ประเด็นที่เกี่ยวข้องเรื่องการกัดกร่อน กับข้อบังคับ RoHS สามารถมีผลกระทบต่ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

คุณวันฉัตร เลี่ยมสอาด
AAF International (Thailand) Co., Ltd.

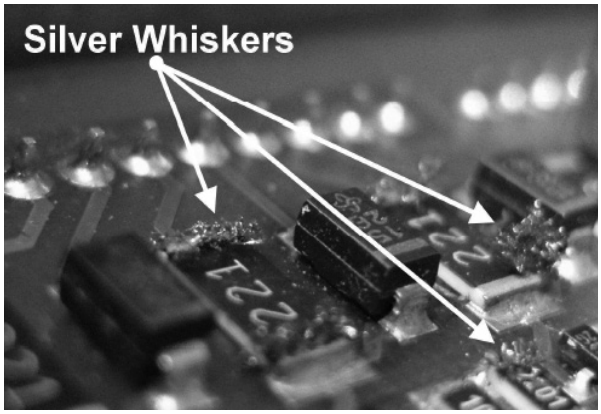
บทคัดย่อ

ในหลายทศวรรษที่ผ่านมาอุปกรณ์อิเล็คโทรนิคมีการใช้อย่างแพร่หลายในการควบคุมกระบวนการผลิตต่างๆและเพิ่มผลตอบแทนในงานอุตสาหกรรม ซึ่งห้องควบคุมอุปกรณ์อิเล็คทรอนิกส์โดยปกติจะมีการจัดสภาพแวดล้อมของห้องตามมาตรฐาน ISA-71.04-2013

ในปัจจุบันทางสหภาพยุโรปมีข้อกำหนด (RoHS) ในการใช้สารอันตรายในอุปกรณ์อิเล็คทรอนิกส์ ทำให้ผู้ผลิตอุปกรณ์อิเล็คทรอนิกส์ส่วนใหญ่เปลี่ยนจากการใช้ตะกั่วในการประสานวงจรต่างๆ มาเป็นเทคโนโลยี่อื่น เช่น เงิน ซึ่งมีความอ่อนไหวมากก่อให้เกิดการกัดกร่อนของแก๊ซได้ง่ายขึ้น แผงวงจรก็จะเกิดความล้มเหลวได้อย่างรวดเร็ว ถึงแม้สภาพแวดล้อมยังอยู่ในระดับที่ไม่รุนแรงนัก ซึ่งก่อนหน้านี้ปัญหาเรื่องการกัดกร่อนของแก๊ซจะใช้ระยะเวลาค่อนข้างนาน

คำนำ

การกัดกร่อนของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เนื่องจากมลพิษทางอากาศนั้นเกิดขึ้นมาเป็นเวลาหลายปี ซึ่งในอดีตเกิดขึ้นเฉพาะในโรงงานอุตสาหกรรม เช่น โรงงานเยื่อและกระดาษ, ปิโตรเคมี และโรงกลั่นน้ำมัน โดยอุตสาหกรรมประเภทนี้จะมีปริมาณกำมะถัน ไฮโดรเจนซัลไฟด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ค่อนข้างสูง ดังนั้นแผงวงจรในอุตสาหกรรมเหล่านี้จะกัดกร่อนเนื่องจากการทำปฏิกิริยาของแก๊ซกับความชื้น



รูปที่ 1 Silver Whiskers Growing out of Circuit Board Components

ในปัจจุบันแก๊สที่มีผลก่อให้เกิดการกัดกร่อนของอุปกรณ์อิเล็คทรอนิกส์ คือ hydrogen sulfide, sulfur dioxide, chlorine, ozone, hydrogen fluoride, nitrogen dioxide, ammonia ซึ่งแก๊ซเหล่านี้ มีผลต่อการเกิดการกัดกร่อนเป็นอย่างมาก ขึ้นอยู่กับค่าความเข้มข้นของแก๊ส มีอยู่ 4 ระดับ คือ G1,G2,G3 และ GX ตามรูปที่ 2

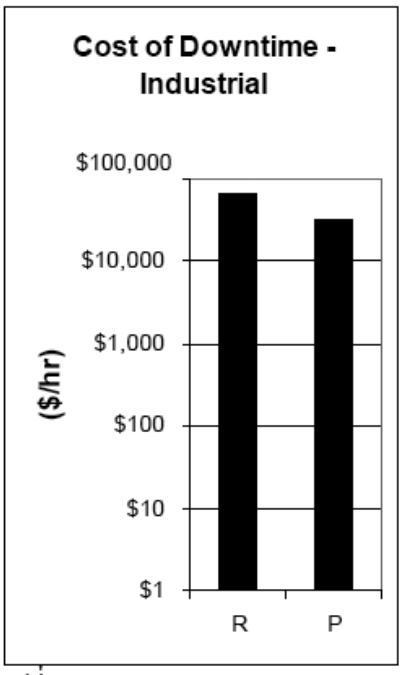
ค่าใช้จ่ายจากการหยุดการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมการผลิต

ในกระบวนการผลิต เช่น โรงเยื่อ โรงกระดาษ และ โรงกลั่นน้ำมัน เรื่องของการกัดกร่อนมีผลกระทบค่อนข้างสูงเนื่องจากการกัดกร่อนของสารเคมีต่ออุปกรณ์อิเล็คทรอนิกส์สามารถนำไปสู่การปิดระบบของกระบวนการทำงาน — รวมถึงเวลาผลิตที่หายไป ส่วนในอุตสาหกรรมอื่นๆ การกัดกร่อนในเซิฟเวอร์ทำให้ข้อมูลเสียหาย รวมถึงการทำธุรกรรมต่างๆต้องหยุด ซึ่งความเสียหายเหล่านี้ทำให้เกิดผลกระทบในด้านต่างๆ เช่น เสียเวลา ความน่าเชื่อถือขององค์กร และ รายได้ที่ขาดหายไปในระหว่างระบบหยุดการทำงาน โดยรูปที่ 3 และรูปที่ 4 จะแสดงการสูญเสียของรายได้คิดต่อชั่วโมงของแต่ละอุตสาหกรรม

Severity level		G1 Mild	G2 Moderate	G3 Harsh	GX Severe
	Gas concentration†				
Contaminant	Gas	Concentration			
Reactive species †,‡ Group A	H_2S	<3	< 10	< 50	≥ 50
	SO_2,SO_3	< 10	< 100	< 300	≥ 300
	Cl_2	< 1	< 2	< 10	≥ 10
	NOx	< 50	< 125	< 1,250	≥ 1,250
Group B§	HF	< 1	< 2	< 10	≥ 10
	NH_3	< 500	< 10,000	< 25,000	≥ 25,000
	O_3	< 2	< 25	< 100	≥ 100

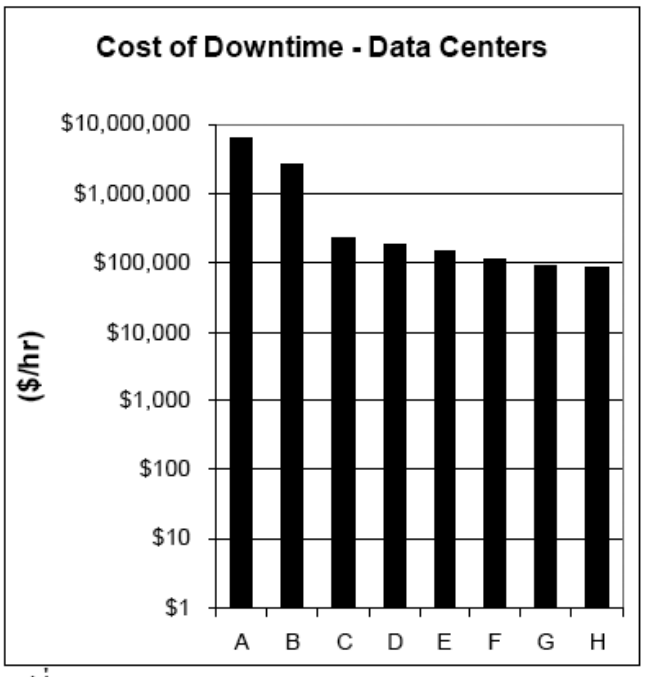
†Parts per billion by volume (ppbv) average for test period for the gases in Groups A and B.

รูปที่ 2 Contaminant concentrations versus severity level



รูปที่ 3 Cost of Industrial Downtime

R = Refinery;
P = Pulp and Paper Mill



รูปที่ 4 Cost of Data Center Downtime

A = Brokerage operations;
B = Credit card authorization;
C = Ebay;
D = Amazon.com;
E = Package shipping services;
F = Home shopping channel;
G = Catalog sales center;
H = Airline reservation center

RESTRICTION OF HAZARDOUS SUBSTANCES (RoHS)

ปัจจุบันอุปกรณ์อิเล็คทรอนิกส์ต้องมีการควบคุมสารอันตรายที่ใช้ในการผลิตเพื่อที่จะสามารถผ่านมาตรฐานของ RoHS(Restriction of Hazardous Substances) โดย RoHS เป็นระเบียบข้อบังคับที่มุ่งให้ประเทศสมาชิก EU เพื่อจำกัดการใช้สารเคมีอันตรายในสินค้าประเภทเครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เพื่อเป็นการคุ้มครองสุขภาพมนุษย์และสิ่งแวดล้อม ต้องมีสารที่ไม่เป็นอันตราย 6 ประเภท ได้แก่

1. Lead
2. Mercury
3. Cadmium
4. Hexavalent Chromium
5. Polybrominated biphenyls (PBB)
6. Polybrominated diphenyl Ethers (PDBE)

หลังจากมีการควบคุมสารอันตรายโดยลดตะกั่วในการบัดกรีและใช้อย่างอื่นแทน เช่น เงิน ทำให้แผงวงจรเกิดการกัดกร่อนได้ง่าย ตารางที่ 1 แสดงให้เห็นถึงความล้มเหลวของแผงวงจรก่อนที่จะได้มาตรฐาน RoHS ซึ่งในสภาพแวดล้อมที่ดี (G1) อายุการใช้งานอาจจะถึง 4-5 ปี ในสภาพแวดล้อมที่เลวร้ายที่สุด (GX) ก็อาจจะเหลือแค่ 4 เดือน ส่วน ตารางที่ 2 แสดงให้เห็นถึงระยะเวลาในการใช้งานของแผงวงจรในโรงงานอาทิเช่น โรงงานผลิตยาง โรงงานเยื่อและกระดาษ และโรงงานบำบัดน้ำเสีย ซึ่งหลังจากมีมาตรฐาน RoHS จะอยู่ได้เพียง 2-4 เดือน ส่วนในพื้นที่ที่มีความเข้มข้นของกำมะถันสูงๆ จะมีอายุการใช้งานเพียง 4 สัปดาห์

TABLE 1 – Circuit Board Failures Before RoHS[12]

ISA Severity Level	Time to Failure
G1 – Mild	4-5 years
GX – Severe	4-6 months

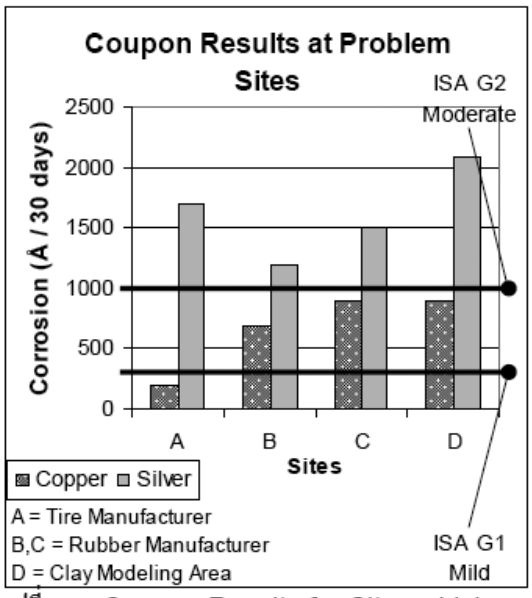
TABLE 2 – Circuit Board Failures After RoHS[9]

Environment	Time to Failure
Rubber Manufacturer	2-4 months
High Sulfur Areas	4 weeks

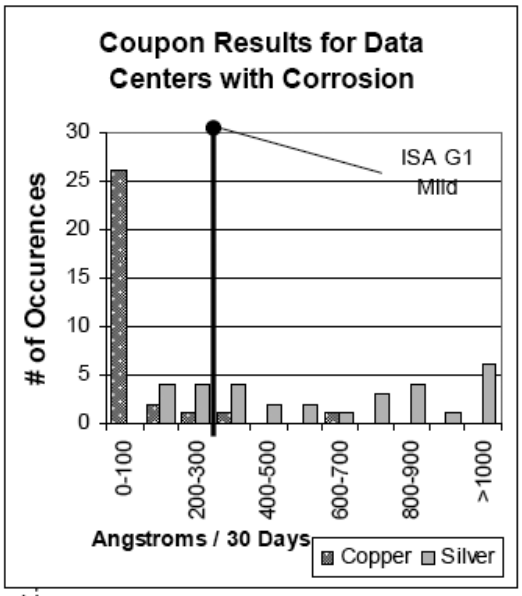
การตรวจสอบการกัดกร่อน

หลายบริษัทมีการตรวจสอบสภาพแวดล้อมที่มีการใช้อุปกรณ์ตามมาตรฐานของ RoHS โดยการใช้คูปองที่เป็นทองแดงและเงิน วางไว้ในบริเวณของแผงวงจรของอุปกรณ์ไฟฟ้า การติดตามตรวจสอบแบบนี้คือ “การตรวจสอบการเกิดปฏิกิริยา” ที่น่าสนใจคือผลลัพท์ที่เกิดการกัดกร่อนขึ้นของคูปองเงิน จะมีมากกว่าการกัดกร่อนของทองแดง ตามรูปที่ 5 ส่วนรูปที่ 6 คือ ผลลัพธ์ของคูปองที่ติดตั้งบริเวณของศูนย์ข้อมูล (Data Center) โดยผลการรายงานการเกิดการกัดกร่อน มี 81% ของผลลัพธ์ของคูปองทองแดงในช่วง Angstroms ในระดับ 0 — 100 Angstroms. ในส่วนของ คูปองเงินมีมากกว่า 50% ที่มีค่าเกิน 400 Angstroms.

ผลลัพธ์เหล่านี้คือสาเหตุความกังวลเกี่ยวกับการกัดกร่อนของอุปกรณ์อิเล็คทรอนิกส์มาตรฐาน ISA-71.04-2013 ได้จัดหมวดหมู่ของคุณภาพของสิ่งแวดล้อม โดยใช้แผ่นคูปองเป็นตัววัดและวิเคราะห์ ซึ่งแบ่งตามเกณฑ์คือ G1 = เบา, G2 = ปานกลาง, G3 = รุนแรง และ GX = รุนแรงมาก โดยจะเป็นผลต่ออายุการใช้งานของแผงวงจรในอุปกรณ์อิเล็คทรอนิกส์ตาม TABLE 3



รูปที่ 5 – Coupon Results for Sites which Housed RoHS Compliant Boards with Quick Failure Times



รูปที่ 6 – IBM Coupon Results for Data Centers with Copper Creep Corrosion or Silver Corrosion or Both

TABLE 3 — Current Classification Scheme of ISA-71.04-2013 Based Solely on Copper and silver

Classification	Copper Angstroms /30 days	Silver Angstroms /30 days	Current Reliability Statement
G1-Mild	< 300	< 200	An environment sufficiently well controlled such that corrosion is not a factor in determining equipment reliability
G2-Moderate	< 1000	< 1000	An environment in which the effects of corrosion are measurable and may be a factor in determining equipment reliability
G3-Harsh	< 2000	< 2000	An environment in which there is a high probability that corrosive attack will occur. These harsh levels should prompt further evaluation resulting in environmental controls or specially designed and packaged equipment.
GX-Severe	≥ 2000	≥ 2000	An environment in which only specially designed and packaged equipment would be expected to survive. Specifications for equipment in this class are a matter of negotiation between user and supplier.

สรุป

อุปกรณ์ควบคุมอิเล็คทรอนิกส์ที่ทำตามมาตรฐาน RoHS อาจเสียหายได้อย่างรวดเร็วถ้าหากอยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีความเข้มข้นของแก๊สกัดกร่อนในปริมาณสูง ในโรงงานอุตสาหกรรมควรจะมีการใช้การตรวจสอบ การเกิดปฏิกิริยากัดกร่อนในการตรวจสอบคุณภาพอากาศในห้องควบคุมและห้องเก็บข้อมูล ซึ่งควรควบคุมให้อยู่ที่ไม่เกิน 300 Angstroms ในทองแดงและ 200 Angstroms ในเงินในระยะเวลา 30 วัน ถ้าระดับของ Angstroms มากกว่านี้ อาจจะทำให้เกิดความเสียหายของอุปกรณ์ ทำให้เสียค่าใช้จ่ายสูงจากการหยุดทำงานของอุปกรณ์อิเล็คทรอนิกส์ จึงต้องมีการป้องกันการกัดกร่อนของก๊าซผ่านวิธีการต่างๆ เช่น การกรองแก๊ซ เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

1. ISA, ISA-71.04 - Environmental Conditions for Process Measurement and Control Systems: Airborne Contaminants, (Research Triangle Park, NC: ISA, 2013)
2. J. Michniewich, “Field Experience with Corrosion of Computer Equipment”, Corrosion 85: The International Corrosion Forum Devoted Exclusively to the Protection and Performance of Materials, (Houston, TX: NACE, 1985)
3. B. Arnold, “A Hidden Cause of Failure in Electronic Equipment: Metal Whiskers”, Electrical Manufacturing, (November 1954)
4. G. Fales, “Very Tough Times Continue for Global Pulp Producers”, PulpandPaper.net, http://www.pulpandpaper.net/NetLetter/Features/03182009.asp, (March 2009)
5. ASHRAE, Gaseous and Particulate Contamination Guidelines for Data Centers, (Atlanta, GA: ASHRAE, 2009)
6. Walden-Mott, “Domtar Inc.”, Walden’s ABC Guide. http://www.waldenmott.com/abc-guide/listing.asp?lid=2170, (October 2009)
7. R. Kembel, "Fibre Channel: A Comprehensive Introduction", Internet Week, (April, 2000)
8. Data Center Journal, “Have your heard of ISA71? If you have not you should”, DataCenterJournal.com. http://datacenterjournal.com/content/view/2013/43/, (September 2008)
9. R. Schueller, “Creep Corrosion on Lead-Free Printed Circuit Boards in High Sulfur Environments”, SMTA Journal, (January 2008).
10. P. Mazurkiewicz, “Accelerated Corrosion of Printed Circuit Boards due to High Levels of Reduced Sulfur Gasses in Industrial Environments”, Proceedings of the 32nd International Symposium for Testing and Failure Analysis, (Materials Park, OH:ASM International, 2006)
11. R. Veale, “Reliability of PCB Alternate Surface Finishes In a Harsh Industrial Environment”, Proceedings of SMTA International Conference, (Surface Mount Technology Association, 2005)
12. W. Stanley & C. Muller, “Odorous Gases Cause Computer Control Problems”, Presented at CSWEA 75th Annual Conference, (2002)
13. AAF Internal Results. Air Quality Analysis Results from Field Tests. (2008)