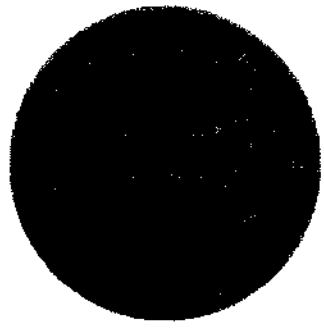


กองตรวจสอบทางนิวเคลียร์และรังสี

สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ

คู่มือ/แนวปฏิบัติ

เรื่อง

การดำเนินการเพื่อป้องกันการปนเปื้อนวัสดุกัมมันตรังสีในอุตสาหกรรมเศษโลหะ

(ฉบับที่ 1 ปรับปรุงครั้งที่ 0)

จัดทำโดย	นายภานุพงศ์ พินกฤษ
ทบทวนโดย	นายภานุพงศ์ พินกฤษ
อนุมัติโดย	นายสมเจตน์ สุดประเสริฐ

สถานะปรับปรุงเอกสาร

ฉบับที่	ปรับปรุงครั้งที่	วันที่	ข้อสรุปการปรับปรุง
1	0	19 ก.ย. 2566	จัดทำร่าง

ผู้จัดทำ	ผู้ทบทวน	ผู้อนุมัติ
นายภานุพงศ์ พินกฤษ	นายภานุพงศ์ พินกฤษ	นายสมเจตน์ สุดประเสริฐ

คำนำ

วัสดุกัมมันตรังสีมีการใช้งานอย่างกว้างขวางทั้งทางการแพทย์ ทางอุตสาหกรรม การศึกษาวิจัย หรือแม้แต่ทางการทหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งวัสดุกัมมันตรังสีเหล่านี้มีโอกาสที่จะกลายเป็นต้นกำเนิดรังสีที่มิได้มีการบริหารจัดการอย่างถูกต้องและปะปนมากับเศษโลหะซึ่งอาจก่อให้เกิดความเสียหายกับอุตสาหกรรม ประชาชนและสิ่งแวดล้อม อันอาจสร้างความเสียหายเป็นวงกว้างและทำลายภาพลักษณ์ของอุตสาหกรรม โดยวัสดุกัมมันตรังสีเหล่านี้อาจมาได้จากเศษโลหะที่หมุนเวียนในประเทศหรือการนำเข้าเศษโลหะจากต่างประเทศ ทั้งในกรณีที่เป็นต้นกำเนิดรังสีหรือผสมปนเปื้อนมากับเนื้อเศษโลหะ

สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ จึงได้จัดทำแนวปฏิบัติการดำเนินการเพื่อป้องกันการปนเปื้อนวัสดุกัมมันตรังสีในอุตสาหกรรมเศษโลหะฉบับนี้ขึ้น เพื่อให้ผู้ประกอบการที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมเศษโละและการหลอมเศษโลหะได้ตระหนักและดำเนินการป้องกันได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม ตามหลักสากล และสอดคล้องกับลักษณะการดำเนินกิจการ โดยเอกสารนี้ประยุกต์มาจาก IAEA-SSG 17 “Control of Orphan Sources and Other Radioactive Material in the Metal Recycling and Production Industries” เป็นหลักและรวมถึงเอกสารอื่นที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้เหมาะสมกับบริบทของประเทศไทย

1. บทนำ (Introduction)

อุตสาหกรรมหลอมเศษโลหะทั้งหมดในประเทศไทยจัดเป็นการใช้งานในลักษณะการหมุนเวียนหรือการนำเศษโลหะกลับมาใช้ใหม่ ในปีที่ผ่านมา (พ.ศ. 2565) ประเทศไทยจัดเป็นผู้ผลิตเหล็กเป็นอันดับที่ 30 ของโลกด้วยปริมาณ 5.3 ล้านเมตริกตัน โดยเศษโลหะที่นำมาหลอมเพื่อการผลิตมีทั้งเป็นเศษโลหะที่เป็นการนำเข้าจากต่างประเทศและเป็นเศษโลหะที่หมุนเวียนในประเทศ ในวัฏจักรการดำเนินงานเพื่อการผลิตมีโอกาสที่จะเกิดการปะปนของวัสดุกัมมันตรังสีในเศษโลหะมีโอกาสที่จะเกิดขึ้นได้แต่อาจไม่บ่อยมากนัก ซึ่งหากไม่มีการคัดกรองวัสดุกัมมันตรังสีในเศษโลหะก่อนเข้าสู่กระบวนการผลิตอาจก่อให้เกิดการปนเปื้อนทางรังสี และหากเกิดการปนเปื้อนทางรังสีผลกระทบที่ตามมาจะเป็นความเสียหายในวงกว้าง กล่าวคือ ผลทางด้านจิตวิทยา (Psychological harm) เสียชื่อเสียง (Reputation harm) ธุรกิจเสียหาย (Economic harm) และเสียค่าใช้จ่ายในการจัดการและชำระการเปรอะเปื้อนทางรังสี (Managed and decontaminated harm) การได้รับบาดเจ็บจากผลของรังสี (Injuries) หรือเสียชีวิต (Death) ของพนักงานหรือผู้ปฏิบัติงาน

โดยทั่วไปการปนเปื้อนทางรังสีในอุตสาหกรรมโดยส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากกัมมันตรังสีที่เกิดจากธรรมชาติ (Naturally Occurring Radioactive Material) หรือ NORM วัตถุที่ปนเปื้อนมาในเศษโลหะ (Contaminated objects) และจาก Orphan sources (บางครั้งถูกเรียกว่าต้นกำเนิดรังสีกำพร้า) โดยความหมายของ Orphan sources ในที่นี้ครอบคลุมทั้งสองกรณี คือ

- วัสดุกัมมันตรังสีที่ไม่เคยอยู่ในการกำกับดูแล (Legacy source)
- วัสดุกัมมันตรังสีที่ถูกปล่อยทิ้ง สูญหาย อยู่ผิดที่ ถูกขโมย หรือการถูกโอนไปโดยผู้ครอบครองปราศจากการควบคุมโดยผู้มีอำนาจ

การเกิดขึ้นของ Orphan Sources หรือ Legacy Sources อาจเกิดขึ้นจาก

- ต้นกำเนิดรังสีที่สูญหายหรือถูกขโมย (Lost or Stolen)
- ผู้ใช้งานมีการดูแลที่ไม่ดีพอ (Weak inventory control by users)
- ผู้ใช้งานหรือผู้รับใบอนุญาตเลิกกิจการหรือล้มละลาย (Financial distress or bankruptcy)
- ความบกพร่องในการกำกับดูแลของหน่วยงานที่รับผิดชอบ (Regulatory oversight is weak)

ในปัจจุบันระบบที่ใช้ในการกำกับดูแลวัสดุกัมมันตรังสีตามหลักเกณฑ์สากลเพื่อการควบคุมวัสดุกัมมันตรังสีมี 5 ประการ คือ

1. กฎระเบียบและแนวปฏิบัติ (Regulations and Guides)
2. การให้ใบอนุญาต (Authorizations)
3. การทบทวนและประเมิน (Review and Assessment)
4. การตรวจสอบ (Inspection)
5. การบังคับใช้กฎหมาย (Enforcement actions)

อย่างไรก็ตามการสูญหายของวัสดุกัมมันตรังสีสามารถเกิดขึ้นได้ตลอดวัฏจักรของวัสดุกัมมันตรังสี ตั้งแต่การขนส่ง การใช้งาน การเลิกใช้งาน การส่งกลับผู้ผลิต การจัดเก็บแบบระยะยาว หรือการฝังกลบกากกัมมันตรังสี ดังนั้นการป้องกันมิให้เกิดกรณีการปนเปื้อนทางรังสีในอุตสาหกรรมจึงเป็นวิธีการที่ดีที่สุดเพื่อ

ป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นตามมา ซึ่งตัวอย่างความเสียหายที่เคยเกิดขึ้น เช่น กรณี Goiania ประเทศบราซิล มีผู้เสียชีวิต 4 ราย ความเสียหาย 46 ล้านเหรียญสหรัฐ หรือกรณี Acerinox ประเทศสเปนประเมินความเสียหายได้ 26 ล้านเหรียญสหรัฐ ธุรกิจต้องหยุดกิจการทั้งหมดระหว่างการชำระล้างระบบ (Clean-up) หรือกรณี US.EPA ประเทศสหรัฐอเมริกาประเมินความเสียหายได้ 12 ล้านเหรียญสหรัฐ สำหรับการดำเนินงานชำระล้างระบบภายหลังจากการหลอม เป็นต้น

2. วัตถุประสงค์ (Objective)

เพื่อสร้างความตระหนักในการคัดกรองเศษโลหะก่อนนำเข้าสู่กระบวนการผลิต และแนวทางการดำเนินงานของสถานประกอบการสำหรับป้องกันปัญหาการปนเปื้อนทางรังสีในอุตสาหกรรมหลอมโลหะ

3. ขอบเขต (Scope)

กำหนดแนวทางเบื้องต้นในการป้องกันการปนเปื้อนทางรังสีของสถานประกอบการหลอมโลหะในประเทศ โดยไม่รวมถึงกระบวนการนำเข้าเศษโลหะมาในประเทศหรือส่งออกผลผลิตหรือผลพลอยได้จากการผลิตไปต่างประเทศ

4. กัมมันตรังสีและการตรวจวัดรังสี (Radioactive and measurement)

กัมมันตรังสีมีอยู่ในการดำเนินชีวิตประจำวันของมนุษย์ ในธรรมชาติก็มีกัมมันตรังสีอยู่โดยทั่วไปไม่ว่าจะเป็นในดิน อากาศ น้ำ ในร่างกายของมนุษย์และสัตว์ หรือแม้แต่ในผลิตผลทางการเกษตร พืช ผัก ผลไม้ ซึ่งยังไม่รวมกัมมันตรังสีที่มนุษย์ทำขึ้นไม่ว่าจะนำมาใช้ประโยชน์ทางการแพทย์ ทางอุตสาหกรรม หรือในงานศึกษาวิจัย การมีอยู่ของกัมมันตรังสีไม่สามารถวัดได้จากประสาทสัมผัส จำเป็นต้องมีการใช้เครื่องมือวัดทางรังสี โดยทั่วไปเครื่องมือวัดทางรังสีแบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ คือ

1. แบบพกพา (Pocket-type instrument) เป็นอุปกรณ์วัดรังสีขนาดเล็ก พกพาง่าย น้ำหนักเบา มักใช้สำหรับตรวจวัดระดับรังสีประจำตัวบุคคล
2. แบบมือถือ (Hand-held instrument) มีความไวและความถูกต้องในการวัดรังสีได้ดีกว่าแบบพกพา สามารถใช้ในการตรวจค้นหาวัสดุกัมมันตรังสีในจุดหรือบริเวณต่างๆ ได้สะดวก เช่นเครื่องสำรวจรังสี (Survey meter)
3. แบบติดตั้งกับที่ (Fixed/Installed/Automatic instrument) เป็นระบบการวัดรังสีแบบอัตโนมัติ มีความไวในการวัดทางรังสีสูงสุด มักใช้ในการตรวจวัดรังสีที่ต้องมีการดำเนินการอย่างต่อเนื่องตามจุดต่างๆ และมีการตรวจวัดเป็นปริมาณมาก ซึ่งในเอกสารนี้จะเน้นระบบวัดรังสีแบบติดตั้งกับที่เป็นสำคัญเพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์

เป็นที่ทราบดีว่าวัสดุกัมมันตรังสีมีใช้งานอย่างกว้างขวาง ดังนั้นทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ หรือ IAEA (International Atomic Energy Agency) ในฐานะที่เป็นองค์กรกลางระดับสากลในการกำหนดหลักเกณฑ์เพื่อความปลอดภัยทางรังสีจึงได้มีการกำหนดค่าความเข้มข้นของกัมมันตภาพสำหรับเป็นตัวบ่งชี้ปริมาณของกัมมันตภาพรังสีทั้งที่เกิดขึ้นจากการที่มนุษย์กระทำขึ้น (ไม่มีอยู่ในธรรมชาติ) และกัมมันตภาพที่เกิดขึ้นจากธรรมชาติ ซึ่งหากมีปริมาณที่ต่ำกว่านี้จะไม่จำเป็นต้องมีการกำกับดูแล (ตามตารางที่ 1. และตารางที่ 2.)

ตารางที่ 1. ค่าความเข้มข้นของกัมมันตภาพที่เกิดจากมนุษย์กระทำขึ้น (Artificial origin) หากมีค่าต่ำกว่านี้ไม่อยู่ในการควบคุม

นิวไคลด์กัมมันตรังสี (Radionuclide)	ปริมาณกัมมันตภาพที่ปนเปื้อน (เบ็กเคอเรลต่อกรัม) (Activity concentration (Bq/g))
Am-241, Ag-110m, Co-60, Cs-137, Pu-239, Zn-65	0.1
Cm-244, Ir-192, Nb-95, Sr-90, Tc-99, Tl-204, Zr-95	1
Au-198	10
Ni-63	100
Pm-147	1,000

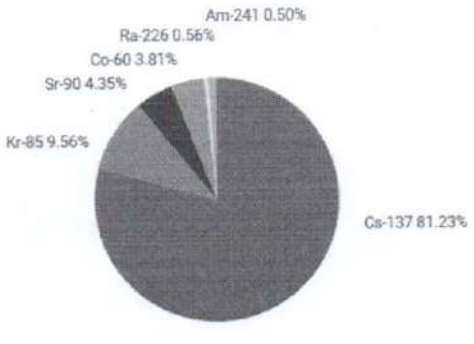
ตารางที่ 2. ค่าความเข้มข้นของกัมมันตภาพที่เกิดขึ้นจากธรรมชาติ (Natural origin) หากมีค่าต่ำกว่านี้ไม่อยู่ในการควบคุม

นิวไคลด์กัมมันตรังสี (Radionuclide)	ปริมาณกัมมันตภาพที่ปนเปื้อน (เบ็กเคอเรลต่อกรัม) (Activity concentration (Bq/g))
K-40	10
นิวไคลด์กัมมันตรังสีอื่นๆ ที่เกิดจากธรรมชาติ	1

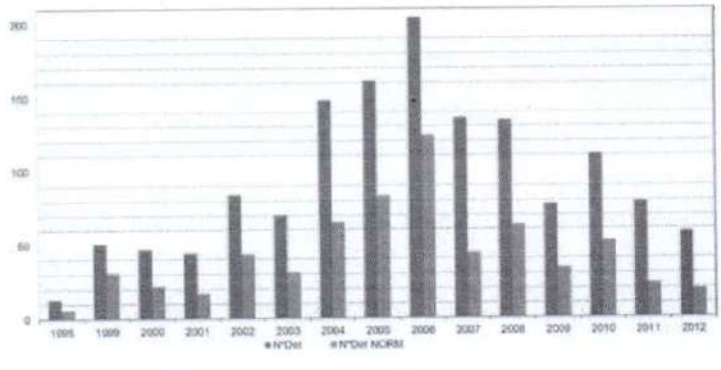
ดังนั้นการประกอบธุรกิจหรือการดำเนินกิจกรรมที่เป็นห่วงโซ่ของอุตสาหกรรมหลอมโลหะ จึงมีโอกาสที่จะพบเจอปัญหาจากวัสดุกัมมันตรังสี ซึ่งการป้องกันแก้ไขปัญหาจากภายนอกเป็นสิ่งที่กระทำได้ยากการป้องกันปัญหาในการดำเนินงานจากภายในจึงเป็นสิ่งที่กระทำได้ง่ายและมีประสิทธิภาพมากกว่า แม้กระนั้นก็ตามจากสถิติการดำเนินงานการดำเนินงานในอุตสาหกรรมหลอมโลหะทั่วโลกยังพบปัญหาวัสดุกัมมันตรังสีอยู่เป็นระยะตามข้อมูลในตารางที่ 3.

ตารางที่ 3. วัสดุกัมมันตรังสีที่มักถูกตรวจพบบ่อยในอุตสาหกรรมหลอมโลหะ

นิวไคลด์กัมมันตรังสี (Radionuclide)	ค่าครึ่งชีวิต (Half Life)	รังสีแอลฟา (Alpha)	อนุภาคบีตา (Beta)	รังสีแกมมา (Gamma)	การใช้งาน (Origins)
Co-60	5.27 ปี		✓	✓	การแพทย์ อุตสาหกรรม
Cs-137	30 ปี		✓	✓	การแพทย์ อุตสาหกรรม
Am-241	432 ปี	✓		✓	อุตสาหกรรม ที่อยู่อาศัย
Th-232	14 ล้านปี	✓		✓	อุตสาหกรรม
Sr-90	29 ปี		✓		การแพทย์ อุตสาหกรรม
Tc-99m	66 ชั่วโมง		✓	✓	การแพทย์
U-238	4.47 ล้านปี	✓		✓	อุตสาหกรรม
Ra-226	1,600 ปี	✓		✓	การแพทย์ สินค้าอุปโภค
Pu-238	87.7 ปี	✓	✓	✓	การแพทย์ อุตสาหกรรม



Distribution of sources in terms of activity



Total number of communicated detections to the CSN according to the Protocol each year

ภาพที่ 1. ตัวอย่างข้อมูลสำหรับระบบการตรวจวัดกัมมันตรังสีในอุตสาหกรรมเศษโลหะของประเทศสเปน

จากภาพที่ 1. พบว่าการตรวจพบกัมมันตรังสีในอุตสาหกรรมเศษโลหะยังมีอยู่เป็นจำนวนมากดังนั้นจึงเป็นประเด็นที่ไม่ควรมองข้าม นอกจากนี้ทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศยังมีเว็บเพจสำหรับสืบค้นข้อมูลคือ Scrap Metal Tool Kit และ International Catalogue of Sealed Radioactive Sources and Devices (ICSRS) สำหรับการสืบหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเศษโลหะเพื่อใช้ประโยชน์อีกทางหนึ่ง

จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้นการป้องกัน (Prevention) และการตรวจจับ (Detection) เป็นวิธีการที่ดีที่สุดในการป้องกันการปนเปื้อนในอุตสาหกรรมหลอมเศษโลหะ วิธีการที่สามารถตอบโจทย์ที่เหมาะสมที่สุดในปัจจุบันคือการนำระบบตรวจวัดกัมมันตรังสีในเศษโลหะ ซึ่งเศษโลหะที่นำมาใช้ในอุตสาหกรรมหลอมโลหะมี 2 ประเภท คือเศษโลหะทั้งที่เป็นเศษเหล็ก (Ferrous) และเป็นโลหะอื่น (Non-ferrous) ตลอดจนการขนส่งที่อาจเป็นเรือ (Ship) รถไฟ (Train) รถบรรทุกใหญ่ (Truck) รถบรรทุกเล็ก (Van) รถลาก (Donkey) หรือใช้คนยก (Hand) แล้วแต่การดำเนินงานของสถานประกอบการ รวมถึงกระบวนการเตรียมเศษโลหะก่อนนำไปหลอมมีที่อาจมีหลายวิธี เช่น การคัดแยกประเภท (Sorting) การตัดชำแระ (Cutting) การอัดก้อน (Baling) การหั่นย่อย (Shredding) การตัดเป็นท่อน Shearing ในขณะที่ผลผลิตจากการหลอมโลหะที่เป็นผลผลิตกึ่งสำเร็จ (Semi-finished products) อาจมีรูปแบบเป็นก้อน (Ingots) แท่งกลม (Rods) แท่งเหลี่ยม (Bars) ม้วน (Coils) หรือโลหะหล่อ (Castings) ซึ่งคุณสมบัติขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีตามแต่เกรดของโลหะที่ต้องการ ดังนั้นการเลือกใช้ระบบตรวจวัดกัมมันตรังสีในเศษโลหะจึงต้องพิจารณาให้เหมาะสมกับบริบทของแต่ละสถานประกอบการ ทั้งนี้สิ่งสำคัญของระบบตรวจวัดกัมมันตรังสีในเศษโลหะมีประเด็นสำคัญทางเทคนิคที่จำเป็นต้องพิจารณาคือปัจจัยในการเลือกเครื่องมือวัด ซึ่งควรพิจารณาจาก

1. เลือกประเภทหัววัด (Detector type) ให้เหมาะสมและถูกต้องกับลักษณะการใช้งาน
2. พิจารณา Counting และ Integration time ในการวัด
3. รูปร่างโครงสร้างของหัววัด
4. ลักษณะงานหรือพาหนะที่ต้องการวัด

อย่างไรก็ตามเอกสารนี้จึงขอแนะนำระบบตรวจวัดกัมมันตรังสีในเศษโลหะที่มีการใช้งานอยู่ในปัจจุบัน

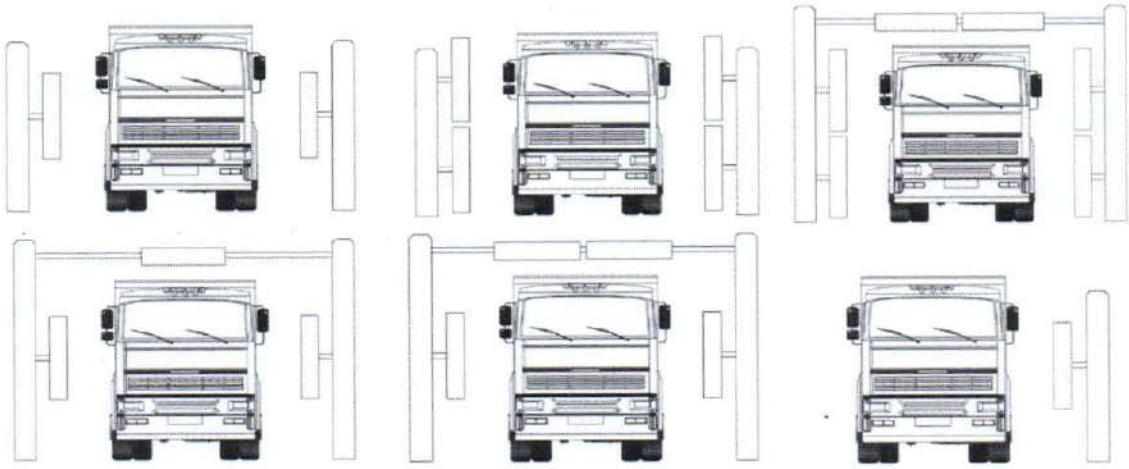
<u>Portal monitor or Radiation Portal Monitoring</u>

เหมาะสำหรับการตรวจวัดเศษโลหะที่บรรทุกมาในยานพาหนะก่อนเข้ามาภายในโรงงานหลอมโลหะ หลักการทำงานคือเมื่อเมื่อระบบวัดตรวจวัดระดับรังสีได้เกินกว่าระดับเริ่มต้นที่ตั้งไว้เพื่อแจ้งเตือน (Alarm threshold) ระบบจะฟ้องแจ้งเตือน โดยต้องคำนึงถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อการทำงานของระบบวัด เช่น ตำแหน่งติดตั้งหัววัด (Detector placement) การตั้งค่าของระบบวัด (Configuration) และความเร็วของยานพาหนะในการเคลื่อนที่ผ่านหัววัด (Vehicle speed) ระบบวัดแบบนี้โดยทั่วไปหัววัดจะมีขนาดใหญ่ (Large volume) แบบ plastic scintillation detector มีความไว (Highly sensitive) ในการตรวจวัดระดับรังสีแกมมาในปริมาณน้อยๆ ได้ ซึ่งการตรวจวัดรังสีแบบ Portal โดยทั่วไปมี 2 แบบ คือ แบบเสาคู่ (Two pillars) กับแบบเสาเดี่ยว (One pillar) โดยแบบเสาคู่มีประสิทธิภาพที่ดีกว่าดังนั้นจึงได้รับความนิยมมากกว่า

- แบบเสาคู่ ระยะห่างทั้งสองฝั่งไม่เกิน 6 เมตร (ตามแนวนอน) และความสูงอยู่ระหว่าง 0.7 – 4 เมตร (ตามแนวตั้ง) ในระหว่างการตรวจวัดยานพาหนะต้องเคลื่อนที่ผ่านไม่เกิน 8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง อัตราการวัดผิดพลาด (False alarm rate) น้อยกว่า 1% ต่อวัน สำหรับอัตราปริมาณรังสีพื้นหลังไม่เกิน 0.2 ไมโครซีเวิร์ตต่อชั่วโมง ต้องมีการแจ้งเตือนเมื่อมีการตรวจพบระดับรังสีที่เกินกว่าค่าที่ตั้งไว้ทั้งมองเห็นด้วยตาและด้วยเสียง รวมถึงต้องมีอุปกรณ์ป้องกันเช่น แท่งกันกระแทก (Anti-crash bar) ต้องมีสัญญาณไปเพื่อควบคุมการจราจร

- แบบเสาเดี่ยว ระยะห่างจากเสาถึงตำแหน่งตรวจวัดไม่เกิน 4 เมตร ตามแนวนอน) และความสูง) ไม่เกิน 2 เมตร ตามแนวตั้ง) ในระหว่างการตรวจวัดยานพาหนะ) หรือเป้าหมายที่ตรวจวัดต้องเคลื่อนที่ผ่านไม่เกิน 8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง อัตราการวัดผิดพลาด (False alarm rate) น้อยกว่า 1% ต่อวัน สำหรับอัตราปริมาณรังสีพื้นหลังไม่เกิน 2.0 ไมโครซีเวิร์ตต่อชั่วโมง ต้องมีการแจ้งเตือนเมื่อมีการตรวจพบระดับรังสีที่เกินกว่าค่าที่ตั้งไว้ทั้งมองเห็นด้วยตาและด้วยเสียง รวมทั้งต้องมีอุปกรณ์ป้องกันเช่น แท่งกันกระแทก (Anti-crash bar) ต้องมีสัญญาณไปเพื่อควบคุมการจราจร

ภาพที่ 2. ตัวอย่างเครื่องมือวัด Portal monitor



ภาพที่ 3. ตัวอย่างตำแหน่งการติดตั้งหัววัด ของ Portal monitor

นอกจากนี้ยังมีระบบตรวจวัดกัมมันตรังสีในเศษโลหะที่น่าสนใจและเป็นทางเลือกในการพิจารณา โดยขึ้นอยู่กับความเหมาะสม ความพร้อม งบประมาณของสถานประกอบการเป็นสำคัญ ซึ่งระบบตรวจวัดกัมมันตรังสีในเศษโลหะรูปแบบอื่นๆ มีดังนี้

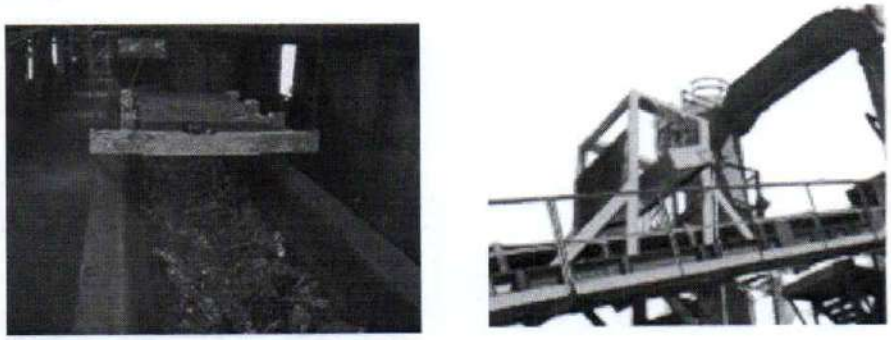
Crane (Grapple) monitor

เหมาะสำหรับการตรวจวัดระหว่างการลำเลียงเศษโลหะก่อนเข้าเตาหลอม เมื่อเศษโลหะถูกนำเข้ามาภายในโรงงานหลอมโลหะแล้ว ระบบวัดนี้ที่หัววัดจะต้องมีความแข็งแรงสูงมากสามารถป้องกันการถูกบีบอัดและแรงกระแทกได้เป็นอย่างดี รวมทั้งต้องเป็นหัววัดที่มีความไวสูงเช่นเดียวกับแบบ Portal monitor

ภาพที่ 4. ตัวอย่างเครื่องมือวัด Crane (Grapple) monitor

Conveyor belt monitor

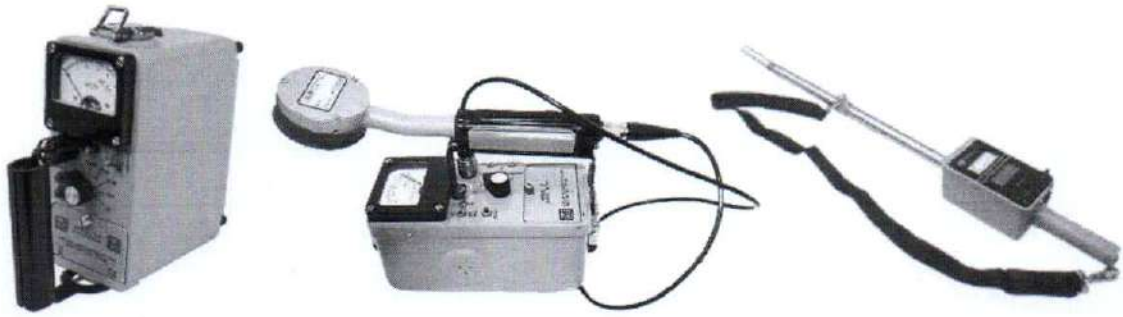
เหมาะสำหรับการตรวจวัดระหว่างการลำเลียงเศษโลหะด้วยสายพานก่อนเข้าเตาหลอม มีประสิทธิภาพในการตรวจวัดสูงเนื่องจากโอกาสที่วัสดุกัมมันตรังสีจะถูกการกำบังทางรังสีจากเศษโลหะอื่นน้อย ทำให้การตรวจวัดมีความแม่นยำสูง



ภาพที่ 5. ตัวอย่างเครื่องมือวัด Conveyor belt monitor

Handheld devices

เป็นเครื่องมือวัดทางรังสีแบบมือถือที่สามารถนำไปใช้ในบริเวณต่างๆ ได้ สามารถวัดได้ทั้ง Dose rate หรือ Count rate อย่างไรก็ตามวัตถุประสงค์ในการตรวจวัดก็เพื่อตรวจหาวัสดุกัมมันตรังสีดังนั้นในทางปฏิบัติจึงมักเลือกใช้การวัดแบบ Dose rate ที่มีหน่วยวัดทางรังสีเป็นไมโครซีเวิร์ตต่อชั่วโมง (μSv/h) แทนที่จะใช้การวัดแบบ Count rate ที่มีหน่วยวัดเป็น จำนวนนับต่อวินาที (cps) ซึ่งเหมาะสมกับการใช้ในการตรวจวัดการปนเปื้อนทางรังสีมากกว่า โดยทั่วไปใช้ตรวจพิสูจน์ซ้ำ หรือตรวจพิสูจน์โดยละเอียดภายหลังจากระบบวัด Portal monitor ฟ้องแจ้งเตือน



ภาพที่ 6. ตัวอย่างเครื่องมือวัด Handheld devices

Handheld gamma spectrometers

เป็นเครื่องมือวัดทางรังสีแบบมือถืออีกรูปแบบหนึ่ง นอกเหนือจากวัดระดับรังสีได้แล้วยังสามารถวิเคราะห์นิวไคลด์กัมมันตรังสีว่าเป็นนิวไคลด์อะไร หัววัดที่ใช้โดยทั่วไปมักเป็นแบบ crystal sodium iodide เพื่อแยกสเปกตรัมพลังงานของรังสีแกมมาในการจำแนกนิวไคลด์

ภาพที่ 7. ตัวอย่างเครื่องมือวัด Handheld gamma spectrometers

อย่างไรก็ตามสิ่งที่ส่งผลกับสถานประกอบการในเลือกใช้ระบบตรวจวัดกัมมันตรังสีในเศษโลหะนอกเหนือจากความปลอดภัยและความเหมาะสมเพื่อป้องกันการปนเปื้อนกัมมันตรังสีในอุตสาหกรรมเศษโลหะ คือ ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ ซึ่งค่าใช้จ่ายดังกล่าวประกอบด้วย

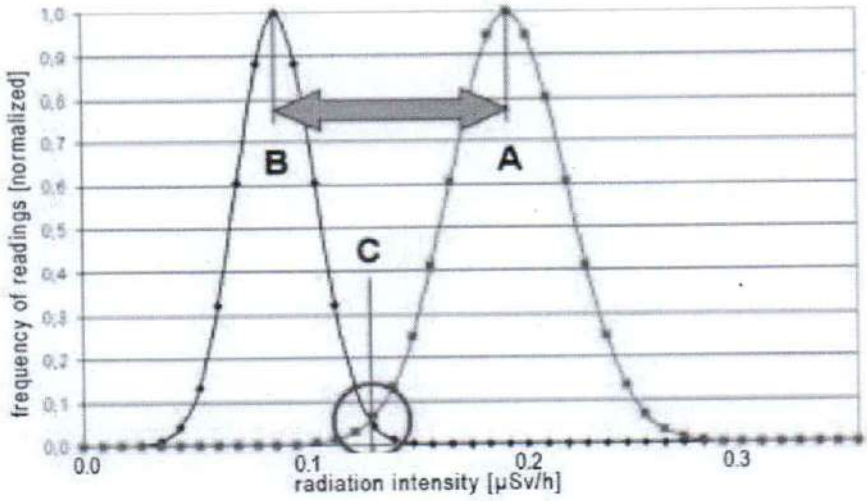
1. ค่าเครื่องมืออุปกรณ์ (Instruments)
2. ค่าติดตั้งเครื่องมืออุปกรณ์ (Installations)
3. ค่าบำรุงรักษาและปรับเทียบ (Maintenance and Calibration)
4. ค่าดำเนินการ (Procedures)
5. ค่าการฝึกอบรม (Training)

5. กระบวนการดำเนินงาน (Procedures)

เพื่อให้การดำเนินงานมีประสิทธิภาพสูงสุดในการคัดกรองเศษโลหะจึงจำเป็นต้องมีการตรวจตราเศษโลหะก่อนนำมาใช้ในกระบวนการผลิต โดยทั่วไปใช้ 3 วิธีในการตรวจตราเศษโลหะ คือ

1. ตรวจตราข้อมูลการทำธุรกิจ (Business information) ของผู้ขายเศษโลหะ เช่นแหล่งที่มาของเศษโลหะที่รับเข้ามา กระบวนการคัดแยกตรวจสอบ ประวัติการทำธุรกิจ เป็นต้น
2. ตรวจตราเศษโลหะด้วยสายตา (Visual monitoring) เช่นการตรวจดูสัญลักษณ์ป้ายเตือนต่างๆ ทางรังสี ลักษณะหรือรูปทรงโครงสร้างภายนอก หรือวัตถุที่มีน้ำหนักผิดปกติ เป็นต้น
3. ตรวจตราด้วยเครื่องมือหรือระบบตรวจวัดรังสี (Radiation monitoring)

ในการตรวจตราด้วยเครื่องมือหรือระบบวัดรังสี ในที่นี้จะขอเน้นเฉพาะ เนื่องจากมีละเอียดอ่อนและความสลับซับซ้อนมากกว่าการวัดในแบบอื่นๆ กล่าวคือ ในการกำหนดค่าระดับรังสีในการตรวจวัดจะมีอยู่ 3 ระดับสำคัญ ได้แก่ระดับเริ่มต้นที่ตั้งไว้เพื่อแจ้งเตือน (Alarm threshold) อาจถูกตั้งค่าต่ำกว่า ระดับตรวจพิสูจน์ (Investigation level) แต่ต้องสูงกว่าค่าระดับรังสีพื้นหลัง (Background radiation level) โดยทั่วไป

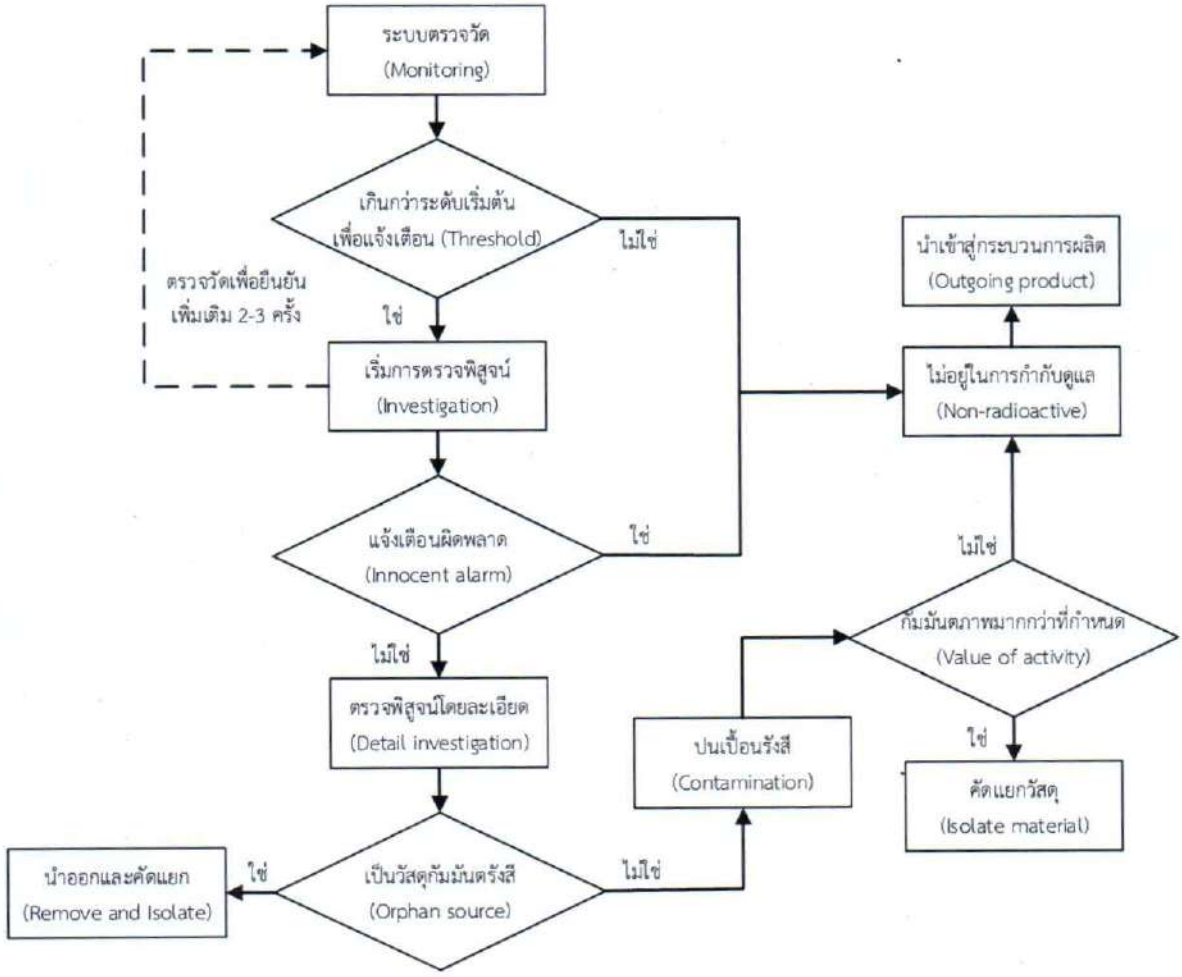


ภาพที่ 8. แนวความคิดในการตั้งค่าของระบบวัด

เมื่อ ตำแหน่ง A คือ ระดับตรวจพิสูจน์
ตำแหน่ง B คือ ระดับรังสีพื้นหลัง
ตำแหน่ง C คือ ระดับเริ่มต้นที่ตั้งไว้เพื่อแจ้งเตือน

ค่าระดับเริ่มต้นที่ตั้งไว้เพื่อแจ้งเตือน อาจตั้งจากจำนวนเท่าของระดับรังสีพื้นหลัง หรือจำนวนเท่าของค่าการเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตรานับของรังสีพื้นหลัง (Standard deviation of background count rate) มาตรฐานโดยทั่วไปมักกำหนดค่าว่าที่ 1.2 เท่าของระดับรังสีพื้นหลัง หรือ 1.4 เท่าของค่าการเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตรานับของรังสีพื้นหลัง ทั้งนี้การตั้งค่าตัวแปรต่างๆ ขึ้นอยู่กับมาตรฐานและข้อแนะนำในการติดตั้งของบริษัทผู้ผลิตรวมถึงระดับรังสีพื้นหลัง (Background) ของแต่ละสถานที่ติดตั้ง

อย่างไรก็ตามการแจ้งเตือน (Alarm) มี 3 ประเภท คือ False alarms ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากการถูกรบกวนทางความถี่จากบริเวณใกล้เคียงหรือการออกแบบการป้องกันการรบกวนของหัววัดที่ไม่ดีพอ Innocent alarms อาจมีสาเหตุมาจากปัจจัยแวดล้อมในบริเวณในขณะทำการตรวจวัดเช่นคนขับรถหรือผู้อยู่ในบริเวณตรวจวัดมีรังสีที่ได้รับจากการรักษาทางการแพทย์ และ Non-innocent alarms หรือ Real alarm เป็นกรณีที่ระดับรังสีที่ตรวจวัดได้มีค่าสูงกว่าระดับตรวจพิสูจน์ ซึ่งจำเป็นต้องมีการตรวจพิสูจน์โดยละเอียด ทั้งนี้ไม่ว่าจะเกิดการแจ้งเตือนในลักษณะใดควรมีการตรวจวัดเพื่อยืนยันเพิ่มเติม 2-3 ครั้ง



ภาพที่ 9. ขั้นตอนในการตรวจวัดเพื่อคัดกรองเศษโลหะก่อนเข้าสู่กระบวนการผลิต

ถึงกระนั้นก็ตามการติดตั้ง Portal monitors เพียงอย่างเดียวอาจจะยังไม่เพียงพอในการดำเนินงานจริง เพื่อประโยชน์สูงสุดในการดำเนินงานจำเป็นต้องอาศัย

1. การฝึกอบรมเจ้าหน้าที่ในการใช้เครื่องมือ
2. พื้นที่เพื่อใช้ตรวจสอบ (Physical space to investigate)
3. ความเหมาะสมของเครื่องมือแบบพกพา (Adequate handling equipment to investigate)

ทั้งนี้ในกรณีที่สามารถยืนยันได้ว่ามีการตรวจพบวัสดุกัมมันตรังสีหรือการปนเปื้อนทางรังสีในอุตสาหกรรมหลอมโลหะ ผู้ประกอบการมีหน้าที่รายงานหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการกำกับดูแลที่มีข้อมูลที่เพียงพอ โดยการรายงานการตรวจพบทางรังสีต้องประกอบด้วย

- ชื่อ/บริษัทผู้ส่งออก (Exporting facility) ที่อยู่ เบอร์โทรศัพท์ อีเมล์ เป็นต้น
- ชื่อ/บริษัทนำเข้า (Importing facility) ที่อยู่ เบอร์โทรศัพท์ อีเมล์ เป็นต้น
- ชื่อ ตำแหน่ง สังกัดหน่วยงาน และเบอร์โทรศัพท์ผู้ตรวจพบ
- ชนิดและปริมาณของเศษโลหะหรือการปนเปื้อน รวมถึงระดับรังสีพื้นหลัง
- สภาพของวัสดุที่ตรวจพบ
- วัน เวลา และสถานที่
- รายละเอียดของอุปกรณ์ตรวจวัด และตำแหน่งที่ตรวจวัด
- การดำเนินงานเบื้องต้นที่ดำเนินการไปแล้ว

ในที่นี้จึงขอเสนอสิ่งที่ผู้ประกอบการหลอมเศษโลหะควรต้องพิจารณาในการดำเนินธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับเศษโลหะ

1. ในการทำสัญญาซื้อขายเศษโลหะควรต้องมีการระบุเงื่อนไขในกรณีที่มีการตรวจพบวัสดุกัมมันตรังสีที่ปะปนมากับเศษโลหะด้วย หรือการการันตีจากผู้ขาย
2. ควรมีระบบในการตรวจพิสูจน์การปนเปื้อนวัสดุกัมมันตรังสีที่อาจปะปนมากับเศษโลหะทั้งก่อนนำเข้ามาหลอม และผลผลิตที่นำออกไปจำหน่ายหรือส่งออก ทั้งนี้รวมถึงผลพลอยได้ (By-products) ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต เช่น ฝุ่นโลหะ (Furnace dusts) หรือตระกรัน (Slag) เป็นต้น ในเก็บตัวอย่างเพื่อการวิเคราะห์องค์ประกอบของผลผลิตควรมีการตรวจวัดการปนเปื้อนทางรังสีด้วย
3. ต้องมีการเตรียมการในการปรับเทียบ การทดสอบ และการบำรุงรักษาระบบตรวจพิสูจน์การปนเปื้อนวัสดุกัมมันตรังสี
4. มีแผนหรือมาตรการในกรณีที่พบวัสดุกัมมันตรังสี ที่มีความชัดเจนและเหมาะสมกับสถานประกอบการ เช่นแยกเศษโลหะที่อาจมีการปะปนของวัสดุกัมมันตรังสีไว้ในบริเวณต่างหากเพื่อรอการตรวจสอบอย่างละเอียด โดยการกันบริเวณไว้พิเศษเป็นการเฉพาะ (ระดับรังสีไม่เกิน 0.1 มิลลิซีเวิร์ตต่อชั่วโมงที่ระยะ 1 เมตรจากวัสดุกัมมันตรังสี) เก็บหรือบันทึกข้อมูลยานพาหนะ ผู้ขาย และผู้ขับขี่ในกรณีที่ไม่สามารถบังคับให้ยานพาหนะรอการตรวจสอบโดยละเอียด หรือการกำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบในการดำเนินงานของพนักงานตลอดระยะเวลาการดำเนินงานของสถานประกอบการ เป็นต้น
5. มีกระบวนการและช่องทางในการแจ้งเหตุให้สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ และหน่วยงานกำกับดูแลอื่นที่เกี่ยวข้องทราบเมื่อตรวจพบวัสดุกัมมันตรังสี
6. ให้ความร่วมมือต่อพนักงานเจ้าหน้าที่ในการตรวจพิสูจน์และเก็บกู้วัสดุกัมมันตรังสี

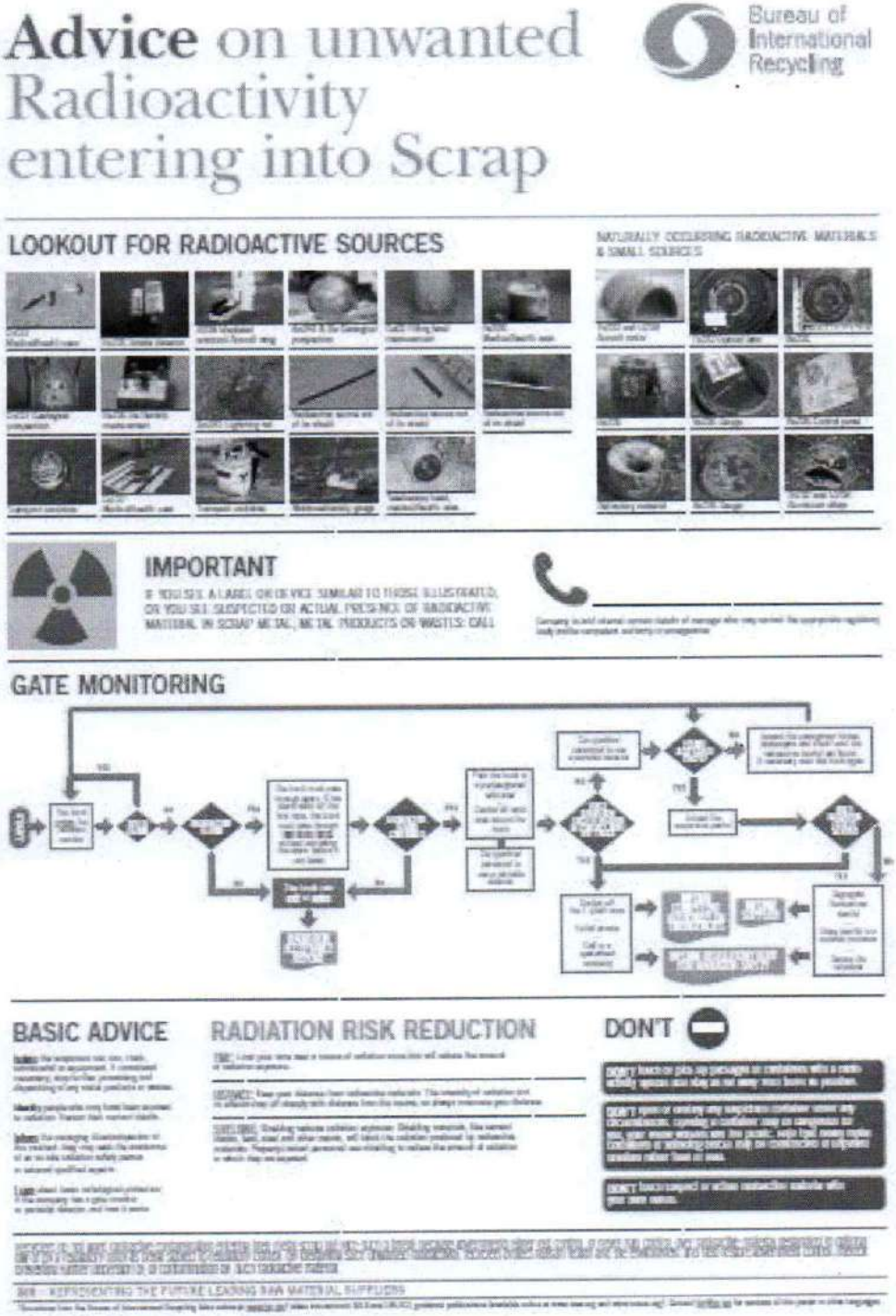
การฝึกอบรมให้ความรู้ สร้างความตระหนัก และให้ข้อมูลกับพนักงานผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องทั้งหมดอย่างสม่ำเสมอ รวมถึงจัดทำแผ่นพับหรือติดโปสเตอร์วัสดุต้องสงสัยเพื่อให้พนักงานทราบ

6. บรรณานุกรม (References)

1. IAEA-SSG 17 "Control of Orphan Sources and Other Radioactive Material in the Metal Recycling and Production Industries" Vienna, Austria 2012
2. IAEA Proceedings Series "Control and Management of Radioactive Material Inadvertently Incorporated into Scrap Metal" Vienna, Austria 2011
3. IAEA Result of the Meetings Conducted to Develop a Draft Code of Conduct "Control of Transboundary Movement of Radioactive Material Inadvertently Incorporated into Scrap Metal and Semi-finished Products of the Metal Recycling Industries" Vienna, Austria 2014
4. IAEA-TECDOC 1312 "Detection of Radioactive Materials at Borders" Vienna, Austria 2002
5. E-learning "Control of Radioactive Material Inadvertently Incorporated into Scrap Metal" CLP4NET, IAEA (https://elearning.iaea.org/m2/course/view.php?id=610)

ภาคผนวก

ตัวอย่างแผ่นโปสเตอร์เพื่อสร้างความเข้าใจสำหรับคัดแยกวัสดุกัมมันตรังสีในเศษโลหะ



ผู้จัดทำ	ผู้ทบทวน	ผู้อนุมัติ
นายภานุพงศ์ พินกฤษ	นายภานุพงศ์ พินกฤษ	นายสมเจตน์ สุดประเสริฐ