) ว่าด้วยเรื่องข้อกำหนดสำหรับสินค้าอันตรายเฉกเช่นเดียวกับข้อกำหนดของ DOT

วัสดุอันตรายประเภท (DOT Hazard Class): 2.2

ป้ายกำกับการขนส่ง (DOT Shipping Label):

แก๊สไม่ติดไฟ (รูปที่4) ยกเว้นถังบรรจุสินค้าภายใต้แรงดัน 23 psig

เลขทะเบียนสารเคมี (Identification Number):

UN1977

ชื่อของสินค้า (DOT Shipping Name):

ไนโตรเจนเหลว Nitrogen, Refrigerated liquid 2.2, UN1977

การพิจารณาความปลอดภัย

การสัมผัสไนโตรเจนเหลวอาจทำให้ผิวหนังไหม้เนื่องจากอุณหภูมิที่เย็นจัด การขยายตัวของ

รูปที่ 4

คุณบัติทางกายภาพและเคมีของไนโตรเจน



ไนโตรเจนเหลวอาจทำให้เกิดความดันเนื่องจากแก๊สเหลวสามารถขยายตัวอย่างรวดเร็วเป็นก๊าซปริมาณมาก หากระบบระบายที่ไม่เพียงพอ และอาจหมดสติได้ฉับเนื่องจากไนโตรเจนเข้าไปแทนที่ออกซิเจนในบริเวณที่อับอากาศ

ในสภาวะอับอากาศให้ใช้เครื่องวัดปริมาณความเข้มข้นของออกซิเจนตรวจสอบก่อนเข้าไปในบริเวณนั้น รายละเอียดเพิ่มเติมจาก Material Safety Data Sheet (MSDS)

พื้นที่ในการติดตั้ง

เนื่องจากอัตราการขยายตัวที่สูงมากจากการเปลี่ยนแปลงสถานะของไนโตรเจนเหลวเป็นแก๊ส ต้องจัดเตรียมระบบระบายอากาศที่เพียงพอในบริเวณที่ใช้งานคืออย่างน้อย 6 เท่าของอัตราการถ่ายเทของอากาศในหนึ่งชั่วโมง

นอกจากนี้ควรใช้เครื่องมือวัดปริมาณออกซิเจนเพื่อตรวจสอบในบริเวณที่อาจเกิดสภาวะอับอากาศดังกล่าวด้วย

OSHA ได้กำหนดไว้ว่า ปริมาณออกซิเจน 19.5% ในอากาศเป็นความเข้มข้นต่ำสุดที่มนุษย์สามารถทำงานได้โดยไม่ต้องมีระบบช่วยหายใจ

พึงจำไว้ว่า: ไนโตรเจนไม่มีสัญญาณเตือนอันตราย

การปฏิบัติงานและการจัดเก็บ

จัดเก็บไว้ในที่มีอากาศถ่ายเทได้สะดวก ห้ามเก็บในที่อับอากาศ ภาชนะบรรจุต้องมีอุปกรณ์ระบายแรงดันอัตโนมัติเพื่อควบคุมความดันภายใน ปกติภาชนะบรรจุนี้จะมีการระบายแก๊สเป็นระยะๆ ห้ามอุด เคลื่อนย้าย หรือ ถอดอุปกรณ์ลดแรงดันเป็นอันขาด

ระวังมิให้ส่วนใดส่วนหนึ่งของร่างกายสัมผัสกับท่อซึ่งไม่มีฉนวนหรือภาชนะที่บรรจุของเหลวเย็นจัดเพราะความเย็นจัดของโลหะทำให้เนื้อเยื่อติดกับโลหะได้อย่างรวดเร็ว และเนื้อเยื่ออาจฉีกขาดเมื่อพยายามดึงออก

การเคลื่อนย้ายต้องใช้รถบรรทุกที่เหมาะสม ภาชนะควรถูกวางในลักษณะแนวตั้ง ห้ามนอนหรือกึ่งนอนในแนวนอน ห้ามปลดหรือเปลี่ยนข้อต่อ

ติดต่อผู้ขายถ้าพบปัญหาในการใช้งานของวาล์วและข้อต่อ และห้ามฝืนใช้งานต่อ ควรใช้ข้อต่อที่อยู่ในสภาพดีเท่านั้น **ห้ามใช้ตัวแปลงข้อต่อโดยเด็ดขาด!**

ใช้ท่อและอุปกรณ์ที่ถูกต้องแบบมาเพื่อใช้งานกับความดัน สำหรับระบบจ่ายแก๊สต้องติดตั้งวาล์วหรืออุปกรณ์ป้องกันการไหลกลับ และเพื่อป้องกันของเหลวเย็นจัดหรือหรือแก๊สเย็นจัดที่ถูกกักอยู่ระหว่าง ท่อกับวาล์วจึงควรจะต้องติดตั้งอุปกรณ์ลดแรงดันด้วย ท่อที่ใช้งานต้องเป็นวัสดุที่ใช้สำหรับของเหลวเย็นจัดเท่านั้น

ยางและโลหะบางชนิดอย่างเช่น carbon steel อาจจะเปราะหรือแตกหักได้ง่ายเมื่อสัมผัสกับอุณหภูมิที่เย็นจัดและอาจเกิดรอยร้าวได้ง่าย ดังนั้นวัสดุเหล่านี้จึงไม่เหมาะสมที่นำมาใช้เป็นระบบท่อนำของแก๊สเหลว

สำหรับข้อมูลเพิ่มเติมในการกักเก็บและจัดการกับของเหลวเย็นจัดให้ดูรายละเอียดใน Safetygram-16 เรื่อง “Safe Handling of Cryogenic Liquids” และ CGA Pamphlet P-12 เรื่อง “The Safe Handling of Cryogenic Liquids”

อุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคล (PPE)

ผู้ปฏิบัติงานควรศึกษาคุณสมบัติและความปลอดภัยก่อนเข้าไปปฏิบัติงานกับไนโตรเจนเหลวและ/หรืออุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง

ตาเป็นส่วนที่ไวต่อความเย็นจัดของไนโตรเจนเหลวและไอของไนโตรเจน อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลที่แนะนำเมื่อต้องปฏิบัติงานกับไนโตรเจน นอกเหนือไปจากแว่นตานิรภัยแล้วคือ อุปกรณ์ป้องกันบริเวณใบหน้า ถุงมือหนังที่มีฉนวนป้องกันอุณหภูมิเย็นจัด เสื้อแขนยาวและกางเกงขายาวที่ปราศจากขอบแขนเสื้อ เพื่อลดโอกาสสัมผัสหรือป้องกันกรณีที่ของเหลวกระเด็นออกมา รวมทั้งรองเท้านิรภัย ในกรณีที่ฉุกเฉินต้องจัดเตรียมเครื่องช่วยหายใจ (SCBA) ไว้ด้วย

การปฐมพยาบาล

รีบนำผู้ป่วยที่ขาดออกซิเจนออกสู่อากาศถ่ายเทได้ดี ถ้าหากผู้ป่วยหายใจลำบากต้องรีบให้ออกซิเจนและนำส่งโรงพยาบาล

อุปกรณ์ช่วยหายใจ (SCBA) เป็นสิ่งจำเป็นในการป้องกันและใช้ในการช่วยชีวิต

สำหรับผิวหนังที่สัมผัสกับไนโตรเจนเหลวให้รีบ
ปลดหรือถอดเสื้อผ้าบริเวณนั้นออกเพื่อป้องกัน
การซึมและลุกลาม ห้ามถูบริเวณผิวหนังที่แข็งตัว
เนื่องจากทำให้เนื้อเยื่อบริเวณนั้นบาดเจ็บยิ่งขึ้น ให้
รีบล้างผิวหนังบริเวณดังกล่าวด้วยน้ำสะอาดหรือน้ำ
อุ่นที่มีอุณหภูมิไม่เกิน 105°F (40°C) ในปริมาณ
มากๆ และต่อเนื่องและห้ามใช้การรักษาด้วยความ
ร้อนแบบแห้ง (Dry Heat)

รีบนำส่งแพทย์โดยทันที เนื้อเยื่อบริเวณแข็งตัวไม่
มีความรู้สึกและซีดคล้ายขี้ผึ้ง ต่อมาจะกลายเป็น
แผลพุพอง แสบ และอาจติดเชื้อได้ เมื่อบาดแผล
บริเวณที่แข็งตัวจนอ่อนตัวลงให้นำผ้าสะอาดที่
ปราศจากเชื้อคลุมให้ทั่วบริเวณดังกล่าวจนกว่าจะ
ได้รับการรักษา

ในกรณีที่ผิวหนังสัมผัสไนโตรเจนเหลวเป็น
บริเวณกว้าง ให้ล้างด้วยน้ำสะอาดหรือน้ำอุ่นใน
ปริมาณมากๆ เพื่อให้ผิวหนังอ่อนตัวและตัดเสื้อผ้า
บริเวณนั้นออก และติดต่อแพทย์โดยทันที

ถ้าตาโดนไอเย็นหรือไอระเหยของไนโตรเจน
เหลว ให้ล้างออกทันทีด้วยน้ำสะอาดปริมาณมากๆ
หรือน้ำอุ่นอุณหภูมิไม่เกิน 105°F (40°C) และรีบ
นำส่งโรงพยาบาลทันที

การระงับอัคคีภัย

เนื่องจากไนโตรเจนเป็นสารไม่ติดไฟ จึงไม่จำเป็นต้อง
ติดตั้งอุปกรณ์และระงับอัคคีภัย อย่างไรก็ตาม
หากเกิดเหตุฉุกเฉินห้ามฉีดน้ำไปที่จุดรั่วโดยตรง
เนื่องจากทำให้เกิดน้ำแข็งและอุดตันระบบท่อส่ง
ผลทำให้ภาชนะบรรจุนเสียหายได้



