

Halogen Free

โดย รวีณา วิฑูรปกรณ์



รองผู้จัดการฝ่ายจัดซื้อเคมีและฝ่ายขายต่างประเทศ
บริษัท แอร์โรเฟลทซ์ จำกัด

ปัจจุบัน สังคมเราต้องการผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมา ได้มีการออกกฎระเบียบ มาตรฐานความปลอดภัย และมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมขึ้นมาเรื่อยๆ ไม่ว่าจะเป็น RoSH, Green Building, Green Label, Halogen Free เป็นต้น สินค้าประเภท Green Products จึงเป็นที่ต้องการมากขึ้น ทำให้ผู้ผลิตสินค้าเกือบทุกประเภทต้องพยายามสร้างนวัตกรรมในการผลิตสินค้าที่ปลอดภัย และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการลดปริมาณการใช้สารเคมีที่อาจเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมทั้งในระหว่างกระบวนการผลิต และในตัวผลิตภัณฑ์เองซึ่งหนึ่งในหัวข้อที่มีการพูดถึงบ่อยที่สุดคือ Halogen Free

ฮาโลเจน(Halogen) คือ?

ฮาโลเจน คือธาตุในหมู่ 7 ในตารางธาตุ เป็นอโลหะโดยปกติจะไม่พบเป็นอะตอมเดี่ยว แต่จะจับตัวกันเองเป็นโมเลกุลคู่ (X₂) หรือเป็นสารประกอบ (เมื่อ X คืออะตอมของธาตุฮาโลเจน) เมื่อฮาโลเจนรวมตัวกับไฮโดรเจนอยู่ในสถานะกรด (HX) จะเป็นกรดแก่ ยกเว้นไฮโดรเจนฟลูออไรด์ (HF) ที่เป็นกรดอ่อนที่ใช้ในการกัดแก้ว ธาตุฮาโลเจนมี 5 ชนิดคือ

ฟลูออรีน (Fluorine, F) มีสถานะเป็นก๊าซสีเหลืองอ่อน มีความไวต่อปฏิกิริยามากที่สุด สามารถทำปฏิกิริยาได้แม้กระทั่งกับก๊าซเฉื่อยอย่างซีนอน (Xe) สารประกอบฟลูออไรด์ใช้ได้ ในอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น ฟรีออน (CFC) ในอุตสาหกรรมปรับอากาศ ฟลูออไรด์เคลือบป้องกันฟันผุ เป็นต้น

คลอรีน (Chlorine, Cl) มีสถานะเป็นก๊าซสีเขียวอ่อน มีการใช้งานกว้างขวาง เช่นการฆ่าเชื้อโรค และใช้ปรับสภาพกรดในการทดลองเคมี เป็นต้น

โบรมีน(Bromine, Br) มีสถานะเป็นของเหลวสีน้ำตาลแดง ใช้ประโยชน์ได้หลายด้าน เช่นใช้ในการผลิตสารกันไฟได้ เป็นต้น

ไอโอดีน(Iodine, I) มีสถานะเป็นของแข็งสีม่วงดำ เมื่อทำละลายในสารละลายมีซีล จะเป็นสีน้ำตาลแดง แต่เมื่อทำละลายในสารละลายไม่มีซีลจะเป็นสีม่วง ประโยชน์ที่เป็นที่รู้จักกันทั่วไปคือสามารถใช้เป็นยาฆ่าเชื้อโรค (เบตาดีน) ได้

แอสทาทีน (Astatine, At) เป็นธาตุกัมมันตรังสีที่มีปริมาณน้อยมากในธรรมชาติ ไม่ค่อยมีการกล่าวถึงนัก

ธาตุหมู่ 7 (Halogen) นี้เป็นธาตุที่ไวต่อปฏิกิริยาเคมีมาก และเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตหากได้รับในปริมาณมากมักอยู่ในรูปของ”เกลือฮาโลเจน” และเนื่องจาก แอสทาทีน (At) เป็นธาตุกัมมันตรังสีที่มีปริมาณน้อยมากในธรรมชาติส่วนใหญ่เมื่อพูดถึง Halogen Free จึงมักหมายถึง ฟลูออรีน คลอรีน โบรมีน และไอโอดีน เท่านั้น และที่พบมากเป็นพิเศษคือกลุ่มคลอรีน และโบรมีนซึ่งหาง่ายและมีราคาถูกกว่าตัวอื่น

Halogen-Free คือ?

โดยทั่วไป คำว่า Halogen-Free จะหมายถึงวัสดุที่ไม่มีการจงใจเติมสารประกอบฮาโลเจนลงไป เว้นแต่จะเกิดจากความไม่บริสุทธิ์ของวัสดุเอง ซึ่งมักมีปริมาณที่น้อยมากจนตรวจแทบไม่พบ หรือวัสดุที่มีการปล่อยสารฮาโลเจนออกมาในรูปผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้ (by-product) ในระหว่างกระบวนการผลิต แต่ผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ได้ออกมาไม่มีฮาโลเจน ซึ่งโดยปกติแล้วในการทดสอบจะยอมรับได้หากฮาโลเจนที่ตรวจพบมีปริมาณน้อยมากๆ

ฮาโลเจนชนิดใดที่มักก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม?

ไม่ใช่ฮาโลเจนหรือสารประกอบฮาโลเจนทุกชนิดที่เป็นอันตราย สารประกอบฮาโลเจนบางชนิดกลับมีประโยชน์ด้วยซ้ำ

เช่นคลอรีน และไอโอดีนในเกลือแกง (NaCl) ไอโอดีนในยาเบตาดีน และฟลูออไรด์ที่ใช้เคลือบป้องกันฟันผุ (แต่หากให้มากเกินไปในเด็กเล็ก จะก่อให้เกิดโรคฟันตกกระในฟันแท้ภายหลังได้) เป็นต้น

สารประกอบฮาโลเจนกลุ่มที่ก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม มักอยู่ในรูปสารประกอบอินทรีย์ (Organo Halogen Compounds) หรือกลุ่มพอลิเมอร์ที่มีฮาโลเจนเป็นส่วนประกอบหรือที่เรียกกันสั้นๆ ว่า“ฮาโลคาร์บอน” ตัวอย่างฮาโลคาร์บอนนักวิทยาศาสตร์

พบว่าฮาโลคาร์บอนหลายชนิดก่อปัญหาต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม อย่างตัวที่เป็นอันตรายและมีกฎหมายห้ามใช้แล้วเช่นPCB (Polychlorinated Biphenyl), PBB (Polybrominated Biphenyl), PBDE (Polybrominated Diphenyl Ethers), DDT (dichloro-diphenyl-trichloroethane) และสารประกอบคลอรีนและโบรมีน บางชนิดที่จัดอยู่ในกลุ่มสารทำลายชั้นโอโซนเช่นสารในกลุ่ม CFC และ HCFC ที่ใช้มากในวงจรทำความเย็น เป็นต้น

ตารางที่ 1 ตัวอย่างพิษภัยของฮาโลคาร์บอนบางชนิด*

ชนิดของฮาโลคาร์บอน	ตัวอย่างการใช้งาน	ลักษณะความเป็นพิษ
PCN (Polychlorinated naphthalene)	สารหล่อลื่น, ไขมันอมเนื้อไม้, เคลือบสายไฟ เพื่อเพิ่มความเป็นฉนวน, ใช้เป็นสารเติมแต่งในยาง (ยางสังเคราะห์เช่นนีโอเพรน) และพลาสติก, ใช้เป็นสารไดอิเล็กตริก ในตัวเก็บประจุและหน่วยการตีไฟ	ผื่นคันบนผิวหนัง, โรคตับ, เป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ
DDT (Dichloro-diphenyl-trichloroethane)	ยาฆ่าแมลง ยากันยุง	อาการทางสมอง ภูมิแพ้ เนื้ออก (ในลิง) อาจก่อมะเร็ง (ตับ) และอาจส่งผลกระทบต่อ พัฒนาการและการสืบพันธุ์ของมนุษย์ DDT เป็นสารมลพิษคงทน (อายุในสิ่งแวดล้อมประมาณ 2-15 ปี) เชื่อกันว่า DDT



		เป็นต้นเหตุของ การลดลงอย่างรวดเร็วของ สัตว์ผู้ล่าเช่นเหยี่ยว นกอินทรี และสัตว์ใน ห่วงโซ่อาหาร เช่น กุ้ง หอย ปู ปลา
PCB (Polychlorinated Biphenyl)	สารหล่อเย็น, ใช้เป็น ฉนวนหม้อแปลงฯ และ ตัวเก็บประจุ, ใช้เป็นสาร เพิ่มเสถียร PVC, ผสมทำ ยาฆ่าแมลง, น้ำมันไฮ ดรอลิก, ใช้เป็นสารหน่วง การติดไฟ	มีนคันบนผิวหนัง, ทำลายตับ, ภูมิคุ้มกัน บกพร่อง, ทารกมีพัฒนาการช้าความจำ ลดลง, ส่งผลต่อ การผลิตฮอร์โมนเอสโตรเจน ทำให้เกิดผิดปกติในระบบการสืบพันธุ์, ก่อ มะเร็ง

* ข้อมูลจาก ThaiRoSH.org

ฮาโลคาร์บอนหลายชนิดก็มีประโยชน์มาก และใช้กันอยู่ทั่วไปในชีวิตประจำวัน แต่ก็สามารถปล่อยสารพิษได้หากสัมผัสเปลวไฟ เช่น เทฟลอน (Teflon) หรือที่มีชื่อเรียกทางเคมีว่า Poly-tetrafluoroethylene (PTFE) เป็นวัสดุทนความร้อนสูง และมีความปลอดภัยมาก เนื่องจากมีโครงสร้างทางเคมีที่เสถียรแต่เมื่อโดนความเผา จะเกิดก๊าซพิษรุนแรงเรียกว่า เพอร์ฟลูออโรไอโซบิวทิลีน (Perfluoroisobutylene, PFIB) ซึ่งใช้เป็นอาวุธเคมี หากสูดดมในปริมาณมาก จะทำให้เกิดอาการปอดบวมน้ำ เป็นอันตรายถึงแก่ชีวิต พีวีซี มีชื่อเรียกทางเคมีว่า Polyvinyl Chloride เป็นหนึ่งในพอลิเมอร์ที่มีการใช้งานแพร่หลาย กว้างขวางที่สุด เนื่องจากมีราคาถูก แต่ไม่เสถียร และไม่ทนความร้อนมากเท่าเทฟลอน เมื่อถูกเผาไหม้ คาร์บอนไฟที่ได้จะมีองค์ประกอบของกรดไฮโดรคลอริก ซึ่งก่อให้เกิดการระคายเคืองอย่างรุนแรงแม้ความเข้มข้นต่ำที่ประมาณ 100 ppm แต่จะทำให้เสียชีวิตได้ต้องมีความเข้มข้นสูงขึ้นไป 2600 ppm (ทดลองกับหนูเป็นเวลา 30 นาที) สารกันไฟที่มีส่วนประกอบของโบรมีน (Brominated Flame Retardants, BFRs) เช่น polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) และ polybrominated biphenyls (PBBs) เป็นต้น มักใช้ผสมในพอลิเมอร์เพื่อลดปริมาณควันและลดการลามไฟ แต่ควันที่ออกมา ก็มีสารพิษปริมาณมากเช่นกัน

ภัยจากฮาโลเจน

ปัญหาของฮาโลคาร์บอนมีทั้งปัญหาที่เกิดจากตัวสารประกอบเอง และปัญหาที่เกิดจากการสลายตัวของฮาโลคาร์บอนทำให้เกิดการปลดปล่อยฮาโลเจนในสภาวะที่ควบคุมไม่ได้หรือไม่มีการควบคุมดีพอ เช่น การเกิดเพลิงไหม้ อาจเกิดสารประกอบฮาโลได์ที่มีฤทธิ์กัดกร่อนรุนแรงหรือสารประกอบอื่นเช่น สารไดออกซิน (Dioxins) และฟูแรน (Furans) หลุดออกจากโครงสร้างไปสู่สิ่งแวดล้อมสารประกอบเหล่านี้เมื่อสะสมในร่างกายมนุษย์ทำให้เกิดการผิดปกติทางพันธุกรรมทำให้ภูมิคุ้มกันบกพร่องทำให้เป็นโรคเบาหวานและมะเร็ง เป็นต้น

สารประกอบฮาโลเจนจะสามารถปล่อยสารกัดกร่อนได้หากสัมผัสตัวทำลาย หรือถูกไฟเผา ดังนั้นในกรณีที่เกิดเพลิงไหม้ วัสดุที่มีฮาโลเจนเป็นส่วนประกอบจะถูกสันดาปเกิดควันพิษที่มีฤทธิ์กัดกร่อน ที่ทำให้เกิดการระคายเคืองต่อเยื่อต่างๆ เช่น เยื่อบุทางเดินหายใจทำให้หายใจไม่สะดวก, เยื่อบุชั้นตาทำให้แสบตา รวมๆ แล้วคือทำให้ความสามารถการหลบหนีจากกองเพลิงลดลงและกรณีร้ายแรงยิ่งขึ้นคือเมื่อสูดเอาก๊าซที่เป็นกรดเหล่านี้มากเกินไป จะทำให้เนื้อปอดเสียหายหายใจไม่ออก น้ำท่วมปอดและเสียชีวิตได้ในที่สุด

ไฮโดรเจนคลอไรด์ (Hydrogen Chloride, HCl) และ ไฮโดรเจนโบรไมด์ (Halogen Bromide, HBr) เป็นกรดรุนแรงที่แตกตัวได้เป็นอย่างดีในน้ำก๊าซที่เป็นกรดดังกล่าวสามารถก่อให้เกิดการระคายเคืองอย่างรุนแรงแม้ที่ความเข้มข้นต่ำที่ประมาณ 100 ppm แต่จะทำให้เสียชีวิตได้ต้องมีความเข้มข้นสูงขึ้นไป 2600 ppm (ทดลองกับหนูเป็นเวลา 30 นาที)

มีรายงานฉบับหนึ่งรายงานว่ามนุษย์สามารถทน HCl ได้ที่

แทนชุดเจ้าน้ำมันกลางทะเลเป็นต้นตัวอย่างความสูญเสียร้ายแรง เช่นเหตุที่เกิดในสถานีรถไฟใต้ดินในเกาหลีใต้ ในเดือนกุมภาพันธ์ ปี 2003 ที่คร่าชีวิตผู้คนไปถึง 120 คน บาดเจ็บอีกจำนวนมาก เนื่องจากก๊าซพิษ และควันดำที่เป็นอุปสรรคในการเข้าไปช่วยเหลือของพนักงานดับเพลิง

ส่วนในกรณีทั่วๆ ไป วัสดุที่มีฮาโลเจนเจือปนอยู่ หากสัมผัสกับโลหะนานๆ จะออกซิไดซ์ทำให้โลหะดำและผุกร่อนได้ ตัวอย่าง

ตารางที่2 ผลต่อมนุษย์ของปริมาณไฮโดรเจนคลอไรด์ในอากาศในระดับต่างๆ กัน

Approximate Concentration (ppm)	Exposure Time	Effect
1-5		Limit of Detection by odor
>5	Unspecified	Immediately irritating
>10	Occupational	Highly irritating, although workers develop some tolerance
10	Prolonged	Maximum tolerable
10 – 50	A few hours	Maximum tolerable
35	Short	Throat irritation
50 -100	1 hour	Maximum tolerable
1000 – 2000	Short	Dangerous

Source: National Research Council of the National Academies, Hydrogen Chloride: Acute exposure guideline level, Acute Exposure Guideline Levels for Selected Airborne Chemicals, Vol.4, The National Academies Press, Washington, DC, 2004, 79.

10 ppm เมื่อความเข้มข้นสูงขึ้นไปเป็น 70 -100 ppm มนุษย์ต้องรีบหนีออกจากห้องเพราะเกิดการระคายเคืองอย่างรุนแรงโดยมีอาการไอและเจ็บหน้าอกร่วมด้วยรายงานดังกล่าวรายงานอีกว่ามนุษย์สามารถทน HCl ได้ 1 ชั่วโมงที่ความเข้มข้น 50 ppm และจะเป็นอันตรายมากเมื่อมีความเข้มข้น 1000 – 2000 ppm แม้ในระยะสั้นๆ ตารางด้านล่างนี้เป็นการสรุปเรื่องของผลของ HCl ที่มีต่อมนุษย์ในระดับความเข้มข้นต่างๆ

ควันที่มีไฮโดรเจนเฮไลต์อย่าง HCl และ HBr ซึ่งเป็นกรด จะสามารถทำลายอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่อยู่บริเวณที่ควันสัมผัสโดน เนื่องจากการกัดกร่อนจะเกิดขึ้นได้ทุกซอกทุกมุมที่ควันแทรกซึมเข้าไปได้ ดังนั้น ในอาคารที่ถูกไฟไหม้ ส่วนที่ไม่ได้สัมผัสเปลวไฟก็สามารถเกิดความเสียหายได้มาก หากมีควันที่เต็มไปด้วยฮาโลเจนไปสัมผัสเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์เหล่านั้น

นอกจากนี้ อันตรายจากควันพิษจะถูกคำนึงถึงเป็นอย่างมากโดยเฉพาะในบริเวณพื้นที่ปิดหรือจำกัด เช่น เรือ รถไฟ จรวด

เช่นในระบบปรับอากาศ หรือ รีแอกเตอร์เคมี ที่มีการใช้ฉนวนหุ้มบนท่อหรืออุปกรณ์ที่เป็นโลหะ ก็จำเป็นต้องคำนึงถึงเรื่องการผุกร่อนภายใต้ฉนวนที่มีฮาโลเจนผสมอยู่ด้วยโดยเฉพาะหากอยู่ในสถานะที่มีตัวทำละลาย หรือไอระเหยของตัวทำละลายอยู่ด้วย เช่น ใช้น้ำหรือน้ำที่ควบแน่นในระบบปรับอากาศ จะทำละลายเอาฮาโลเจนออกมากลายเป็นกรดที่ละน้อย ฮาโลเจนที่มักพบในฉนวนก็เช่น คลอรีนจากพีวีซี หรือโบรมีนจากสารกันไฟ เป็นต้น

อย่างไรก็ตามความเร็วการเกิดปฏิกิริยาไม่ได้เกิดขึ้นอย่างฉับพลัน แต่จะค่อยๆ เกิด ซึ่งกว่าท่อโลหะจะผุกร่อนใช้งานไม่ได้ก็กินเวลานานมาก ดังนั้นผู้ที่เลือกฉนวนและวัสดุที่ปลอดฮาโลเจน จึงมักคำนึงถึงความปลอดภัยหากเกิดเพลิงไหม้มากกว่า ซึ่งแม้โบรมีนและคลอรีนจะเป็นส่วนผสมของสารกันไฟและลดควัน แต่เมื่อถูกเผาไหม้ ก็ก่อให้เกิดไอระเหยของกรดที่เป็นอันตรายดังที่ได้อธิบายมาแล้ว



จากที่กล่าวมาทั้งหมดนี้อันตรายจากวัสดุที่มีฮาโลเจนนั้น มักเกิดขึ้นเมื่อถูกเผาไหม้ เกิดควันพิษ มีเขม่าแล้วฮาโลเจนก็จัดเป็นธาตุที่มีความสำคัญมาก เนื่องจากทำปฏิกิริยาได้หลากหลาย ใช้เป็นสารปรับสภาพกรดเบสได้เป็นอย่างดี

สินค้าปลอดภัยที่กำลังเป็นที่ต้องการในตลาด ทำให้ผู้ผลิตต้องพยายามหาทางเลือกปริมาณสารเคมีที่สามารถก่อให้เกิดอันตรายต่อชีวิต และหาเคมีหรือวัสดุทดแทนที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมา

ใช้แทน แต่ดังที่กล่าวมาแล้วคือ ฮาโลเจนนั้น มีทั้งคุณและโทษ ขอให้พิจารณาผลดีผลเสียของวัสดุที่ใช้ตามความเหมาะสม เพราะคงเป็นไปได้ยากที่วัสดุทุกชนิดในโลกจะผลิตโดยไม่มีสารฮาโลเจนเจือปนอยู่เลย แต่หากการใช้นั้นอาจก่อให้เกิดผลเสีย หรืออันตราย เช่นควันพิษในอาคารขณะเกิดเพลิงไหม้อาจทำให้จำนวนผู้เสียชีวิตเพิ่มขึ้น ผู้ออกแบบ และผู้รับเหมาก่อสร้างก็ควรพิจารณาประเด็นนี้เช่นกัน 



อุบัติเหตุน้ำมันรั่วที่อ่าวเม็กซิโก ก่อให้เกิดไฟไหม้



อุบัติเหตุไฟไหม้อพาร์ทเมนต์ในประเทศจีน ปี 2009

