ข้อมูลข่าวสาร วศ.

ข้อมูลข่าวสารของกรมวิทยาศาสตร์บริการ
ตาม พ.ร.บ. ข้อมูลข่าวสารของราชการ พ.ศ. 2540

วศ
กฟ
อว 22

เอกสารผลงานที่เสนอในประเมินเพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่ง
นักวิทยาศาสตร์ 7 ว

เรื่องที่ 2

การศึกษาปริมาณมลพิษทางอากาศ จากโรงงานถลุงแร่ตะกั่ว

โดย

นางรจิต หยกอุบล
นักวิทยาศาสตร์ 6 ว

กลุ่มงานสิ่งแวดล้อม
กองฟิสิกส์และวิศวกรรม
กรมวิทยาศาสตร์บริการ

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

เอกสารผลงานที่เสนอในประเมินเพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่ง
นักวิทยาศาสตร์ 7 ว

เรื่องที่ 2

การศึกษาปริมาณมลพิษทางอากาศ จากโรงงานถลุงแร่ตะกั่ว

เลขหมู่ จฟ
ฮว 22
เลขทะเบียน 99173
วันที่ 11 เม.ย. 44

โดย

ด้วยอภินันทนาการ
จาก
.....

นางรจิต หยกอุบล
นักวิทยาศาสตร์ 6 ว

กลุ่มงานสิ่งแวดล้อม
กองฟิสิกส์และวิศวกรรม
กรมวิทยาศาสตร์บริการ

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อ		i
บทที่ 1	บทนำ	1
	1.1 ปัญหาและที่มาของการวิจัย	2
	1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย	3
	1.3 ขอบเขตการวิจัย	4
บทที่ 2	ตะกั่ว การผลิต และสารมลพิษ	5
	2.1 สมบัติของตะกั่ว	5
	2.2 การใช้ตะกั่วในอุตสาหกรรม	6
	2.3 ประโยชน์ของตะกั่ว	6
	2.4 โรงงานถลุงแร่ตะกั่วและกระบวนการผลิต	7
	2.5 มลพิษทางอากาศของโรงงานถลุงแร่ตะกั่ว	12
บทที่ 3	ขั้นตอนการดำเนินการ ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล	20
	3.1 วิธีการดำเนินการและการเก็บตัวอย่าง	20
	3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ	21
	3.3 การประเมินหาปริมาณความเข้มข้นสารพิษ	21
	3.4 ผลการศึกษาวิจัย	22
บทที่ 4	สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	27
	4.1 สรุปผลการวิจัย	27
	4.2 ข้อเสนอแนะ	27
กิตติกรรมประกาศ		29
เอกสารอ้างอิง		30

สารบัญภาคผนวก

	หน้า
แผนภูมิที่ 1 กรรมวิธีผลิตตะกั่วจากแร่ตะกั่ว	A-1
แผนภูมิที่ 2 การถลุงแร่ตะกั่ว	A-2
ตารางที่ 1.1 ผลผลิตแร่ตะกั่ว	A-3
ตารางที่ 1.2 ปริมาณสำรองแหล่งแร่ตะกั่วของโลก (พ.ศ.2518)	A-4
ตารางที่ 1.3 โรงงานถลุงตะกั่วในประเทศไทย	A-5
ตารางที่ 1.4 ปริมาณการผลิต การนำเข้า การส่งออกและการใช้ปรากฏตะกั่วแท่ง	A-5
ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติทางกายภาพของตะกั่ว	A-6
ตารางที่ 2.2 ส่วนประกอบของโลหะตะกั่วไม่บริสุทธิ์และตะกรัน	A-7
ตารางที่ 2.3 ส่วนประกอบทางเคมีของโลหะตะกั่วตามมาตรฐาน ASTMB 29-79	A-8
ตารางที่ 2.4 ส่วนประกอบทางเคมีของโลหะตะกั่วตามาตรฐาน JISH 2105	A-8
ตารางที่ 2.5 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมตะกั่วแท่ง มอก.958-2533	A-9
ตารางที่ 2.6 แสดงการใช้งาน ความจุและเวลาที่ใช้ของเตาทำความสะอาดตะกั่ว	A-10
ตารางที่ 2.7 เกณฑ์กำหนดเกี่ยวกับการควบคุมมลภาวะทางอากาศที่เกี่ยวกับโรงถลุงแร่ตะกั่ว	A-11
ตารางที่ 2.8 แสดงค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในสถานที่ทำงานและในปล่องปล่อยสู่อากาศของมลพิษที่ทำการศึกษา	A-12
รูปที่ 1 แผนที่แสดงรายละเอียดในเขตประกอบโลหกรรม	A-13
รูปที่ 2 บริเวณโรงงานถลุงแร่ตะกั่วของ บ.โลหะตะกั่วไทย	A-14
รูปที่ 3 เตาหมุน (Rotary Furnace) สำหรับถลุงแร่ตะกั่ว	A-15
รูปที่ 4 เตาทำความสะอาด (Refining Kettle) สำหรับทำโลหะตะกั่วให้บริสุทธิ์	A-16
รูปที่ 5 อุปกรณ์กักเก็บฝุ่น Bag House Filter	A-17
รูปที่ 6 แผนผังโรงงาน	A-18
รูปที่ 7 แสดงจุดเก็บตัวอย่างอากาศ	A-19

บทคัดย่อ

ศึกษาปริมาณมลพิษทางอากาศของโรงงานถลุงแร่ตะกั่ว ดำเนินการโดยเก็บตัวอย่างอากาศบริเวณพื้นที่ทำงานและปล่องปล่อยสู่บรรยากาศจากโรงงานโลหะตะกั่วไทย จำกัด จังหวัดกาญจนบุรี มาศึกษาหาปริมาณมลพิษทางอากาศที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตตะกั่วบริสุทธิ์โดยการถลุงแร่เซรัสไซต์

ผลการศึกษาตัวอย่างอากาศเพื่อหาปริมาณความเข้มข้นของสารมลพิษต่าง ๆ และประเมินหาปริมาณของสารพิษที่ผู้ปฏิบัติงานสัมผัสระหว่างการทำงานอยู่ ณ บริเวณต่าง ๆ ของโรงงานตลอดระยะเวลาการทำงานหนึ่งผลัดหรือ 8 ชั่วโมง ซึ่งเรียกว่าค่าความเข้มข้นเฉลี่ยโดยน้ำหนักกับเวลาสัมผัส (Time weight Average Concentration) พบว่ามีปริมาณตะกั่ว (Pb) สารหนู และสารประกอบสารหนู (As and compounds) ฝุ่นละออง ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) มีค่า 0.1410, 0.0064, 1.903 และ 0.1700 มิลลิกรัมต่ออากาศ 1 ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศบริเวณพื้นที่ทำงานตามประกาศกระทรวงมหาดไทย กำหนดไว้ ค่าดังกล่าวยังไม่เกินมาตรฐาน

ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างอากาศในปล่องปล่อยสู่บรรยากาศหลังจากผ่านระบบกำจัด พบว่าปริมาณ ตะกั่ว ฝุ่นละออง สารหนู และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีค่าสูงสุด คือ 52, 342.5, 0.05 และ 418.3 มิลลิกรัมต่ออากาศ 1 ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ซึ่งมีเฉพาะตะกั่วเท่านั้นที่มีค่าเกินค่ามาตรฐานปล่อยสารมลพิษสู่อากาศตามพระราชบัญญัติโรงงาน กระทรวงอุตสาหกรรม

ข้อมูลที่ได้จากการศึกษานี้สามารถนำไปใช้ในการเฝ้าระวัง สารมลพิษทางอากาศที่อาจเกิดจากโรงงานถลุงตะกั่วที่จะมีผลต่อสุขภาพอนามัยของผู้ปฏิบัติงานและประชาชนที่อาศัย

อยู่ในบริเวณใกล้เคียงกับโรงงงานและจะต้องมีการตรวจติดตามคุณภาพสิ่งแวดล้อมเป็นประจำ เพื่อให้แน่ใจว่าได้มีการกระทำที่จะรักษาสภาพแวดล้อมให้อยู่ในระดับที่จะไม่ก่อให้เกิดอันตราย

บทที่ 1
บทนำ

ตะกั่วเป็นโลหะที่มีความสำคัญในอุตสาหกรรม ปริมาณการใช้ตะกั่วบริสุทธิ์ของโลกเฉลี่ยปีละกว่า 4 ล้านเมตริกตัน สูงเป็นอันดับห้า รองจากเหล็ก ทองแดง อะลูมิเนียม และสังกะสี การใช้ประโยชน์ของตะกั่วมีทั้งในรูปโลหะ โลหะผสม และสารประกอบ อุตสาหกรรมที่ใช้ตะกั่วมากที่สุดคือ อุตสาหกรรมผลิตแบตเตอรี่รถยนต์ รองลงมาคือ ตะกั่วเตตราเอทิลและเตตราเมทิลซึ่งเป็นสารกันน็อคของเครื่องยนต์เบนซิน แต่การใช้ในด้านนี้มีแนวโน้มลดลง เนื่องจากมีผลเสียด้านมลภาวะทางอากาศ ประโยชน์อื่น ๆ คือ การใช้ทำพิกเมนต์ในอุตสาหกรรมสี กระสุนปืน โลหะบัดกรี ใช้หุ้มสายเคเบิล ทำแบริ่งส์ ใช้ในงานหล่อและงานชุบเคลือบผิวโลหะ นอกจากนั้นยังใช้สกัดกั้นการแผ่รังสีอะตอม และลดการสั่นสะเทือนเนื่องจากแรงกลให้น้อยลง และยังใช้เป็นวัสดุหล่อแบบพิมพ์ แหล่งเก็บพลังงาน ลดการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว ลดความเป็นพิษของเสียจากสารนิวเคลียร์

ประเทศไทยมีความต้องการใช้ตะกั่วบริสุทธิ์ปีละประมาณ 24,000 เมตริกตัน เป็นตะกั่วที่ได้มาจากการหลอมตะกั่วประมาณ 5,000-12,000 เมตริกตัน ที่เหลือต้องนำเข้าจากต่างประเทศ

ปี 2531 ประเทศไทยมีโรงงานผลิตตะกั่วบริสุทธิ์ 99.99 เปอร์เซ็นต์ จากการถลุงแร่เซรัสไซต์ หรือตะกั่วคาร์บอเนต ซึ่งมีตะกั่วอยู่ในแร่นี้ประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ แหล่งแร่อยู่ที่เหมืองบ่องาม อ.ทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี จัดเป็น Primary Lead Smelting & Refining แห่งแรกในประเทศไทย โรงงานถลุงแร่ตั้งอยู่ที่ ต.วังด้ง อ.เมือง จ.กาญจนบุรี มีกำลังการผลิตปีละประมาณ 12,000 เมตริกตัน

โรงงานมีขั้นตอนการผลิต 3 ขั้นตอนใหญ่ ๆ คือ การเคลื่อนย้ายและการผสมวัตถุดิบ (Material Handling & Mining) การถลุงแร่สินแร่ในเตาถลุง (Smelting) และการทำความ

สะอาดตะกั่วที่ผ่านการถลุงแล้ว (Refining) มลพิษทางอากาศที่เกิดขึ้นคือ ฝุ่นละออง ตะกั่ว สารหนู และสารประกอบสารหนู และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

ตะกั่วมีประโยชน์มากแต่มีโทษมหันต์ เมื่อตะกั่วเข้าสู่ร่างกายทั้งทางปาก จมูกและผิวหนัง จะมีผลต่อระบบทางเดินอาหาร ระบบประสาท และสมองทำให้ปวดแสบปวดร้อนในท้อง คลื่นไส้ อาเจียร ท้องร่วง อ่อนเพลีย ไตถูกทำลาย ในรายที่มีระดับตะกั่วในเลือดค่อนข้างสูง จะปวดเมื่อยกล้ามเนื้อ มือและเท้าตก อาจเป็นอัมพาต สมองถูกทำลายในที่สุดอาจถึงตายได้

1.1 ปัญหาและที่มาของการวิจัย

เนื่องจากกระบวนการผลิตของโรงงานถลุงแร่ตะกั่วใช้เซรัสไซต์เป็นวัตถุดิบ ทำให้เกิดสารมลพิษทางอากาศ เช่น ไอตะกั่วและฝุ่นตะกั่ว, ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์, สารหนูและสารประกอบสารหนู, ฝุ่น ซึ่งอาจมีผลต่อสุขภาพอนามัยของผู้ปฏิบัติงาน ผู้ต้องสัมผัสกับบรรยากาศในการทำงาน ตลอดจนมลพิษเหล่านี้มีโอกาสปนเปื้อนเข้าไปในสิ่งแวดล้อม อาจก่อผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของคน สัตว์และสะสมในพืชได้ จึงได้ทำการศึกษาปริมาณของสารมลพิษดังกล่าวบริเวณพื้นที่ทำงานและในปล่องปล่อยสู่บรรยากาศ เพื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน คุณภาพอากาศที่กำหนดไว้ในประกาศกระทรวงมหาดไทยและพระราชบัญญัติโรงงาน อันเป็นการเฝ้าระวังสารมลพิษที่เกิดขึ้น

สถานการณ์ตะกั่วในปัจจุบัน [2,3,4,5,6]

ในปี พ.ศ. 2533 มีการบริโภคตะกั่ว 4.39 ล้านตัน ต่ำกว่าปี พ.ศ. 2532 ที่บริโภค 4.43 ล้านตัน โดยอุปสงค์ในอเมริกาเหนือและลาตินอเมริกาลดน้อยลง แต่อุปสงค์ในยุโรปและเอเชียยังคงมีมาก

ผลผลิตแร่ตะกั่วเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2532 ร้อยละ 4 คือ ผลิตได้ 2.43 ล้านตันโดยสหรัฐฯและออสเตรเลียผลิตเพิ่มมากสุดคือเพิ่มร้อยละ 18 และ 14 ตามลำดับ ขณะที่แคนาดามีผลผลิตลดลง

ผลผลิตโลหะตะกั่วปี พ.ศ. 2533 มีปริมาณ 4.32 ล้านตัน ลดลงร้อยละ 2.1 เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2531 และ 2532 ที่ผลิตได้ 4.41 ล้านตัน โดยยุโรปและแคนาดาผลิตลดลงแต่สหรัฐฯยังคงผลิตเพิ่มขึ้นในครึ่งหลังของปีคิดเป็นร้อยละ 52 ของผลผลิตทั้งหมด

<u>ตารางที่ 1.1</u> (ภาคผนวก) แสดงผลผลิตแร่ตะกั่ว ผลผลิตโลหะตะกั่ว การบริโภคโลหะตะกั่วและสต๊อกโลหะตะกั่วเมื่อสิ้นปี ระหว่าง ปี พ.ศ. 2529-2533

<u>ตารางที่ 1.2</u> (ภาคผนวก) แสดงปริมาณแหล่งแร่สำรองของโลก (พ.ศ.2518)

ความต้องการใช้ตะกั่วในประเทศไทยมีประมาณ 24,000 เมตริกตันต่อปี โดยมีการนำเข้าจากต่างประเทศประมาณ 10,000 เมตริกตัน ส่วนที่เหลือได้จากโรงงานถลุงตะกั่วจากเศษแบตเตอรี่ที่เป็นโรงงานมีใบอนุญาตประกอบโลหะกรรม จากกรมทรัพยากรธรณีจำนวน 4 ราย <u>ดังแสดงในตารางที่ 1.3</u> (ภาคผนวก) ที่แม้ว่ากำลังผลิตรวมจะสูงถึง 18,300 เมตริกตัน แต่ผลการผลิตในปี พ.ศ.2529 มีเพียง 8,000 เมตริกตันเท่านั้นและ<u>ตารางที่ 1.4</u> (ภาคผนวก) แสดงปริมาณการผลิต การนำเข้า การส่งออกและการใช้ตะกั่วแท่งตั้งแต่ปี พ.ศ. 2525-2530

ปี พ.ศ.2531 ได้มีการตั้งโรงงานถลุงแร่ตะกั่วที่ อำเภอเมือง จ.กาญจนบุรี ทำการผลิตตะกั่วแท่งบริสุทธิ์สูง (99.99%) โดยมีกำลังการผลิต 12,000 เมตริกตันต่อปี ทดแทนการนำเข้าได้ทั้งหมด

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.2.1 ศึกษาปริมาณสารมลพิษทางอากาศของโรงงานถลุงแร่ตะกั่วที่ปล่อยสู่บรรยากาศ

1.2.2 เป็นการเฝ้าระวังสารมลพิษทางอากาศจากโรงงานถลุงแร่ตะกั่วทั้งบริเวณพื้นที่ทำงานและปล่องปล่อยสู่บรรยากาศ

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1.3.1 เก็บตัวอย่างอากาศจากโรงงานถลุงแร่ตะกั่วเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศที่ปล่อยสู่บรรยากาศ จากบริเวณพื้นที่ทำงาน และในปล่องปล่อยสู่บรรยากาศ และสารมลพิษที่ทำการศึกษาคือ

ฝุ่นละออง	ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์
ตะกั่ว	สารหนูและสารประกอบสารหนู

1.3.2 วิเคราะห์ตัวอย่างอากาศที่เก็บมาจากโรงงานถลุงแร่ตะกั่วในห้องปฏิบัติการกรมวิทยาศาสตร์บริการ

บทที่ 2
ตะกั่ว การผลิต และสารมลพิษ

2.1 สมบัติของตะกั่ว[1,3,8]

ตะกั่วเป็นธาตุในกลุ่ม 4A ในตารางธาตุ มีเลขอะตอม 82 เป็นโลหะสีเงินอมเทาจัดเป็นกลุ่มโลหะขาว (white metal) เช่นเดียวกับดีบุก พลวง บิสมัท สารหนู มีความอ่อนตัวมาก น้ำหนักอะตอม (atomic weight) 207.19 มีหลายไอโซโทปโดยมีสัดส่วน mass number 204 (15%), 206 (23.6%), 207 (22.6%) และ 208 (52.3%) แต่ที่เป็น stable isotope มีเพียงตัวเดียวคือ Pb-208

ตะกั่วมีความอ่อนตัวมาก เฉื่อยต่อปฏิกิริยาเคมี จะละลายได้ในกรดไนตริกเข้มข้นร้อน หรือในกรดเกลือเข้มข้น กรดกำมะถัน และกรดน้ำส้ม ตะกั่วมีจุดเดือดที่ 1,740 °C

<u>ตารางที่ 2.1</u> แสดงคุณสมบัติของตะกั่ว

แร่ตะกั่ว[4,8,9,10,11]

แร่ตะกั่ว (Lead Ores) เป็นสารประกอบของตะกั่วที่มีวาเลนซี 2 และ 4 โดยสามารถพบอยู่ในรูปแร่กาลีนา (galena) แร่เซรัสไซต์ (Ce-rusite) และแร่แองกลีไซต์ (anglesite)

แร่กาลีนา มีสูตรเคมี PbS ประกอบด้วย Pb 88.6 และ S 13.4 เปอร์เซ็นต์ มักมีเงินปนอยู่ อาจมีสังกะสี แคดเมียม พลวง สารหนู และบิสมัทปนอยู่ด้วย มีรูปผลึกในระบบไอโซเมทริก มักพบเป็นผลึกรูปสี่เหลี่ยมลูกเต๋า มีผงละเอียดเป็นสีเทา ตะกั่วมีความแข็ง 2.5 ความถ่วงจำเพาะ 7.4-7.6 ลักษณะเด่นในการสังเกตแร่กาลีนาคือ ความมันวาวแบบโลหะ มีรอยแตกแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัสหรือผลึกแบบลูกเต๋า มีน้ำหนักมากผิดปกติ รู้สึกหนัก เนื้อแร่อ่อน ขูดเข้าได้ง่ายแม้แต่ด้วยเล็บมือ

แร่เซรัสไซต์ มีสูตรทางเคมี $PbCO_3$ โดยมีส่วนประกอบ PbO 83.5 และ CO_2 16.5 เปอร์เซ็นต์ ผลึกในระบบออร์โทรอมบิก มีรูปผลึกได้หลายแบบ ไม่มีสี สีขาว หรือสีเทา ความแข็ง

3-3.5 ความถ่วงจำเพาะ 6.55 มีความวาวแบบเพชร มีลักษณะโปร่งแสง-โปร่งใส ลักษณะเด่นในการสังเกตแร่เซรัสไซต์คือ เป็นแร่ที่ไม่มีความมันวาวแบบโลหะที่มีน้ำหนักมาก เนื่องจากมีความถ่วงจำเพาะมากถึง 6.55 ละลายได้ในกรดไนตริกอย่างเจือจางอุ่นเล็กน้อยจะฟูเป็นฟอง ซึ่งทำให้สามารถเห็นความแตกต่างจากแองกลีไซต์

แร่แองกลีไซต์ มีสูตร $PbSO_4$ ส่วนประกอบ PbO 73.6 และ SO_3 26.4 เปอร์เซ็นต์ ผลึกในระบบออร์โทรอมบิก ไม่มีสี สีขาวเทาหรือสีเหลืองอ่อน ถ้ามีสีเจือปนอาจทำให้เป็นสีเทาเข้ม ความแข็ง 3.0 ความถ่วงจำเพาะ 6.2-6.4 เมื่อเป็นผลึกจะมีความมันวาวแบบเพชร ลักษณะเด่นในการสังเกตแร่แองกลีไซต์โดยความหนักของแร่ ความมันวาวแบบเพชร มักเกิดร่วมกับกาลีนา ต่างกับเซรัสไซต์ที่ไม่เกิดฟองฟู่กับกรดไนตริก

2.2 การใช้ตะกั่วในอุตสาหกรรม[3,5,6,10,12,13]

ตะกั่วใช้มากในโรงงานอุตสาหกรรม เนื่องจากความสามารถในการหลอมเหลวทำให้อ่อนและดัดแปลงให้มีรูปต่าง ๆ ได้แบ่งได้ 2 ประเภทคือ

- สารประกอบอนินทรีย์ของตะกั่ว (Inorganic lead compounds) เช่นโลหะตะกั่ว ตะกั่วอะซิเตต ตะกั่วซัลไฟด์และออกไซด์ของตะกั่ว เป็นต้น
- สารประกอบอินทรีย์ของตะกั่ว (Organic lead compounds) เช่นตะกั่วเตตราเอทิล ตะกั่วเตตราเมทิล เป็นต้น

2.3 ประโยชน์ของตะกั่ว

- ใช้ในอุตสาหกรรมผลิตแบตเตอรี่รถยนต์ ทำแผ่นธาตุและขั้วแบตเตอรี่
- ใช้ผสมน้ำมันเบนซินในรูปของตะกั่วเตตราเอทิลและตะกั่วเตตราเมทิล เพื่อเป็นสารกันน๊อคของเครื่องยนต์
- ใช้ทำกระสุนปืน เปลือกเคเบิลหุ้มสายไฟฟ้า ท่อตะกั่วทนต่อการกัดกร่อนในอุตสาหกรรมเคมี

- ใช้ผสมกับโลหะอื่น ๆ เพื่อผลิตโลหะบัดกรี โลหะแบริ่ง โลหะตัวพิมพ์อื่น ๆ
- ใช้ในอุตสาหกรรมผสมสี เช่น สีตะกั่วแดง (red lead) เป็นสีพื้นและสีโลหะป้องกันสนิม
- นำโลหะตะกั่วไปใช้ในการกักเก็บของเสียจากสารนิวเคลียร์ (Radioactive waste)
- ใช้เป็นตัวค้ำยัน (Lead damper) ระหว่างพื้นดินกับฐานยางของอาคารเพื่อลดการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว

2.4 โรงงานถลุงแร่ตะกั่วและกระบวนการผลิต

2.4.1 สถานที่ตั้ง[5,6]

โรงงานถลุงแร่ตะกั่วตั้งอยู่เลขที่ 199/1-3 ตำบลวังด้ง อำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี มีเนื้อที่ 188 ไร่ อาคารโรงงานมีเนื้อที่ 3.5 ไร่

โรงงานถลุงแร่อยู่ห่างจากตัวเมืองกาญจนบุรีประมาณ 40 กิโลเมตร ห่างจากหมู่บ้านวังด้งประมาณ 2.2 กิโลเมตร บริเวณรอบ ๆ โรงงานถลุงเป็นไร่กระถินและที่ว่างเปล่าของบริษัท ฯ จุดตั้งโรงงานถลุงอยู่ทางตอนเหนือของลำน้ำแควใหญ่ ห่างจากโรงงานถลุงประมาณ 200 เมตร

2.4.2 วัตถุดิบที่ใช้[8]

แร่ตะกั่วคาร์บอเนต ที่มีเนื้อโลหะตะกั่ว 60 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไป ปีละ 20,000 ตัน

เหล็กออกไซด์ ประมาณปีละ 700 ตัน

ทราย ปีละประมาณ 300 ตัน

ถ่านโค้กและถ่านหิน ประมาณปีละ 1,600 ตัน

ปูนขาว ประมาณปีละ 300 ตัน

โซเดียมไฮดรอกไซด์ และโซเดียมไนเตรท ประมาณปีละ 14 ตัน

น้ำมันเตา ประมาณปีละ 12,000 ตัน

2.4.3 เครื่องจักรที่ใช้[8]

เครื่องจักรที่สำคัญ ๆ ในกระบวนการผลิตแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม คือ

กลุ่มเตาถลุง (Smelting furnace)

กลุ่มเตาทำความสะอาด (Refining kettle)

กลุ่มเครื่องจักรขึ้นรูป (Casting)

กลุ่มเครื่องกำจัดมลภาวะ (Air treatment)

เตาถลุง (Smelting furnace) เป็นเตานอนแบบหมุน (short rotary furnace) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 เมตร ยาว 4 เมตร จำนวน 2 เตา ที่ซื้อมาจากบริษัท Paul Bergsoe & Son ประเทศเดนมาร์ก

เตาทำความสะอาด (Refining kettle) ประกอบด้วยกะทะพร้อมเครื่องกวนและฝาครอบดูดไอร้อน (Kettle with agitator and fumehood) จำนวน 5 ชุด ที่บริษัท Stolburg Ingenieberatung GMBH เป็นผู้ออกแบบ

เครื่องจักรขึ้นรูป (Casting machine) เป็นเครื่องขึ้นรูป ตะกั่วให้เป็นแท่งตามขนาดที่ต้องการ

เครื่องกำจัดมลภาวะ (Air treatment) เป็นเครื่องกรองฝุ่นชนิด Bag house filter จำนวน 4 ชุด แต่ละชุดสามารถกรองอากาศได้ 50,000 nM^3/hr โดยถุงกรองทำด้วยผ้า Polyester มีเนื้อที่การกรองประมาณ 1,100 ตารางเมตร สามารถกรองฝุ่นขนาด 0.01-80 ไมครอน ได้ 99.5 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป

2.4.4 กระบวนการผลิต

<u>การถลุง</u>

นำเอาวัตถุดิบที่ประกอบด้วยแร่ตะกั่วคาร์บอเนต มีตะกั่วไม่ต่ำกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ ที่ผ่านขั้นตอนการลอยแร่ (floatation) มีขนาดประมาณ 250 mesh (55 ไมครอน) มีความชื้นประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ และมีซัลเฟอร์น้อยมาก ไม่เกิน 1.65 เปอร์เซ็นต์ รวมกับฝุ่นจากเครื่องกรอง

(filter) ทราย ปูนขาว เหล็กออกไซด์ และถ่านโค้ก ผสมกันแล้วป้อนเข้าเตาเผาหมุนแบบนอน (Short rotary furnace) ครั้งละ 14 ตัน ที่คิดเป็นปริมาณต่อชั่วโมงการทำงานดังนี้

แร่เซรัสไซต์ (ไม่รวมความชื้น)	1,321.25 กิโลกรัม
ความชื้นในแร่เซรัสไซต์	175.00 กิโลกรัม
ฟลักซ์คิดเป็น 14.5% น้ำหนักแร่รวม	253.75 กิโลกรัม

(ประกอบด้วยถ่านโค้ก 140 กก. ทราย 26.25 กก. Fe_2O_3 61.25 กก. และปูนขาว 26.25 กก.)

รวม 1,750 กิโลกรัม

อุณหภูมิภายในเตาถลุงอยู่ในช่วง 600-800 °C จากนั้นจะเพิ่มอุณหภูมิเป็น 1,100 °C และทิ้งไว้ที่อุณหภูมินี้ประมาณ 7-8 ชั่วโมง โดยที่เตาถลุงจะหมุนรอบตัวเองอย่างช้า ๆ อุณหภูมิในการถลุงต้องควบคุมไม่ให้สูงเกิน 1,740 °C เพราะจะทำให้ตะกั่วระเหยเป็นไอ เมื่อแร่ตะกั่วละลายและแยกตัวโดยตะกั่วมีความถ่วงจำเพาะสูงจะจมอยู่ข้างล่าง และขี้ตะกรันซึ่งประกอบด้วยโลหะออกไซด์ที่เกิดสารประกอบ ซิลิเกตได้แก่ FeO, Al_2O_3, PbO, CaO, MgO และ K_2O จะแยกลอยอยู่ข้างบนเป็นกากโลหะ (slag) รอการตักไปทิ้งหรือผ่านวิธีการแยกอย่างอื่นต่อไป ตะกั่วเหลวจะถูกปล่อยให้ไหลออกจากเตาถลุงลงในภาชนะที่เตรียมไว้เพื่อรอการทำความสะอาดต่อไป

ปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดขึ้น มีดังนี้

$$PbCO_3 \xrightarrow{315\ ^\circ C} PbO + CO_2$$

$$2PbO + C \xrightarrow{890\ ^\circ C} 2\ Pb + CO_2$$

$$PbO + CO \xrightarrow{890\ ^\circ C} Pb + CO_2$$

$$Fe_2O_3 + CO \xrightarrow{1100\ ^\circ C} 2FeO + CO_2$$

$$2Fe_2O + SiO_2 \xrightarrow{1100\ ^\circ C} 2FeO.SiO_2 \text{ (ขี้ตะกรัน)}$$

$$CaCO_3 + SiO_2 \xrightarrow{1100\ ^\circ C} CaO + CO_2$$

1100 °C

$$CaO + SiO_2 \text{ ----------> } CaO.SiO_2 \text{ (ขี้ตะกรัน)}$$

<u>การทำโลหะตะกั่วให้สะอาด</u> (Refining)

Pb bullion จากการถลุงยังมีโลหะมลทินบางชนิดปนอยู่เช่น ทองแดง (Cu) เงิน (Ag) พลวง (Sb) สารหนู (As) และอื่นๆ ในการที่จะทำ Pb bullion ให้เป็นตะกั่วบริสุทธิ์ (A-lead) ซึ่งประกอบด้วย Pb 99.99% และโลหะมลทินอื่น ๆ เช่นทองแดง เงิน สังกะสี ปรอท ดีบุก พลวง แคดเมียม ต้องน้อยกว่า 10g/T บิสมัทต้องน้อยกว่า 50 g/T โลหะตะกั่วที่ได้จากเตาถลุงจึงต้องผ่านกรรมวิธีทำให้บริสุทธิ์ (refined) ซึ่งแบ่งเป็น 6 ส่วน (กะทะ) ดังนี้

1. หลอมตะกั่ว (melting and rawdrossing)

เนื่องจากใน Pb bullion มีกากโลหะและ dross ติดอยู่ตามผิว ซึ่งPb bullion นี้ต้องนำกลับมาหลอมก่อน refined เพื่อเอา dross และกากโลหะที่ตกค้างออกก่อนแล้วนำ dross ที่ได้เข้าถลุงใหม่ อุณหภูมิที่ใช้ในกะทะนี้ประมาณ 450 °C ใช้เวลาในการหลอม 9 ชั่วโมง

2. การขจัดทองแดง (decoppering)

การลดอุณหภูมิของตะกั่วหลอมเหลวเหลือ 340 °C จะทำให้สามารถขจัดทองแดงได้ประมาณ 0.06% (600 g/T) แต่ปริมาณทองแดงในตะกั่วบริสุทธิ์ต้องน้อยกว่า 10g/T จึงต้องเติมกำมะถันในขณะที่ลดอุณหภูมิของตะกั่วจนเข้าใกล้จุดแข็งตัวคือประมาณ 330-350 °C ซึ่งอาจลดปริมาณทองแดงเหลือ 10-15 g/T

กำมะถัน 40-80 kg จะเติมระหว่างกวน กำมะถันจะถูกดึงเข้าไปในตะกั่วและจะรวมตัวกับทองแดงซัลไฟด์ (Cu_2S) เป็น dross dross จะลอยอยู่บนผิวของตะกั่ว เพื่อทำ dross ให้แห้งจะเติมขี้เลื่อยระหว่างกวน dross จะมีตะกั่วอยู่ประมาณ 70-80% Pb แล้วนำ dorss นี้ charge เข้าถลุง การขจัดทองแดงใช้เวลาประมาณ 6 ชั่วโมง

3. การขจัดเงิน (desilvering)

ขจัดเงินออกจากตะกั่วใช้วิธีเติม Zn (parkes process) โดยปกติตะกั่วและสังกะสีจะ

ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน เมื่อเติมสังกะสีลงในโลหะตะกั่วที่หลอมเหลว สังกะสีจะรวมตัวกับเงิน กลายเป็นโลหะผสม สังกะสี-เงิน ซึ่งจะมีจุดหลอมเหลวดังนี้

Ag_2Zn_3 จุดหลอมเหลว 665 °C

Ag_2Zn_5 จุดหลอมเหลว 636 °C

อุณหภูมิที่ใช้ในกรรมวิธีนี้คือ 500 °C ดังนั้นโลหะผสมสังกะสี-เงิน จะกลายเป็นของแข็งและของเหลวบางส่วนและโลหะผสมนี้จะเบากว่าตะกั่วจะลอยขึ้นที่ผิวหน้าในช่วงที่ลดอุณหภูมิให้เหลือ 340 °C กลายเป็น skim

การละลายของสังกะสีในตะกั่ว จะลดลงตามอุณหภูมิของตะกั่วเมื่ออุณหภูมิของตะกั่วประมาณ 330 °C ปริมาณของสังกะสีในตะกั่วจะประมาณ 0.5% ดังนั้นในการเติมสังกะสีเพื่อขจัดเงิน อุณหภูมิที่ใช้ต้องอย่างน้อยที่สุด 460 °C และปริมาณสังกะสีประมาณ 1% ของ charge เพื่อจะแน่ใจว่าขจัดเงินได้ผล ระหว่างลดอุณหภูมิให้เหลือ 330 °C สังกะสีก็จะแยกออกจากตะกั่วและรวมตัวกับเงิน โลหะผสมหรือ skim นี้จะลอยขึ้นบนผิวของตะกั่วเป็นผลึกของสังกะสี-เงินและจะตักออกด้วย drosshovel skim นี้จะประกอบด้วยเงินเกือบทั้งหมดจากตะกั่วปริมาณของเงินจะน้อยกว่า 5g/T อัตราส่วนของเงินจะสูงสุดในขณะที่เริ่มต้นที่อุณหภูมิประมาณ 500 °C skim นี้เรียกว่า richskim ซึ่งต้องตักออกแล้วส่งเข้ากรรมวิธีทำเงินบริสุทธิ์ต่อไป

ช่วงท้ายของ skim ที่ได้จะเป็น poorskim ซึ่งจะมีเงินอยู่ในอัตราส่วนที่ลดลง และมีสังกะสีเหลืออยู่มากเราจึงใช้ poorskim มาใช้ขจัดเงินใหม่อีก ที่ขั้นตอนการขจัดเงินนี้ใช้เวลาประมาณ 8-10 ชั่วโมง

4. การขจัดสังกะสี (dezincing)

หลังจากขจัดเงินแล้ว ปริมาณของสังกะสีที่เหลือในตะกั่วประมาณ 0.5% (5,000 g/T) การขจัดสังกะสีเกิดในสูญญากาศของ vacuum bell ที่วางบนกะทะ สังกะสีกลายเป็นไอที่อุณหภูมิต่ำกว่าตะกั่วในสูญญากาศ และที่อุณหภูมิ 600 °C สังกะสีส่วนใหญ่จะกลายเป็นไอออกจากตะกั่ว

หลอมเหลว และจะกลั่นตัวเป็นไอสังกะสี (Zinc vapor) ที่ผิวที่เย็นกว่าของ vacumm bell ซึ่งถูกหล่อเย็นด้วยน้ำ สังกะสีจะเริ่มแข็งตัวและจับตัวได้ bell สังกะสีที่ได้จะนำกลับมาใช้ในการขจัดเงิน สังกะสีที่เหลืออยู่ในตะกั่ว ประมาณ 1,000 g/T ระยะเวลาที่ใช้ประมาณ 4-5 ชั่วโมง

5. การขจัดพลวง สารหนู ดีบุกและสังกะสี

หลังจากขจัดสังกะสีแล้ว โลหะตะกั่วยังมีพลวงและสังกะสี ผสมเป็นส่วนใหญ่ ส่วนสารหนูและดีบุกผสมอยู่น้อยกว่า วิธีขจัดโลหะมลทินเหล่านี้ จะใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์และโซเดียมไนเตรท (เรียกว่า oxidation) จำนวนที่ใช้ขึ้นอยู่กับปริมาณของสังกะสีและพลวง อุณหภูมิที่ใช้ประมาณ 500 °C dross ที่ได้จะออกเป็นก้อนสีเหลืองซึ่งมีตะกั่วปนอยู่ถึง 60% ซึ่งจะส่งเข้าเตาถลุงต่อไป ซึ่งในขั้นตอนนี้ใช้เวลาประมาณ 6 ชั่วโมง สมการที่เกิดขึ้นดังนี้

$$5Pb + 6\ NaOH + 4NaNO_3 \longrightarrow NaPbO_3 + 2N_2 + 3H_2O$$

$$5Na_2PbO_3 + 4As + 2NaOH \longrightarrow 4Na_3AsO_4 + 5Pb + H_2O$$

$$2Na_2PbO_3 + 2Sn \longrightarrow 2Na_2SnO_3 + 2Pb$$

$$5Na_2PbO_3 + 3H_2O + 4Sb \longrightarrow 4Na_2SbO_3 + 6\ NaOH + 5Pb$$

6. ตะกั่วบริสุทธิ์สำหรับหล่อ

ตะกั่วบริสุทธิ์จากกะทะที่ 5 จะถูกส่งมาพักในกะทะนี้ เพื่อการวิเคราะห์และส่งเข้าหน่วยหล่อต่อไป เนื่องจากเตาแต่ละเตามีระยะเวลาที่ต้องการใช้ในการดำเนินการแตกต่างและมีความจุต่างกันซึ่งสามารถสรุปได้ใน <u>ตารางที่ 2.6</u>

2.5 มลพิษทางอากาศของโรงงานถลุงแร่ตะกั่ว

2.5.1 ประเภทและแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศ [1,3,4,7,10]

วัตถุดิบที่ใช้คือเซรัสไซต์ จากการวิเคราะห์ตัวอย่างแร่ตั้งแต่ปี1980 จนถึงปัจจุบันพบว่ามีองค์ประกอบเฉลี่ยของธาตุที่มีปริมาณสูงที่สุดสิบอันดับแรกดังนี้

Pb	=	64.15%	CaO	=	0.89%
FeO	=	2.45%	K_2O	=	0.24%
SiO_2	=	3.78%	MgO	=	0.17%
Al_2O_3	=	1.28%	CO_2	=	12.93%
BaO	=	3.94%	S	=	1.65%

สำหรับสารหนู As(arsenic) มีปริมาณ เฉลี่ย 0.015%

จากการบวนการผลิต วัตถุดิบที่ใช้สามารถทำให้เกิดสารมลพิษทางอากาศได้ ถ้าขาดการขจัดหรือควบคุม มลพิษทางอากาศที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตประกอบด้วย

1. ไอตะกั่วและฝุ่นตะกั่ว เกิดจากการระเหยของตะกั่วหลอมเหลวและการฟุ้งกระจายของวัตถุดิบในเตาถลุงแร่

2. ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เกิดจากวัตถุดิบที่มีกำมะถันผสมอยู่และทำปฏิกิริยากับเหล็กไม่หมด และจากการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงที่มีองค์ประกอบกำมะถันประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์

3. สารหนูและสารประกอบสารหนู เกิดจากวัตถุดิบที่มีสารหนูเป็นองค์ประกอบ เมื่อได้รับความร้อน โดยมีอากาศจะเกิดการเผาไหม้ได้อาร์ซีนิคออกไซด์ (As_2O_3) ซึ่งเป็นควันสีขาว

4. ฝุ่น (dust) เกิดจากการฟุ้งกระจายของแผนกผสมวัตถุดิบและจากการถลุงแร่ตะกั่ว

2.5.2 คุณสมบัติของมลพิษและความเป็นพิษ

2.5.2.1 พิษและผลกระทบของตะกั่วและสารประกอบอนินทรีย์ของตะกั่ว

ตะกั่วเป็นโลหะหนัก เมื่อเข้าสู่ร่างกายแล้วจะเกิดการสะสมอยู่ในร่างกายโดยที่ไม่สลายตัวเอง (non-biodegradable nature) ตะกั่วทำให้เกิดการเจ็บป่วยที่เรียกว่าโรคแพ้พิษตะกั่ว (lead poisoning) หรือโรค “Plumblism” ที่พบในกรุงโรมสมัยโบราณ

Mayer (1969) ได้อธิบายอาการของโรคแพ้พิษตะกั่วไว้ดังนี้ “เบื่ออาหาร มีรสโลหะในปาก ท้องผูก โลหิตจาง ซีด คลื่นเหียน อ่อนเพลีย นอนไม่หลับ ปวดศีรษะ หงุดหงิด ฉุน

เฉียวง่าย ปวดกล้ามเนื้อและกระดูก ตัวสั่น ใจสั่น และปวดท้องเรื้อรัง (abdominal pain) อย่างรุนแรง และมีแนวโน้มที่จะเกิดอาการมือเท้าตก (wrist drop or foot drop) จนเป็นอัมพาตได้ นอกจากนี้ในบางครั้งยังเกิดเส้นสีม่วงหรือน้ำเงิน (Burtonian line or lead line) ขึ้นที่เหงือก อันเป็นสัญญาณว่ามีการดูดซึมตะกั่วและสะสมอยู่ในร่างกาย

บุคคลทั่วไปมีโอกาสรับตะกั่วจากทางอาหาร น้ำ และอากาศ แต่สำหรับคนงานหลอมโลหะแล้วมักจะได้รับโดยการหายใจเข้าไป (inhalation) ในรูปของฟูมและตะกั่วออกไซด์ นอกจากนี้จะได้รับทางอาหารซึ่งปนเปื้อนจากตะกั่วที่ตกค้างตามเสื้อผ้าและมือทำให้คนงานได้รับตะกั่วเพิ่มขึ้น

เมื่อตะกั่วเข้าสู่ร่างกายจะทำให้ระดับตะกั่วในเลือดและปัสสาวะสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว การกำจัดออกจากร่างกายในช่วงแรกมีมาก ต่อมาจะช้าลงและเกิดการสะสมในร่างกายซึ่งจากการศึกษาของ Barry และ Mossman (1970) พบว่าสะสมที่กระดูกประมาณ 94-95% ที่เหลือสะสมอยู่ในเนื้อเยื่ออื่น ๆ ต่อจากนั้นจะกลับแพร่กระจายใหม่เนื่องจากเมตาโบลิซึ่มของตะกั่วในอวัยวะต่าง ๆ และระบบต่าง ๆ ของร่างกาย แต่ถ้าได้รับติดต่อกันนาน ๆ จะเกิดสภาพสมดุลย์ระหว่างปริมาณตะกั่วที่ดูดซึม ปริมาณที่สะสมและปริมาณที่กำจัดออก

การดูดซึมตะกั่วที่หายใจเข้าไปของร่างกายนั้น ไม่ได้ขึ้นกับความเข้มข้นของตะกั่วในอากาศที่หายใจเข้าไปอย่างเดียว แต่ขึ้นกับสถานะทางกายภาพโดยเฉพาะอย่างยิ่งขนาดของอนุภาค (particle size) และคุณสมบัติทางเคมีของตะกั่วนั้น ๆ และยังขึ้นกับสภาวะของร่างกายของบุคคลที่รับเอาตะกั่วเข้าไปด้วย ได้แก่ อายุและเพศ จะพบว่าเด็กมีการดูดซึมตะกั่วสูงถึง 53% ขณะที่ผู้ใหญ่มีการดูดซึมไม่ถึง 10% นอกจากนี้ภาวะโภชนาการก็จะมีผลต่อการดูดซึมตะกั่ว เช่น การกินอาหารที่มีฟอสฟอรัส แคลเซียม และเหล็กต่ำ แต่วิตามินดีสูงจะเพิ่มการดูดซึมตะกั่ว ถ้ากินอาหารที่มีโปรตีนต่ำจะแสดงอาการของการแพ้พิษตะกั่วได้ง่าย ปัจจัยอื่น ๆ ได้แก่ สุขภาพและการ

ดื่มแอลกอฮอล์ ถ้าสุขภาพอ่อนแอหรือมีการดื่มแอลกอฮอล์จะแสดงอาการแพ้พิษตะกั่วได้ง่าย เป็นต้น

Hammond และ Beliles 1980 ได้สรุปว่าตะกั่วมีพิษต่ออวัยวะหรือระบบของร่างกาย 4 กลุ่มด้วยกัน ได้แก่ สมองส่วนกลาง (central nervous system), ระบบประสาทส่วนปลาย (peripheral nervous system), ไต (kidney) และระบบการสร้างเม็ดเลือด (hematopoiesis and heme synthesis)

ผลต่อสมองส่วนกลาง Hammond และ Beliles อ้างถึงผลการศึกษาของ Crutcher, 1963; Whitfield et.al., 1972; Teisinger & Styblova, 1961 และคนอื่น ๆ ว่าตะกั่วจะสะสมที่สมองซึ่งการสะสมของตะกั่วอนินทรีย์ในสมองนี้ทำให้เกิด lead encephalopathy ซึ่งผู้ป่วยจะอาการซึม กระวนกระวาย หงุดหงิดง่าย ปวดศีรษะ กล้ามเนื้อสั่น เพ้อคลั่ง ความจำเสื่อมและขาดสมาธิ อาการต่าง ๆ เหล่านี้นำไปสู่การคลุ้มคลั่ง ชัก อัมพาต โคม่าและตายได้ อาการทางสมองนี้พบรุนแรงในเด็กมากกว่าผู้ใหญ่และตะกั่วอนินทรีย์มีพิษน้อยกว่าตะกั่วอินทรีย์

ผลต่อระบบประสาท ทำให้กล้ามเนื้ออ่อนแรง (lead palsy) แขนขาตกประสาทรับรู้เสื่อมหรือเปลี่ยนไป

ผลต่อการเปลี่ยนแปลงของไต (renal changes) ตะกั่วจะไปทำลายไต บางครั้งพิษของตะกั่วจะเกิดร่วมกับโรคเกาท์ (gout) คือมีการขับกรดยูริคออกมาทางปัสสาวะน้อยกว่าปกติ ทำให้กรดนี้สะสมมากขึ้นในเลือดและตกผลึกตามข้อต่อ ทำให้มีอาการปวดเมื่อยตามข้อ ถ้าตะกั่วสะสมอยู่เป็นเวลานาน ๆ จะทำให้เนื้อไตแข็งกระด้าง

ผลต่อระบบเลือด ตะกั่วจะเข้าไปรบกวนระบบการสร้าง heme โดยการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของเอ็นไซม์ในเลือดและปัสสาวะ ทำให้เกิดการสะสมของ non-heme iron และ protoporphyrin ในเม็ดเลือดแดงและเป็นการเพิ่มสัดส่วนของเม็ดเลือดแดงที่ไม่สมบูรณ์ในเลือด เม็ดเลือดแดงที่ไม่สมบูรณ์มีรูปร่างผิดปกติและมีอายุสั้น จึงเป็นเหตุให้เกิดสภาวะโลหิตจางขึ้น

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

โดยทั่วไปอาการผิดปกติของเม็ดเลือดจะเกิดขึ้นก่อนที่จะมีอาการหรือสัญญาณอื่นใด จึงเป็นส่วนสำคัญในการวินิจฉัยโรคนี้ สำหรับพิษของตะกั่วที่มีต่อระบบอื่น ๆ ของร่างกายเท่านั้นที่พบได้แก่ ผลต่อการเปลี่ยนแปลงของเซรัมโปรตีนในร่างกาย (serum protein changes) ตะกั่วทำให้รูปแบบของโปรตีนในเซรัมของเลือดคนเปลี่ยนไปกล่าวคือ ไปลดอัตราส่วนของ albumin:globulin ลงและไปรบกวนระบบสร้างภูมิคุ้มกันของร่างกาย (natural immunologic process) และผลต่อการเปลี่ยนแปลงของต่อมไร้ท่อ (endocrine changes) ตะกั่วจะขัดขวางและเปลี่ยนแปลงการทำงานของต่อมไร้ท่อเช่น ขัดขวางการดูดซึมไอโอดีนของต่อมไทรอยด์

2.5.2.2 พิษและผลกระทบของอาร์เซนิคออกไซด์

คุณสมบัติของ Arsenic and compounds

-Elemental Arsenic มี a.w. 74.9 sp.gr. 57 mp. 617°C ที่ 28 atm bp. 613°C (sublimes)., v.p. 1 mm Hg ($0.13x10^3$ Pa) ที่ 372°C

ค่า TWA OSHA สำหรับ Inorganic As&compd. as As 0.01 mg/m^3

TLV ACGIH สำหรับ As and Soluble compds. as As 0.2 mg/m^3

-Arsenic compounds

Inorganic arsenic compounds เช่น Arsenictrichloride ($AsCl_3$X Organic Arsenic trioxide (As_2O_3) Lead arsenite ($PbAs_2O_4$)

Organic arsenic compounds เช่น Cacodylic acid $(CH_3)_2AsOOH$ Arsanillic acid $(NH_2C_5H_4AsO(OH)_2$

-Arsine gas (AsH_3)

ในธรรมชาติจะพบสารหนูปะปนอยู่ในสินแร่หลายชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งสินแร่ทองแดง และสินแร่ตะกั่ว เมื่อสารหนูถูกความร้อนโดยมีอากาศจะเกิดการเผาไหม้ควันสีขาวของอาร์เซนิคไตรออกไซด์ (As_2O_3) ในกรณีที่มีมากสามารถนำมาทำให้บริสุทธิ์และนำไปใช้งานได้

สารหนูและสารประกอบของสารหนูเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตทั้งแบบเฉียบพลันและแบบเรื้อรัง จากการศึกษาของ Frost (1967) พบว่าสารประกอบอนินทรีย์ของสารหนูมีพิษกว่าสารประกอบอินทรีย์ โดยเฉพาะถ้าเป็น trivalent เช่นอาร์เซนิคไตรออกไซด์

Arsenic trioxide (As_2O_3) มี m.w. 197.8 sp.gr. 3.85-4.15 mp. 315°C bp. 457°C ละลายในน้ำ ไม่มีกลิ่น

ค่า TWA OSHA as As 0.01 mg/m^3

MAC USSR 0.3 mg/m^3

พิษเฉียบพลันจากการหายใจเข้าไป โดยเฉพาะไอของอาร์เซนิคไตรออกไซด์ซึ่งเกิดขึ้นจากการเผาไหม้ของสารหนู อาร์เซนิกไตรออกไซด์นี้กลายเป็นไอโดยการระเหิด (sublime) ที่อุณหภูมิต่ำ คือ 193°C จึงพบได้มากในขบวนการที่มีการเผาไหม้สารหนูพิษของอาร์เซนิคไตรออกไซด์ คือ ทำลายเยื่อบุผนังจมูกและระบบทางเดินหายใจอื่น ๆ ทำให้เกิดแผลติดเชื้อ ทำให้ผนังจมูกเป็นรูโหว่ได้ มีอาการระคายเคืองเยื่อบุตา และหลอดเสียงอย่างรุนแรง

สำหรับผู้ปฏิบัติงานในโรงงานอุตสาหกรรมมีโอกาสเกิดพิษเรื้อรังจากสารประกอบของสารหนูมากที่สุด ทั้งจากการหายใจ การกิน และการสัมผัสที่ผิวหนัง ผลกระทบที่พบคือ ผลต่อผิวหนัง เยื่อบุจมูกและทางเดินหายใจ ระบบทางเดินอาหาร และระบบประสาทที่พบอาการน้อย คือ ผลต่อระบบหมุนเวียนเลือดและตับ Stokinger กล่าวว่าอาร์เซนิคไตรออกไซด์ไม่ใช่สารกระตุ้นมะเร็งโดยตรง แต่ถ้ามีเงื่อนไขเสริม เช่น มีก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ฝุ่นของโลหะออกไซด์หรือการสูบบุหรี่ การหายใจเอาอาร์เซนิกออกไซด์จะช่วยเสริมให้เกิดมะเร็งได้ง่าย

ผลกระทบต่อผิวหนัง (dermal effect) ของสารหนูที่พบบ่อยคือ ผิวหนังอักเสบมีสีแดงไหม้กระดำกระด่าง หน้าบวม เป็นตุ่มพุพองบริเวณหน้า คอ แขน ข้อมือและมือ และยังเกิดอาการหนังด้าน ผิวหนังแตกและปุ่มปม (hyperkeratosis) ผิวหนังเปลี่ยนสี นอกจากนี้ยังมีผลต่อเยื่อบุ

(MUCOUS MEMBRANE EFFECT) ทำให้เกิดอาการระคายเคืองจมูกและหลอดลมเกิดอาการเยื่อจมูกและถุงลมปอดอักเสบ ผนังจมูกอาจถูกกัดทะลุเป็นรูโหว่ได้

อาร์ซีนิคมีผลต่อระบบทางเดินอาหาร คือ ทำให้เกิดอาการคลื่นเหียน อาเจียน อย่างไรก็ตามจะพบผู้ที่มีอาการระบบทางเดินอาหารนี้ได้น้อยกว่าอาการอื่น ๆ

ผลต่อระบบประสาท อาร์ซีนิคทำให้ปลายประสาทอักเสบ เกิดอาการปวดแสบ ร้อนขณะเดิน ทำให้เดินเขยกและเดินลำบาก และทำลายประสาทรับความรู้สึก เกิดอาการชาบริเวณปลายนิ้วมือนิ้วเท้า ขาอ่อนแรงทั้ง 2 ข้างอย่างรุนแรง

ผลต่อระบบเลือด ทำให้โลหิตจาง เพราะอาร์ซีนิคเข้าไปรบกวนการสร้างเม็ดเลือดแดงและเซลล์ไขกระดูก นอกจากนี้ยังทำให้เซลล์เม็ดเลือดขาวลดน้อยลง

2.5.2.3 พิษและผลกระทบของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เป็นก๊าซไม่มีสี มีกลิ่นที่ฉุนที่ทำให้ระคายเคือง ละลายน้ำได้ดีและได้กรดซัลฟิวรัส (H_2SO_3) ซึ่งจะถูกออกซิไดซ์ด้วยออกซิเจนในอากาศเป็นกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4)

การนำเข้าสู่ร่างกาย โดยเข้าทางระบบทางเดินหายใจ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ละลายน้ำได้ดีจึงละลายใน mucous และ aqueous lining ของทางเดินหายใจและปอด และสามารถแพร่กระจายสู่เลือดและน้ำเหลืองได้ จากการศึกษาของ S[eizer and Frank (1966a,1966b), Frank et al., 1967 และ Yokoyama et al., 1971 พบว่าก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่หายใจเข้าไปนั้น หากมีความเข้มข้นประมาณ 2.9 มก./ลบ.ม.ขึ้นไป จะถูกดูดซึมภายในจมูกและเข้าสู่ระบบหมุนเวียนเลือดเกิด metabolized และถูกกำจัดออกทางปัสสาวะ

ในคนและสัตว์ทดลองเมื่อหายใจเอาก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เข้าไป ทำให้เกิดการเพิ่ม resistance และ pulmonary resistance ถ้าความเข้มข้นสูง ๆ จะทำให้เกิดโรคของทางเดินหายใจ เช่น laryngo-tracheal, pulmonary oedema ซึ่ง Sjorstand(1947) รายงานว่าคนงานในโรงงาน

อุตสาหกรรมที่มีโอกาสหายใจเอาก๊าซนี้เข้าสู่ร่างกายมาก ๆ จะมีอาการของโรคระบบทางเดินหายใจ เช่น เป็นหวัดบ่อย ๆ หายใจขัด สมรรถภาพของระบบทางเดินหายใจลดลง

2.5.2.4 พิษและผลกระทบของฝุ่นละออง

ฝุ่นละออง (dust) เป็นของแข็งที่ลอยฟุ้งกระจายอยู่ในอากาศ เมื่อหายใจเข้าสู่ร่างกาย ฝุ่นละอองนี้จะตกค้างอยู่บริเวณเยื่อจมูก คอ หลอดลมและขั้วปอด และถูกกำจัดออกไปโดยกระบวนการทำความสะอาด (Clearance mechanism) โดย mucous และ celia ของอวัยวะเหล่านี้

ฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กสามารถเข้าไปได้ลึกและตกค้างอยู่ที่ถุงลมปอดและอาจสะสมอยู่ในปอดหรือถูกดูดซึมสู่กระแสเลือด ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดของฝุ่นละออง ทำให้เป็นสาเหตุให้เกิดโรคต่าง ๆ ถ้าฝุ่นละอองนั้นมีตะกั่วหรือแคดเมียมหรือปรอท ปนอยู่ ทำให้เกิดอาการ metal fume fever ทำให้เกิดอาการแพ้ (allergic) เช่นแพ้ละอองเกสรดอกไม้ แป้ง หรือสารเคมี เป็นต้น หากฝุ่นละอองนั้นมีแบคทีเรียหรือฟังไจ จะทำให้เกิดการติดเชื้อ ถ้าฝุ่นละอองนั้นมีสารเคมี จะก่อให้เกิดการระคายเคือง โดยเฉพาะแอสเบสตอสจะเป็นสาเหตุของโรคซิลิโคซิสได้ ระดับความรุนแรงของอาการต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับ ระยะเวลาที่ได้รับ ความเข้มข้นหรือปริมาณของฝุ่นละอองที่ได้รับ และทีสำคัญคือขนาดของฝุ่นละอองนั้น

ฝุ่นละอองที่มีขนาดใหญ่กว่า 10 ไมครอน จะถูกดักจับไว้เกือบทั้งหมดที่ระบบทางเดินหายใจส่วนบนและถูกกำจัดออกไปด้วยกระบวนการทำความสะอาดดังที่กล่าวแล้วโดยผ่านออกมาพร้อมกับน้ำมูก ขณะที่ฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 5 ไมครอนประสิทธิภาพการจับและกำจัดออกของระบบหายใจส่วนบนนี้จะลดลง และจะเท่ากับศูนย์ในกรณีที่ฝุ่นละอองมีขนาดเท่ากับ 1 ไมครอน

บทที่ 3
ขั้นตอนการดำเนินการ ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

3.1 วิธีการดำเนินการและการเก็บตัวอย่าง

ทำการเก็บตัวอย่างสารมลพิษแต่ละชนิดโดยใช้วิธีการเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ตัวอย่าง ตาม 3.1.1 และบริเวณที่ทำการเก็บตัวอย่างแบ่งออกเป็นบริเวณพื้นที่ทำงาน 4 จุดและบริเวณปล่องปล่อยสู่บรรยากาศหลังจากผ่านระบบกำจัดฝุ่นตาม 3.1.2

3.1.1 วิธีการเก็บตัวอย่างอากาศและวิเคราะห์หาความเข้มข้นของสารมลพิษแต่ละชนิด

ชนิดของสารมลพิษ	วิธีการเก็บตัวอย่าง	วิธีการวิเคราะห์
ฝุ่น	Filter collection	Gravimetric method
Pb	Filter collection	Atomic absorption spectrophotometer
As&Compds	Filter collection	Flameless atomic absorption spectrophotometer
SO_2	Impinger collection	Titration and colorimetric method (pararoseaniline)

3.1.2 บริเวณที่ทำการเก็บตัวอย่างอากาศ

1.บริเวณโรงผสมวัตถุดิบ

2. บริเวณเตาถลุงแร่ตะกั่ว

3. บริเวณกลุ่มเตาทำความสะอาดโลหะตะกั่ว

4. บริเวณภายในห้องควบคุม(control room)

5. ปล่องปล่อยสู่บรรยากาศหลังจากผ่านระบบกำจัดฝุ่น

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. Personal pump ที่มีอัตราการไหลของอากาศ 2 ลิตรต่อนาที
2. ชุดอุปกรณ์เก็บตัวอย่างอากาศในปล่อง
3. Glass Impinger สำหรับเก็บตัวอย่างที่เป็นก๊าซ
4. กระดาษกรองส□
5. เครื่องแก้วและสารเคมี
6. เครื่องอะตอมมิกแอบซอร์บชั่น สำหรับวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่วและสารหนู
7. เครื่องชั่ง

3.3 การประเมินหาปริมาณความเข้มข้นของสารพิษ

หลักการที่ใช้ในการประเมินหาปริมาณของสารมลพิษที่ผู้ปฏิบัติงานได้รับเข้าสู่ร่างกาย คือ การคำนวณหาระดับความเข้มข้นเฉลี่ยซึ่งผู้ปฏิบัติงานจะได้รับสัมผัสระหว่างการทำงานอยู่ ณ บริเวณต่าง ๆของโรงงานตลอดการทำงานหนึ่งผลัดหรือกะ ซึ่งเป็นเวลา 8 ชั่วโมง ความเข้มข้นของสารมลพิษที่ใช้หลักการนี้เรียกว่า "ความเข้มข้นเฉลี่ยคิดโดยน้ำหนักกับเวลาสัมผัส(Time Weighted Average Concentration,TWA-conc)" ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$\text{TWA-conc} = \frac{C_1T_1 + C_2T_2 + \ldots\ldots\ldots\ldots C_nT_n}{T_1 + T_2 + \ldots\ldots\ldots\ldots T_n}$$

C_1 , C_2.....C_n = ความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศในบริเวณปฏิบัติงานที่ 1,2...,n

T_1 ,T_2.....T_n = ช่วงเวลาปฏิบัติงานอยู่บริเวณที่ 1,2...,n

หลังจากนั้นจึงนำค่า TWA-conc ซึ่งผู้ปฏิบัติงานแต่ละหน้าที่จะต้องรับสัมผัสตลอดระยะเวลาทำงานหนึ่งผลัดไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศที่กำหนดไว้

3.4 ผลการศึกษาวิจัย

3.4.1 ผลการศึกษาปริมาณฝุ่นในบริเวณโรงผสมแร่ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความเข้มข้นในอากาศและค่า TWA ของปริมาณฝุ่นบริเวณโรงผสมแร่ ณ จุดปฏิบัติงานต่าง ๆ

กิจกรรม	เวลาของแต่ละกิจกรรม	ปริมาณความเข้มข้นในอากาศ(มก./ลบ.ม)			
		ฝุ่นทุกขนาด		ฝุ่นที่หายใจเข้าปอดได้	
	(นาที)	ต่ำสุด	สูงสุด	ต่ำสุด	สูงสุด
การผสมวัตถุดิบ	120	1.073	1.903	0.133	0.312
การตักแร่ที่ผสมแล้วป้อนเข้าเตาถลุง	30	1.056	1.907	0.207	0.355
การกวาดพื้นโรงผสมแร่	30	0.133	1.373	0.018	0.299
การปฏิบัติงานในห้องควบคุม	300	0.051	0.097	0.037	0.083
TWA ที่คำนวณได้		0.045	0.653	0.098	0.124
จำนวน ร้อยละ เมื่อเทียบกับค่ามาตรฐาน		0.301	4.36	1.96	2.48

จากตารางพบว่าความเข้มข้นของฝุ่นทุกขนาดและฝุ่นที่สามารถเข้าถึงและสะสมในถุงลมของปอด มีค่าสูงสุดในช่วงการตักแร่เข้าเตาถลุงคือ 1.0907 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตรอากาศ และ 0.355 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตรอากาศ ตามลำดับ ส่วนบริเวณห้องควบคุมมีค่าต่ำสุดคือ 0.051 และ 0.37 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตรอากาศ ตามลำดับ เมื่อประเมินเป็นค่า TWA ตาม 3.3 เทียบร้อยละกับมาตรฐาน (ตารางที่ 2.8) แล้วยังมีค่าต่ำมาก ซึ่งสามารถชี้บ่งได้ว่าบริเวณพื้นที่ทำงานแห่งนี้ยังคงมีความปลอดภัยอยู่

3.4.2 ผลการศึกษาปริมาณฝุ่นบริเวณเตาถลุงแร่ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ความเข้มข้นในอากาศและค่า TWA ของปริมาณฝุ่นบริเวณเตาถลุงแร่

กิจกรรม	เวลาของแต่ละกิจกรรม	ปริมาณความเข้มข้นในอากาศ(มก./ลบ.ม)			
		ฝุ่นทุกขนาด		ฝุ่นที่หายใจเข้าปอดได้	
	(นาที)	ต่ำสุด	สูงสุด	ต่ำสุด	สูงสุด
การป้อนวัตถุดิบเข้าเตาถลุง	30	0.303	1.047	0.067	0.374
การถลุงแร่ในเตา	60	0.040	0.936	0.020	0.256
การเทตะกั่วที่หลอมละลายและการเทขี้ตะกรัน	40	0.126	0.294	0.010	0.136
การปฏิบัติงานในห้องควบคุม	240-300	0.051	0.097	0.037	0.083
TWA ที่คำนวณได้		0.130	0.290	0.074	0.105
จำนวน ร้อยละ เมื่อเทียบกับค่ามาตรฐาน		<1	1.9	1.5	2.1

จากตาราง พบว่าปริมาณฝุ่นทุกขนาดและฝุ่นขนาดที่สามารถเข้าถึงและสะสมในถุงลมของปอดได้จากผลการตรวจวิเคราะห์พบว่า มีค่าสูงสุด 1.047 และ 0.347 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตรอากาศ ตามลำดับ โดยพบในขณะป้อนวัตถุดิบเข้าเตาถลุง ความเข้มข้นเฉลี่ยของสารมลพิษที่คิดตามน้ำหนักเวลาที่สัมผัสมีค่าสูงสุด เป็น 0.290 และ 0.105 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตรอากาศ ตามลำดับ เมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานแล้วยังมีค่าต่ำ บ่งชี้ได้ว่าบริเวณพื้นที่การทำงานบริเวณเตาถลุงยังคงมีความปลอดภัยอยู่

3.4.3 ผลการศึกษาปริมาณสารมลพิษต่าง ๆ ในบริเวณเตาถลุงแร่ตะกั่วดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงความเข้มข้นเฉลี่ยของมลพิษชนิดต่าง ๆบริเวณกลุ่มเตาถลุงแร่ตะกั่ว

บริเวณปฏิบัติงาน	ตัวอย่างที่	เวลา (นาที)	ความเข้มข้นของสารมลพิษในอากาศ(มก./ลบ.ม)		
			Pb	SO_2	As&Compds
หน้าเตาถลุง	1	161	0.0910	0.0480	0.0016
ห้องควบคุม	2	319	0.0100	N.D	N.D
ตลอดผลัดการทำงาน	3	480	0.0372	0.0161	0.0005

บริเวณ ปฏิบัติงาน	ตัวอย่างที่	เวลา (นาที)	ความเข้มข้นของสารมลพิษในอากาศ(มก./ลบ.ม)		
			Pb	SO_2	As&Compds
หน้าเตาถลุง	4	110	0.0730	0.0019	0.0019
ห้องควบคุม	5	370	0.0180	N.D	N.D
ตลอดผลัดการทำงาน	6	480	0.0300	0.0150	0.0004
หน้าเตาถลุง	7	150	0.1370	0.0480	0.0021
ห้องควบคุม	8	330	0.0240	N.D	N.D
ตลอดผลัดการทำงาน	9	480	0.0569	0.0150	0.0007
หน้าเตาถลุง	10	125	0.1190	0.0820	0.0026
ห้องควบคุม	11	355	0.0180	0.0200	0.0010
ตลอดผลัดการทำงาน	12	480	0.0443	0.0361	0.0014
หน้าเตาถลุง	13	125	0.1080	0.1470	0.0025
ห้องควบคุม	14	355	0.0250	0.0150	0.0020
ตลอดผลัดการทำงาน	15	480	0.0466	0.0494	0.0021
หน้าเตาถลุง	16	160	0.1860	0.2380	0.0038
ห้องควบคุม	17	320	0.0320	0.0240	0.0010
ตลอดผลัดการทำงาน	18	480	0.0833	0.0953	0.0019
หน้าเตาถลุง	19	210	0.1950	0.3550	0.0071
ห้องควบคุม	20	270	0.0820	0.0260	0.0010
ตลอดผลัดการทำงาน	21	480	0.1310	0.1700	0.0037
หน้าเตาถลุง	22	180	0.2160	0.1530	0.0103
ห้องควบคุม	23	300	0.0960	0.0420	0.0040
ตลอดผลัดการทำงาน	24	480	0.1410	0.0838	0.0064

<u>หมายเหตุ</u> N.D = ตรวจวัดไม่พบ

จากตาราง พบว่าผู้ปฏิบัติงานที่ถลุงแร่ตะกั่วต้องทำงานอยู่หน้าเตาถลุงนานประมาณ 153 นาที โดยเฉลี่ย และอยู่ในห้องควบคุมนานประมาณ 327 นาที โดยเฉลี่ย พบว่าระดับความเข้มข้นของสารมลพิษเฉลี่ยสูงสุดที่ผู้ปฏิบัติงานได้รับสัมผัส (Maximum Time Weighted Average Concentration) ในช่วงเวลาทำงานหนึ่งผลัดของตะกั่ว ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และสารหนูและสารประกอบสารหนู เท่ากับ 0.1410, 0.1700 และ 0.0064 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตรอากาศ ซึ่งคิดเป็น 70.5, 1.31 และ 1.28 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานคุณภาพอากาศที่กำหนดไว้สำหรับมลพิษแต่ละชนิด ตามลำดับ บ่งชี้ถึงความปลอดภัยจากสารมลพิษต่าง ๆ ในพื้นที่ทำงานแห่งนี้ยังคงมีอยู่ยกเว้นตะกั่วซึ่งมีปริมาณค่อนข้างสูง

3.4.4 ผลการศึกษาปริมาณสารมลพิษต่าง ๆ ในบริเวณกลุ่มเตาทำความสะอาดโลหะตะกั่ว ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงความเข้มข้นเฉลี่ยของมลพิษชนิดต่าง ๆบริเวณกลุ่มเตาทำความสะอาดโลหะตะกั่ว

บริเวณปฏิบัติงาน	ตัวอย่างที่	เวลา (นาที)	ความเข้มข้นของสารมลพิษในอากาศ(มก./ลบ.ม)		
			Pb	SO_2	As&Compds
กลุ่มเตาทำความสะอาด	1	240	0.0390	0.0960	0.0018
ห้องควบคุม	2	240	0.0100	0.0110	N.D
ตลอดผลัดการทำงาน	3	480	0.0245	0.0535	0.0009
กลุ่มเตาทำความสะอาด	4	144	0.1490	0.0990	0.0017
ห้องควบคุม	5	336	0.0260	0.0200	N.D
ตลอดผลัดการทำงาน	6	480	0.0629	0.0437	0.0005
กลุ่มเตาทำความสะอาด	7	220	0.1210	0.0790	0.0015
ห้องควบคุม	8	260	0.0220	0.0160	N.D
ตลอดผลัดการทำงาน	9	480	0.0674	0.0449	0.0007
กลุ่มเตาทำความสะอาด	10	250	0.0760	0.2790	0.0022
ห้องควบคุม	11	230	0.0100	0.0200	N.D
ตลอดผลัดการทำงาน	12	480	0.0444	0.1549	0.0012
กลุ่มเตาทำความสะอาด	13	230	0.1920	0.1870	0.0052
ห้องควบคุม	14	250	0.0190	0.0200	N.D
ตลอดผลัดการทำงาน	15	480	0.1019	0.1000	0.0025
กลุ่มเตาทำความสะอาด	16	230	0.1930	0.4250	0.0070
ห้องควบคุม	17	250	0.0200	0.0200	0.0020
ตลอดผลัดการทำงาน	18	480	0.1029	0.2150	0.0044

<u>หมายเหตุ</u> N.D = ตรวจวัดไม่พบ

จากตาราง พบว่าค่าความเข้มข้นเฉลี่ยสูงสุดของ ตะกั่ว ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ สารหนูและสารประกอบสารหนู มีค่า 0.1209, 0.2150 และ 0.0044 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตรอากาศ ตามลำดับและเวลาปฏิบัติงานบริเวณนี้นานประมาณ 219 นาทีโดยเฉลี่ย เมื่อเทียบกับมาตรฐานคุณภาพอากาศบริเวณสถานที่ทำงานยังมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานกำหนดมากบ่งชี้ถึงว่าบริเวณนี้ยังคงมีความปลอดภัย

3.4.5 ผลการศึกษาปริมาณสารมลพิษในปล่องปล่อยสู่อากาศของโรงงาน ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ความเข้มข้นของสารมลพิษที่ศึกษาในปล่องปล่อยสู่อากาศ

ตัวอย่างที่	ความเข้มข้นของสารมลพิษ(มก./ลบ.ม.)			
	ฝุ่นทุกขนาด	Pb	As	SO_2
1	12.5	0.1	N.D	-
2	22.5	o.5	N.D	20.3
3	5	0.25	N.D	68.1
4	28.8	0.04	N.D	42.4
5	7	0.2	N.D	57.2
6	17.5	0.13	N.D	93.6
7	9.9	0.57	N.D	91
8	28.1	2.71	N.D	94.4
9	36.9	9.2	N.D	6.2
10	342.5	52	0.04	180.7
11	34.8	0.86	0.05	211.9
12	166.1	1	N.D	27.3
13	98.1	0.4	N.D	405.1
14	26.8	0.34	N.D	418.3

<u>หมายเหตุ</u> N.D = ตรวจวัดไม่พบ

- = ไม่ได้เก็บตัวอย่างวิเคราะห์

จากตารางพบว่า ปริมาณความเข้มข้นในปล่องปล่อยสู่อากาศมี ฝุ่น ตะกั่ว ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และสารหนู โดยมีค่าสูงสุดคือ 52, 342.5, 418.3 และ 0.05 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตรอากาศ ตามลำดับ เมื่อนำค่าที่ได้ไปเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในปล่องปล่อยสู่อากาศพบว่า บางตัวอย่างมีตะกั่วเกินกว่าที่มาตรฐานกำหนด เป็นตัวชี้ว่าในบางเวลาน่าจะมีปัญหาเกิดขึ้นกับระบบบำบัด ซึ่งทางโรงงานจะต้องหาสาเหตุของความผิดปกตินั้นและต้องแก้ไข

บทที่ 4
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

4.1 สรุปผลการวิจัย

มลพิษทางอากาศจากโรงงานถลุงแร่ตะกั่วเซรัสไซด์ที่มีตะกั่วคาร์บอเนตประมาณ 60-65 เปอร์เซ็นต์เป็นวัตถุดิบที่สำคัญคือ ตะกั่ว ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ สารหนูและสารประกอบสารหนู ฝุ่นทุกขนาด ฝุ่นขนาดที่สามารถเข้าถึงและสะสมในถุงลมปอดได้ ซึ่งสารมลพิษเหล่านี้มาจากกระบวนการผลิตคือ บริเวณผสมวัตถุดิบ บริเวณเตาถลุงแร่ และบริเวณเตาทำความสะอาดแร่ นอกจานั้นยังมาจากเชื้อเพลิงที่ใช้เป็นแหล่งพลังงาน จากการเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์หาปริมาณความเข้มข้นของสารมลพิษดังกล่าวทั้งบริเวณพื้นที่ทำงานและในปล่องปล่อยสู่อากาศพบว่า

4.1.1 ระดับความเข้มข้นเฉลี่ยสูงสุด (คิดตามน้ำหนักของเวลาที่สัมผัส) ของสารมลพิษทางอากาศที่เกี่ยวข้องอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ กล่าวคือ ไม่สูงเกินค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศที่กำหนดไว้

4.1.2 มลพิษที่สำคัญ ได้แก่ ตะกั่ว มีระดับความเข้มข้นเฉลี่ยสูงสุด (คิดตามน้ำหนักของเวลาสัมผัส) สูงเกินกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ของมาตรฐานคุณภาพของอากาศ ดังนั้นบริเวณปฏิบัติงานถลุงแร่และทำความสะอาดโลหะตะกั่วถือว่าเป็น Occupational Exposure Area ที่จะต้องมีการตรวจติดตามคุณภาพอากาศอย่างสม่ำเสมอ อย่างไรก็ตาม ในการปฏิบัติงานจริงของผู้ปฏิบัติงานมีการสวมอุปกรณ์ป้องกันสารมลพิษส่วนบุคคล ดังนั้นค่าความเข้มข้นของสารมลพิษที่พนักงานได้รับเข้าสู่ร่างกายโดยการหายใจ จะมีค่าน้อยกว่าผลการวิจัยที่นำเสนอนี้ ทั้งนี้ค่าจะมากน้อยเท่าใดนั้นขึ้นกับประสิทธิภาพของอุปกรณ์ดังกล่าวด้วย

4.1.3 ระดับความเข้มข้นของสารมลพิษทุกชนิดที่ตรวจพบในบริเวณปฏิบัติงานทุกตำแหน่งมีแนวโน้มที่ค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจากเดิมโดยที่ปริมาณการผลิตโลหะตะกั่วยังคงที่ จากผลดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศแบบเฉพาะจุดหรือการดูแลรักษาความสะอาดของบริเวณปฏิบัติงานลดลงจากเดิม

4.1.4 ระดับความเข้มข้นเฉลี่ยที่ปล่องปล่อยสู่บรรยากาศมีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ซึ่งหมายถึงระบบกำจัดสารมลพิษต้องทำงานอยู่ในช่วงประสิทธิภาพที่กำหนดไว้

4.2 ข้อเสนอแนะ

4.2.1 บริเวณที่เสี่ยงต่อการสัมผัสสารมลพิษทางอากาศจะต้องให้ผู้ปฏิบัติงานสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลและมีกรบวนการตรวจสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์นั้น ๆ ด้วย

4.2.2 บริเวณหน้าเตาถลุงแร่และทำความสะอาดดลหะตะกั่ว ควรกำหนดให้เป็นเขตหวงห้ามสำหรับผู้ที่ไม่มีหน้าที่เกี่ยวข้อง เพราะมีการฟุ้งกระจายของสารมลพิษมาก

4.2.3 ติดตามตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศแบบเฉพาะจุดที่จัดไว้เพื่อควบคุมมลพิษทางอากาศโดยเฉพาะ บริเวณเตาถลุง และเตาทำความสะอาดโลหะตะกั่วเป็นประจำ

4.2.4 การจัดให้มีห้องควบคุมที่ปิดและติดตั้งเครื่องปรับอากาศแยกจากบริเวณปฏิบัติงานหน้าเตาถลุงและเตาทำความสะอาดโลหะตะกั่วของโรงงาน ผู้ปฏิบัติงานใช้เวลาส่วนใหญ่อยู่ในห้องดังกล่าว ช่วยให้การสัมผัสกับสารมลพิษน้อยลงได้

4.2.5 มีมาตรการในการตรวจวัดและวิเคราะห์หาปริมาณสารมลพิษในอากาศอย่างต่อเนื่องเพื่อติดตามแนวโน้มของสารมลพิษเหล่านั้น และมีมาตรการในการกำจัดหรือลดปริมาณความเข้มข้นของสารมลพิษเหล่านี้ให้มีน้อยที่สุดเท่าที่ทำได้

4.2.6 ควรมีการตรวจสุขภาพพนักงานอย่างน้อยปีละ 2 ครั้ง

4.2.7 ควรมีการติดตามตรวจสอบคุณภาพอากาศในบรรยากาศรอบ ๆ โรงงาน เนื่องจากมีชุมชนอาศัยอยู่รอบ ๆ โรงงานถึงแม้ว่าปริมาณสารมลพิษที่ปล่อยสู่บรรยากาศของโรงงานจะมีค่าไม่เกินข้อกำหนด มาตรฐานที่หน่วยงานราชการกำหนดไว้ เพราะการดำเนินการดังกล่าวจะเป็นข้อมูลที่ใช้ในการประเมินคุณภาพอากาศหลังจากที่มีโรงงานเกิดขึ้นแล้ว และยังเป็นแนวทางในการหามาตรการในการป้องกันในกรณีที่มีระบบกำจัดมลพิษของโรงงานมีปัญหา และเป็นการแสดงถึงความรับผิดชอบของโรงงานต่อสังคมด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้อำนวยการกองกองฟิสิกส์และวิศวกรรม นายบันเทิง ตัณฑวัฒน์ ที่ให้การสนับสนุนในการทำงานวิจัยเรื่องนี้ ขอบคุณหัวหน้ากลุ่มงานสิ่งแวดล้อม นายชัยวุฒิ เลาวเลิศ ที่ให้ข้อคิดเห็นและแนวทางในการทำการวิจัย ขอบคุณนางสาวธิดา เกิดกำไร ที่สละเวลาตรวจความเรียบร้อยของงานวิจัยนี้ ขอบคุณนายสุรัตน์ เพชรเกษม ที่ช่วยจัดทำรูปเล่มเผยแพร่ผลงาน ขอบคุณผู้ประสานงานและพนักงานโรงงานโลหะตะกั่วไทย จำกัด ที่ให้ความร่วมมือและช่วยเหลือผู้วิจัยในการเก็บตัวอย่างอากาศภายในโรงงานที่ จังหวัดกาญจนบุรี ขอบคุณเพื่อนร่วมงานในกลุ่มงานสิ่งแวดล้อมทุกท่านที่ได้ให้กำลังใจและแรงกายช่วยเหลือจนกระทั่งงานวิจัยประสบผลสำเร็จ ประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากงานวิจัยทั้งหมดนี้มาจากความอนุเคราะห์ของทุกท่านที่กล่าวมาข้างต้นผู้วิจัยรู้สึกทราบซึ้งและตระหนักในบุญคุณ และใคร่ขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้

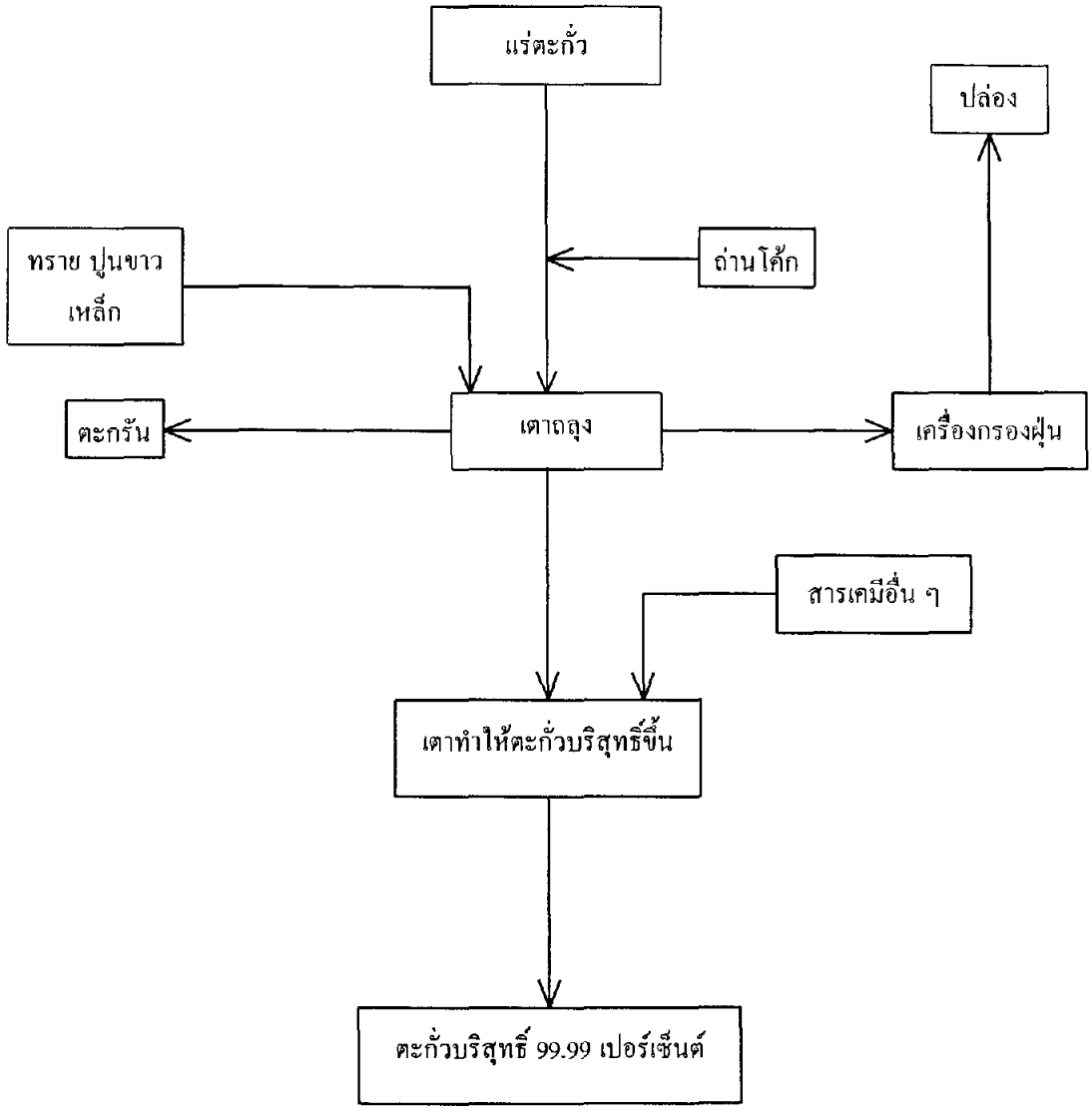
รจิต หยกอุบล
เทพวิทูรย์ ทองศรี

เอกสารอ้างอิง

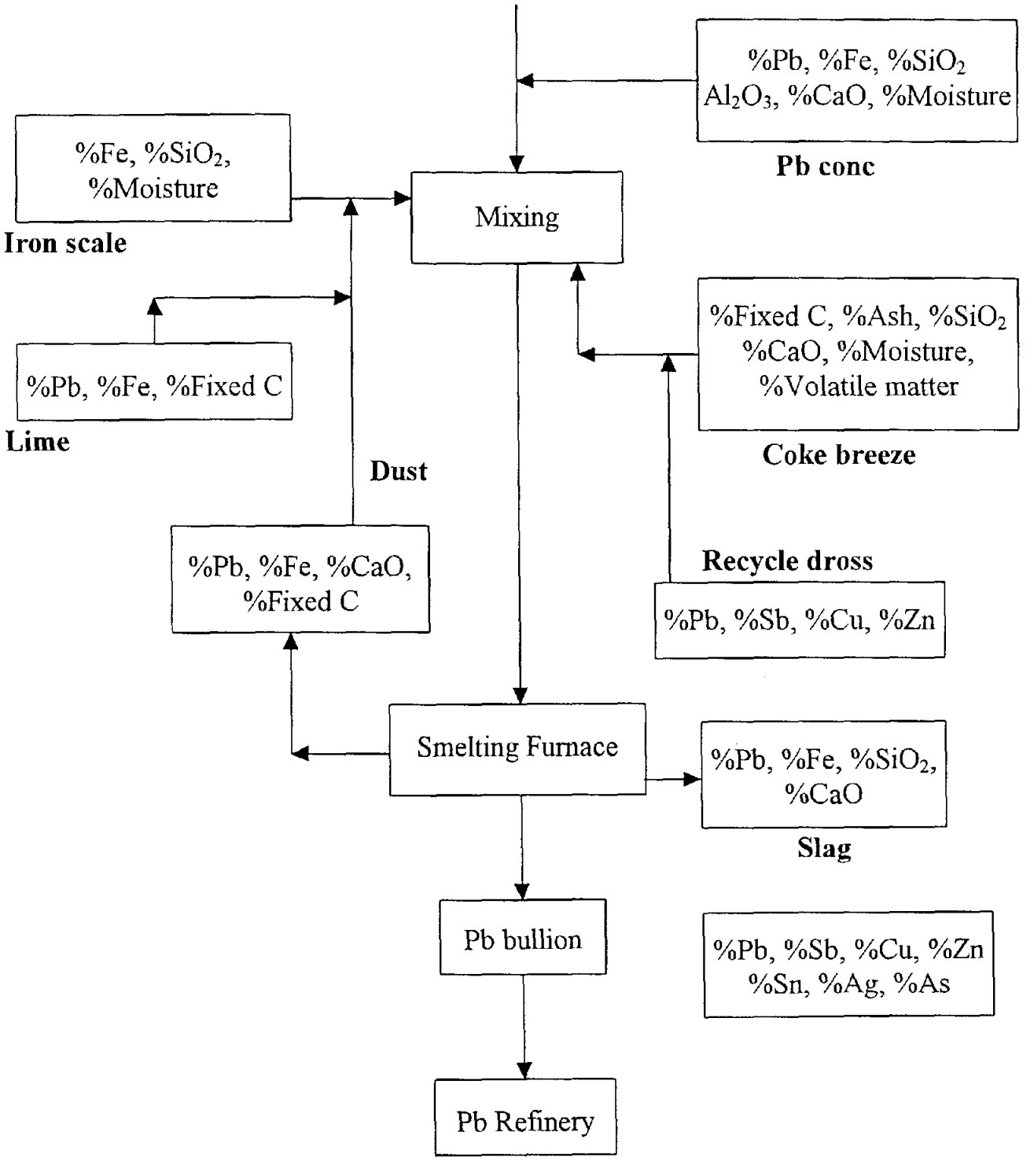
1. Kirk-Othmer,1991 "Encyclopedia of Chemical Technology" 3rd.ed. Vol.14, Wiley&Sons Inc. p.98-133
2. ลัดดา แซ่เล้า, 2534 "สถานการณ์ตะกั่วในปี 2533" ข่าวสารการธรณี ปีที่ 36 ฉบับที่ 8 หน้า 41-45
3. กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2532 "มลพิษจากโรงงานถลุงแร่ตะกั่ว" รายงานกิจกรรมกรม ฉบับที่ 47 หน้า 156-160
4. ชาคร จารุพิสิฐธร, 2530 "การถลุงแร่ตะกั่ว" ข่าวสารการธรณี, ปีที่ 32, ฉบับที่ 9, หน้า 52-62
5. ฝ่ายควบคุมโลหกรรม กองโลหกรรม, 2531 "โรงถลุงตะกั่วที่จังหวัดกาญจนบุรี" ข่าวสารการธรณี, ปีที่ 33, ฉบับที่ 4, หน้า 39-45
6. เดชนา ชุตินารา, 2530 "โลหะตะกั่วกับประเทศไทย" ข่าวสารการธรณี, ปีที่ 32 ฉบับที่ 9 หน้า 63-66
7. สุทิน อยู่สุข และกฤษณ์ เทียรฆะประสิทธิ์, 2533 "การประเมินอันตรายต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานจากมลพิษทางอากาศภายในโรงงานถลุงและทำให้ตะกั่วบริสุทธิ์" วารสารวิจัยสภาวะแวดล้อม, ปีที่ 12, เล่มที่ 1, หน้า 39-45
8. บริษัทโลหะตะกั่วไทย จำกัด, 2531 "สาระสำคัญของโครงงานและมาตรการแก้ไขผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในการผลิตตะกั่วแท่งบริสุทธิ์ 99.99%" เอกสารโรเนียว
9. งามพิศ แย้มนิยม และสุธรรม แย้มนิยม, 2532 "ทองแดง ตะกั่ว สังกะสี" ข่าวสารการธรณี, ปีที่ 34, ฉบับที่ 12, หน้า 68-69
10. บุญส่ง อัมพรจรัส, 2532 "การประเมินอันตรายต่อสุขภาพจากมลพิษทางอากาศภายในโรงงานถลุงและทำตะกั่วบริสุทธิ์" วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยมหิดล, หน้า 71-79
11. ชมภูศักดิ์ พูลเกษ และสมจิต พฤกษริตานนท์, 2534 "โรคจากการประกอบอาชีพเนื่องจากสารโลหะ" เอกสารการสอนชุดวิชาพิษวิทยาและเวชศาสตร์อุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, หน้า 82-107
12. หรรษา บูรณวนิช, 2534 "การพัฒนาตะกั่วสำหรับตลาดเทคโนโลยีสูง" ข่าวสารการธรณี, ปีที่ 36, ฉบับที่ 3, หน้า 56-59
13. Luigi Parmeggiani, 1983 "Encyclopedia of Occupational Health and Safety" 3rd. ed., ILO, Geneva, Vol.1 p.176-184
14. จิรศักดิ์ ไกรทอง, 2531 "การดักเก็บอนุภาพฝุ่นและฟูมโดยเครื่องกรองไย" วารสารโรงงาน, ปีที่ 7, ฉบับที่ 1, หน้า 17-27
15. U.S. Department of Health, Education and Welfare, 1987 "NIOSH: Manual of Analytical Mehtods" 2nd, APHA Intersociety committee. p.808-811

ภาคผนวก

แผนภูมิที่ 1 กรรมวิธีผลิตตะกั่วจากแร่ตะกั่ว



แผนภูมิที่ 2 การถลุงแร่ตะกั่ว



ตารางที่ 1.1

	2529	2530	2531	2532	2533	พันตัน ปริมาณที่เปลี่ยนแปลง จำนวน	ร้อยละ
ผลผลิตแร่ตะกั่ว	2,349	2,371	2,325	2,254	2,338	+84	+3.7
ผลผลิตโลหะตะกั่ว	4,065	4,257	4,411	4,411	4,319	-92	-2.1
การบริโภคโลหะตะกั่ว	4,113	4,249	4,356	4,427	4,393	-34	-0.8

(1) ข้อมูลเบื้องต้น

ข้อมูลประจำปี

	2530	2531	2532	2533	พันตัน ปริมาณที่เปลี่ยนแปลง 2532-2533 จำนวน	ร้อยละ
ผลผลิตแร่ตะกั่ว						
ยุโรป	390	380	345	331	-14	—4.1
แคนาดา	414	367	275	239	-36	-13.1
เม็กซิโก	177	178	163	180	+17	+10.4
เปรู	204	149	192	185	-7	-3.6
สหรัฐฯ	318	394	419	494	+75	+17.9
ออสเตรเลีย	455	457	499	567	+68	+13.6
ประเทศอื่น ๆ	413	400	361	342	-19	-5.3
รวม	**2,371**	**2,325**	**2,254**	**2,338**	**+84**	**+3.7**
ผลผลิตโลหะตะกั่ว						
ยุโรป	1,621	1,693	1,648	1,568	-80	-4.9
แคนาดา	231	268	245	195	-50	-20.4
เม็กซิโก	185	179	174	171	-3	-1.7
สหรัฐ ฯ	1,042	1,091	1,169	1,230	+61	+5.2
ญี่ปุ่น	339	340	333	328	-5	-1.5
ออสเตรเลีย	217	204	210	223	+13	+6.2
ประเทศอื่น ๆ	622	636	632	604	-28	-4.4
รวม	**4,257**	**4,411**	**4,411**	**4,319**	**-92**	**-2.1**
การบริโภคโลหะตะกั่ว						
ยุโรป	1,652	1,708	1,733	1,769	+36	+2.1
สหรัฐ ฯ	1,217	1,236	1,262	1,240	-22	-1.7
ญี่ปุ่น	378	406	406	403	-3	-0.7
ประเทศอื่น ๆ	1,002	1,006	1,026	981	-45	-4.4
รวม	**4,249**	**4,356**	**4,427**	**4,393**	**-34**	**-0.8**
สต๊อกโลหะตะกั่วเมื่อสิ้นปี						
ผู้ผลิต	256	203	183	195		
ผู้บริโภค	189	196	188	195		
ผู้ค้าแร่	5	4	4	4		
LME	15	61	25	57		
รวม	**465**	**464**	**400**	**451**		

เนื้อโลหะตะกั่วในแร่

LME = London Metal Exchange

ตารางที่ 1.2 ปริมาณสำรองแหล่งแร่ดะกั่วของโลก (พ.ศ. 2518)

ที่ตั้ง	ล้านเมตริกตัน
อเมริกาเหนือ	153
สหรัฐอเมริกา	108
แคนาดา	35
เม็กซิโก	9
อื่น ๆ	1
อเมริกาใต้	11
ยุโรป	45
แอฟริกา	13
เอเชีย	50
สหภาพโซเวียต	33
สาธารณรัฐประชาชนจีน	6
อื่น ๆ	11
ออสเตรเลีย	27
รวมทั้งโลก	299

ตารางที่ 1.3 โรงงานถลุงตะกั่ว ในประเทศไทย

ชื่อ	ที่ตั้ง	วัตถุดิบ	ชนิดเตาถลุง	กำลังผลิต เมตริกตัน/ปี
เบอร์กโซ่เมตัลส์ หจก.	แก่คอย สระบุรี	แบตเตอรี่ชำรุด แร่ตะกั่ว	เตาหมุน	7,500
วงศ์ตระกูลโลหะกิจ หจก.	นครไชยศรี นครปฐม	แบตเตอรี่ชำรุด แร่ตะกั่ว	เตานอน	6,000
หลิ่มเซียม อัมภาพันธุ์กิจ (หจก. เลี่ยงฮวดหล่อหลอมโลหะ)	สมุทรปราการ	แบตเตอรี่ชำรุด	เตาตั้ง	4,500
ชวน จิระนคร	หาดใหญ่ สงขลา	แร่ตะกั่ว แบตเตอรี่ชำรุด	เตาตั้ง	300

ตารางที่ 1.4 ปริมาณการผลิต การนำเข้า การส่งออกและการใช้ปรากฏตะกั่วแท่ง

	2525	2526	2527	2528	2529	2530 (1-5)
ผลิตได้ (1)	929	4,417	6,198	7,536	9,116	4,531
นำเข้า (2)	11,239	17,853	12,432	9,303	9,527	4,310
ส่งออก (2)	0	—	36	0	18	—
การใช้ปรากฏ	12,168	22,270	18,594	16,839	18,624	8,841

ที่มา *(1) กองโลหกรรม*
(2) สถิติกรมศุลกากร

Table 2.1 Physical Properties of Lead

Property	Value
atomic weight	207.2
melting point, °C	327.4
boiling point, °C	1770
specific gravity, g/cm³	
20°C	11.35
327°C (solid)	11.00
327°C (liquid)	10.67
specific heat, J/(kg·K)[a]	130
latent heat of fusion, J/g[a]	25
latent heat of vaporization, J/g[a]	860
vapor pressure, kPa[b]	
980°C	0.133
1160°C	1.33
1420°C	13.33
1500°C	26.7
1600°C	53.3
thermal conductivity, W/(m·K)	
28°C	34.7
100°C	33.0
327°C (solid)	30.5
327°C (liquid)	24.6
thermal conductivity (relative to Ag = 100)	8.2
coefficient of linear expansion, at 20°C per °C	29.1×10^{-6}
electrical resistivity (μΩ/cm)	
20°C	20.65
100°C	27.02
330°C	96.73
specific conductance, per Ω cm	
at 0°C	5.05×10^4
18°C	4.83×10^4
327.4°C (liq)	1.06
electrical conductivity (relative to Cu = 100)	7.8
normal electrode potential, V, standard hydrogen electrode = 0	0.22
electrochemical equivalent of Pb^{+2} in g/(A·h)	3.8651
velocity of sound in lead, cm/s	122,700
surface tension at 360°C, mN/m (= dyn/cm)	442
viscosity, mPa·s (= cP)	
440°C	2.12
550°C	1.70
845°C	1.19
magnetic susceptibility at 20°C, m³/kg (emu/g)	-0.29×10^{-6} (-23×10^{-6})
hardness, Mohs	1.5
Brinell	
common lead	3.2 to 4.5
chemical lead	4.5 to 6
Young's modulus, GPa[c]	16.5
tensile strength, kPa[d] common lead	
−100°C	42,000
20°C	14,000
150°C	5,000
elongation (% in 5-cm gauge length)	50–60

[a] To convert J to cal, divide by 4.184.
[b] To convert kPa to mm Hg, multiply by 7.5.
[c] To convert GPa to psi, multiply by 145,000.
[d] To convert kPa to psi, divide by 6.895.

โลหะตะกั่ว		ตะกรัน	
	ร้อยละ		ร้อยละ
ทองแดง	1.0-2.5	ซิลิกา, SiO_2	20-34
สารหนู	0.7-1.1	เหล็กออกไซด์, FeO	25-38
พลวง	1.0-1.75	แคลเซียมออกไซด์, CaO	10-20
เงิน	0.2	สังกะสีออกไซด์, ZnO	6-18
ทอง	0.0003	อะลูมินา, Al_2O_3	3-6
เหล็ก	0.6-0.8	แมงกานีสออกไซด์, MnO	2-5
		แมกนีเซียมออกไซด์, MgO	1.2-2.5
บิสมัท	0.01-0.03	กำมะถัน	2
กำมะถัน	0.25	ตะกั่ว	1
ตะกั่ว	ที่เหลือ	เงิน	0.0006

ตารางที่ 2.2 ส่วนประกอบของโลหะตะกั่วไม่บริสุทธิ์และตะกรัน

ตารางที่ 2.3 ส่วนประกอบทางเคมีของโลหะตะกั่วตามมาตรฐาน ASTMB 29-79 (รับรองฉบับเมื่อปี ค.ศ. 1984)

ธาตุ	ร้อยละโดยน้ำหนัก			
	ชั้นคุณภาพ Corroding lead	Common lead	Chemical lead	Copper-bearing lead
เงิน สูงสุด	0.0015	0.005	0.020	0.020
เงิน ต่ำสุด			0.002	
ทองแดง สูงสุด	0.0015	0.0015	0.080	0.080
ทองแดง ต่ำสุด			0.040	0.040
เงิน+ทองแดง สูงสุด	0.0025			
สารหนู+พลวง+ดีบุก สูงสุด	0.002	0.002	0.002	0.002
สังกะสี สูงสุด	0.001	0.001	0.001	0.001
เหล็ก สูงสุด	0.002	0.002	0.002	0.002
บิทมัส 1) สูงสุด	0.050	0.050	0.005	0.025
ตะกั่ว ต่ำสุด	99.94	99.94	99.90	99.90

1) ปริมาณบิสมัทอาจให้มีได้ถึง 0.150% แล้วแต่ข้อตกลงระหว่างผู้ซื้อและผู้ขาย

ตารางที่ 2.4 ส่วนประกอบทางเคมีของโลหะตะกั่วตามมาตรฐาน JISH 2105 (1955)

ธาตุ	ร้อยละโดยน้ำหนัก						
	ชั้นคุณภาพ	พิเศษ	1	2	3	4	5
ตะกั่ว ต่ำสุด		99.99	99.97	99.95	99.90	99.80	99.50
เงิน สูงสุด		0.002	0.002	0.002	0.004	-	-
ทองแดง สูงสุด		0.002	0.003	0.005	0.010	0.05	0.05
สารหนู สูงสุด		0.002	0.002	0.005	0.010	0.010	0.010
พลวง+ดีบุก สูงสุด		0.005	0.007	0.010	0.015	0.04	0.015
สังกะสี สูงสุด		0.002	0.002	0.002	0.010	0.015	0.015
เหล็ก สูงสุด		0.002	0.004	0.005	0.010	0.02	0.05
บิทมัส สูงสุด		0.005	0.010	0.050	0.100	0.10	0.15

ตารางที่ 2.5 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมตะกั่วแท่ง มอก.958-2533

ชั้นคุณภาพ	ส่วนประกอบทางเคมี ร้อยละ											
	ทองแดง	พลวง สูงสุด	บิสมัท สูงสุด	สังกะสี สูงสุด	เงิน สูงสุด	ดีบุก สูงสุด	สารหนู สูงสุด	แคดเมียม สูงสุด	เหล็ก สูงสุด	กำมะถัน สูงสุด	นิกเกิลและโคบอลต์ สูงสุด	ตะกั่ว (โดยผลต่าง*) ต่ำสุด
1	สูงสุด 0.001	0.001	0.005	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	99.99
2	สูงสุด 0.001	0.001	0.029	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	99.97
3	สูงสุด 0.002	0.002	0.050	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	99.95
4	0.05 ถึง 0.07	0.002	0.030	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	99.90

หมายเหตุ * โดยผลต่าง หมายถึง 100 - ธาตุต่าง ๆ ยกเว้นตะกั่ว

ตารางที่ 2.6 แสดงการใช้งาน, ความจุและเวลาที่ใช้ของเตาทำความสะอาดตะกั่ว

เตาหมายเลข	การใช้งาน	ความจุ (ตัน)	เวลาที่ใช้ (ชม.)
1	หลอมตะกั่วที่หุงแล้ว	80	9
2	กำจัดทองแดง	30	6
3	กำจัดเงิน	60	8 - 10
4	กำจัดสังกะสี	60	4 - 5
5	กำจัดสารหนู, ดีบุก, พลาง และสังกะสีที่เหลือ	30	6

ตารางที่ 2.7 เกณฑ์กำหนดเกี่ยวกับการควบคุมมลภาวะทางอากาศที่เกี่ยวข้องกับโรงถลุงแร่ตะกั่ว

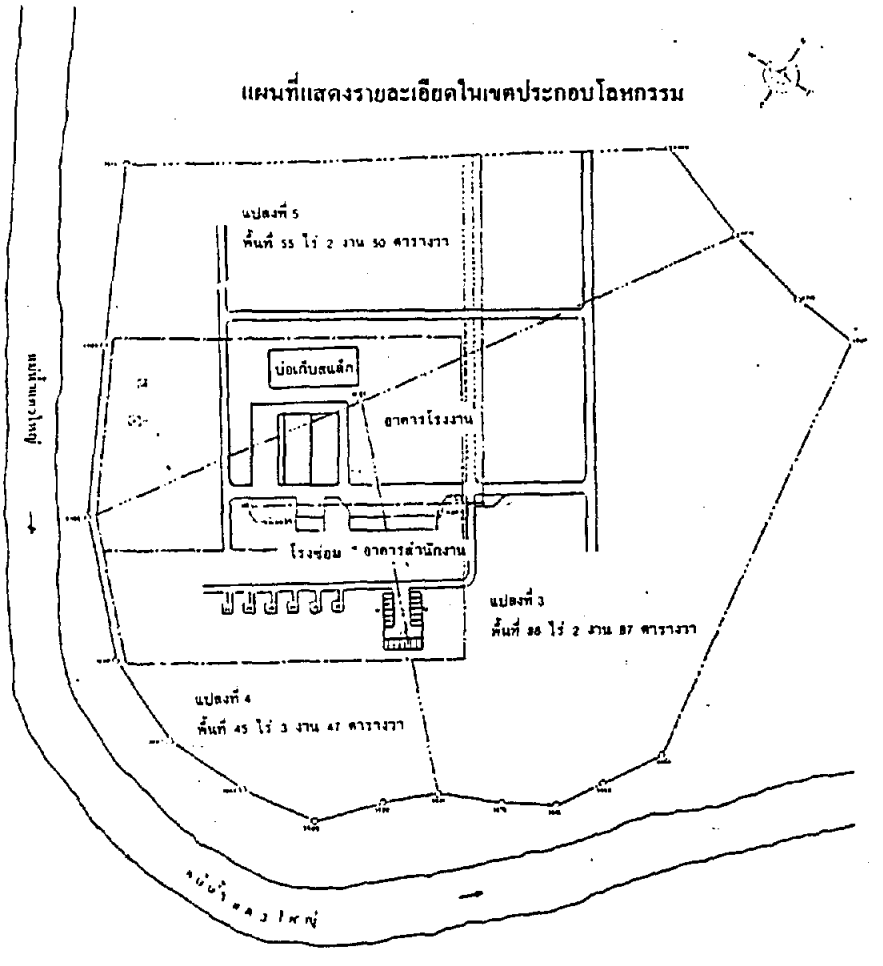
สำหรับบรรยากาศภายนอกโรงงาน	เงื่อนไข	ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ppm	ตะกั่ว
สหรัฐอเมริกา			
Federal Ambient Air Standard...	90-day sampling average for air at lead smetter fence line....	—	1.5 $\mu g/m^3$
New Source Standard....	Maximum content by volume of exhaust gases...	650	—
ญี่ปุ่น			
NationalAmbient Air...Quality Standard	Lead smetting furnace emissions 24-hour average....	$<$0.04	30 mg/Nm^3
แคนาดา			
British Columbia....	new facilities...	—	229 mg/Nm^3
	existing facilities.....	—	286 mg/Nm^3
ไทย			
สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ	ค่าเฉลี่ยในบรรยากาศโดยทั่วไปในเวลา 24 ชั่วโมง...	$<$0.30 mg/m^3	$<$0.01 mg/m^3
กระทรวงอุตสาหกรรม...	ค่าขนุโลมที่ปล่อง...	$\leq$500	$\leq$30 mg/m^3
สำหรับบรรยากาศในที่ทำงาน			
สหรัฐอเมริกา			
OSHA Federal Lead Standard...	Maximum workplace level...	5.0	50 $\mu g/m^3$
	Maximum employee blood level...	—	50 μg/deciliter
ญี่ปุ่น			
Industrial Health Council Code..	Maximum workplace level...	5.0	150 $\mu g/m^3$
แคนาดา			
Ontario Occupational... Health Act Regulations	Maximum time weighted average..	5.0	150 $\mu g/m^3$
	Maximum concentration of airborne Lead (15 min. maximum exposure)..	—	300 $\mu g/m^3$
	Blood level at which employer must be removed from lead exposure.....	—	0.70 mg/l
อิอีซี			
Workplace Standard...	Maximum 40-hour average...	—	100 $\mu g/m^3$
	Maximum permissible group blood levels....	—	50 μg/100 ml
สวีเดน	Maximum workplace level		
	- present.....	—	100 $\mu g/m^3$
	- planned future.....	—	50 $\mu g/m^3$
	Maximum permissible blood level -individual....	—	60 μg/100 ml
	- all lead plant employees...	—	40 μg/100 ml
ไทย			
กระทรวงมหาดไทย	เฉลี่ยตลอดระยะเวลาทำงานปกติ ปกติในบรรยากาศของการทำงาน	$<$5 (13 mg/m^3)	0.2 mg/m^3

ตารางที่ 2.8 แสดงค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในสถานที่ทำงานและในปล่องปล่อยสู่อากาศของมลพิษที่ทำการศึกษา

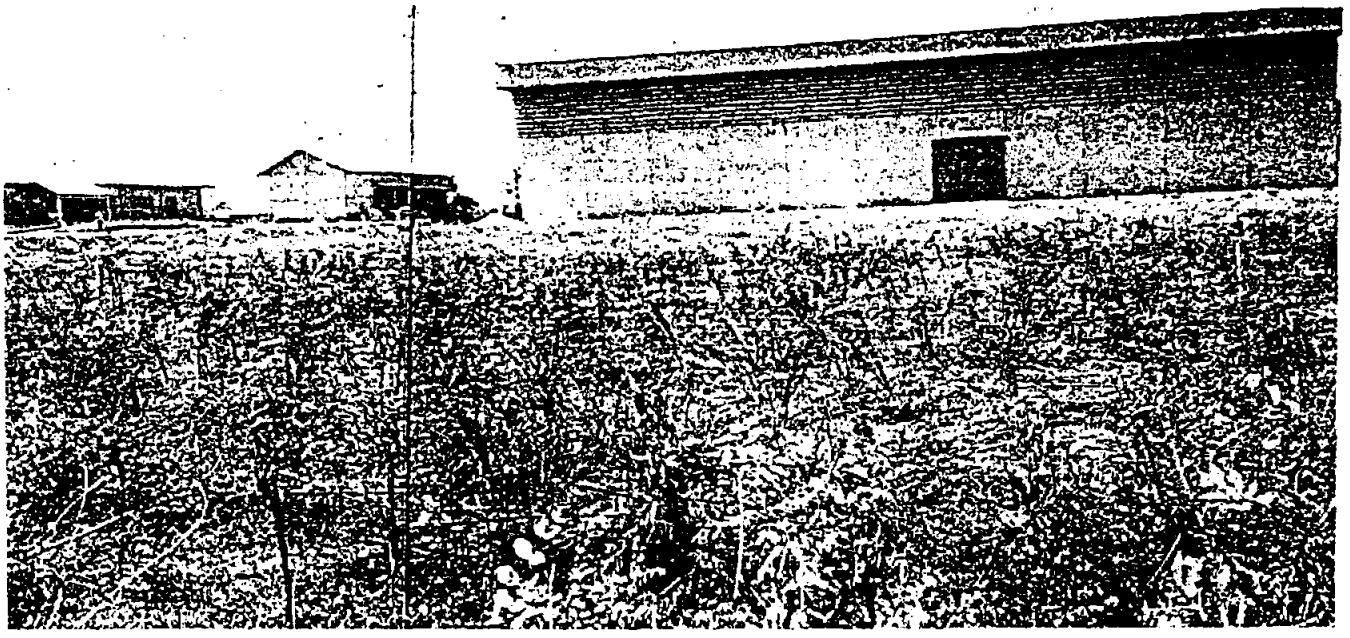
ชนิดของสารมลพิษ	ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศ (มก./ลบ.ม.)	
	บริเวณสถานที่ทำงาน[1]	ในปล่องปล่อยสู่อากาศ[2]
ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์	13.0 (5ppm)	1,300 (500ppm)
ตะกั่วและสารประกอบอนินทรีย์ของตะกั่ว	0.2	30.0
สารหนูและสารประกอบสารหนู	0.5	20
ฝุ่นที่หายใจเข้าปอดได้	5.0	-
ฝุ่นทั้งหมด	15.0	400

<u>หมายเหตุ</u> (1) ค่ามาตรฐานสารเคมีในบรรยากาศของการทำงานปกติตามประกาศกระทรวงมหาดไทย พ.ศ.2520

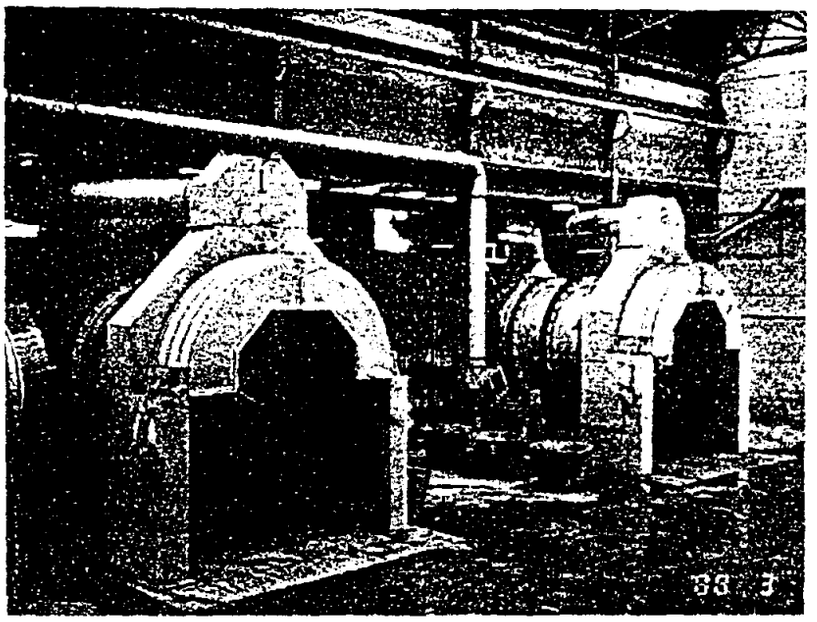
(2) ค่ามาตรฐานตามเงื่อนไขในการออกใบอนุญาตตั้งโรงงาน สำหรับโรงงานประเภทลำดับที่ 60 พระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ.2512


แผนที่แสดงรายละเอียดในเขตประกอบโลหกรรม
แปลงที่ 5
พื้นที่ 55 ไร่ 2 งาน 50 ตารางวา
บ่อเก็บสนต์ก
อาคารโรงงาน
โรงซ่อม
อาคารสำนักงาน
แปลงที่ 3
พื้นที่ 88 ไร่ 2 งาน 87 ตารางวา
แปลงที่ 4
พื้นที่ 45 ไร่ 3 งาน 47 ตารางวา

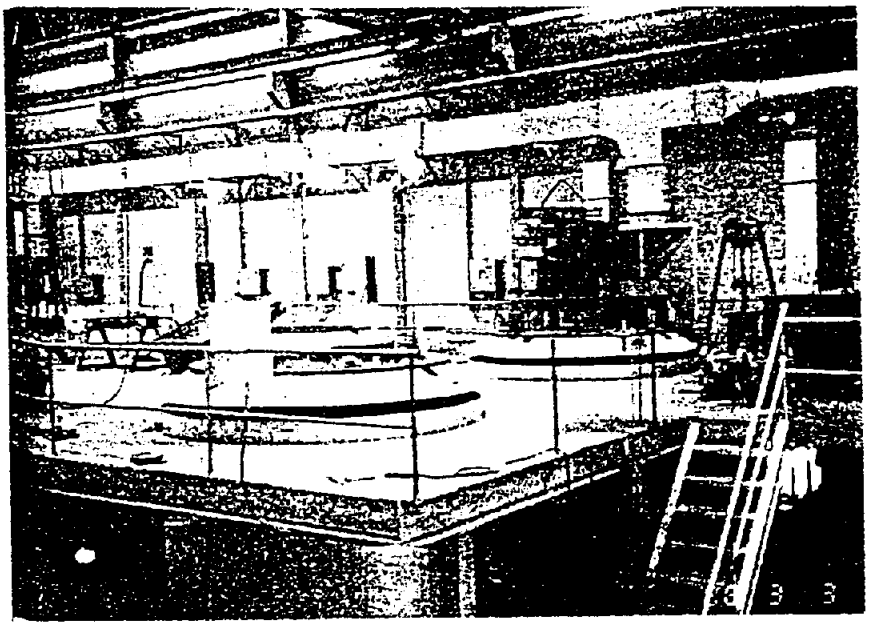
รูปที่ 1



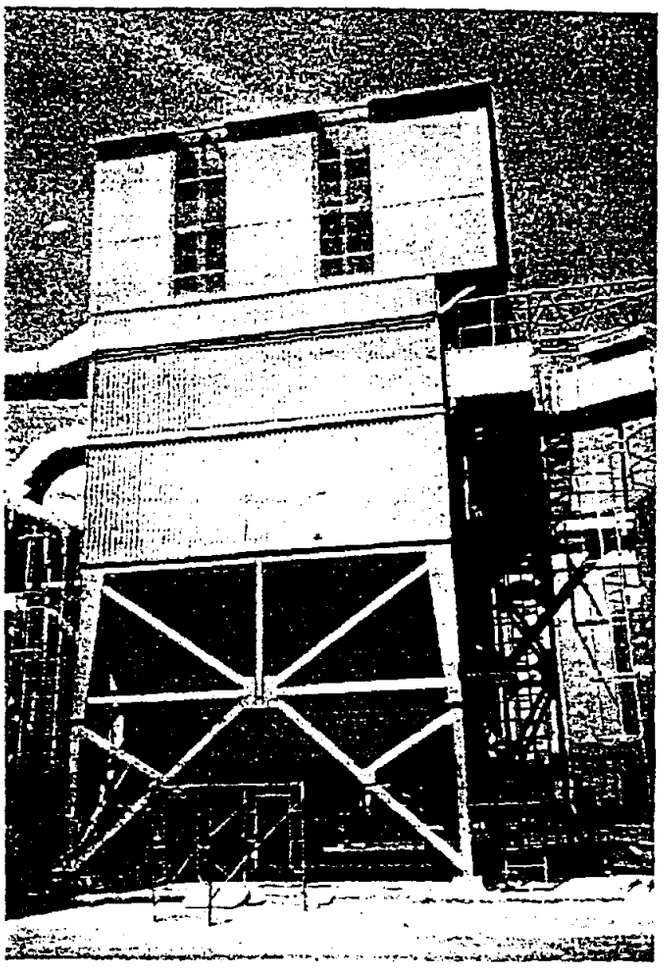
รูปที่ 2 บริเวณโรงงานถลุงแร่ตะกั่วของ บ.โลหะตะกั่วไทย



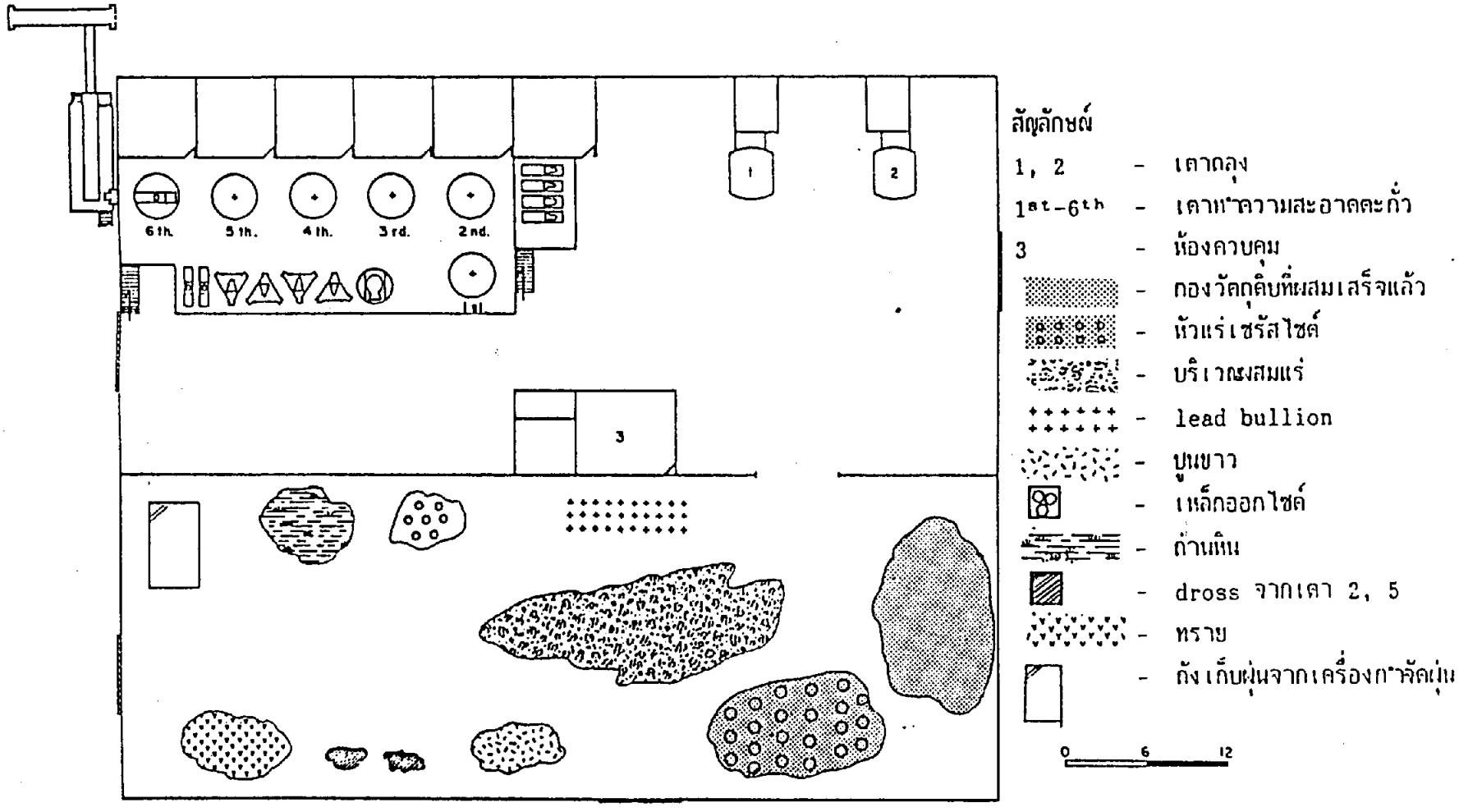
รูปที่ 3 เตาหมุน (Rotary Furnace) สำหรับถลุงแร่ตะกั่ว

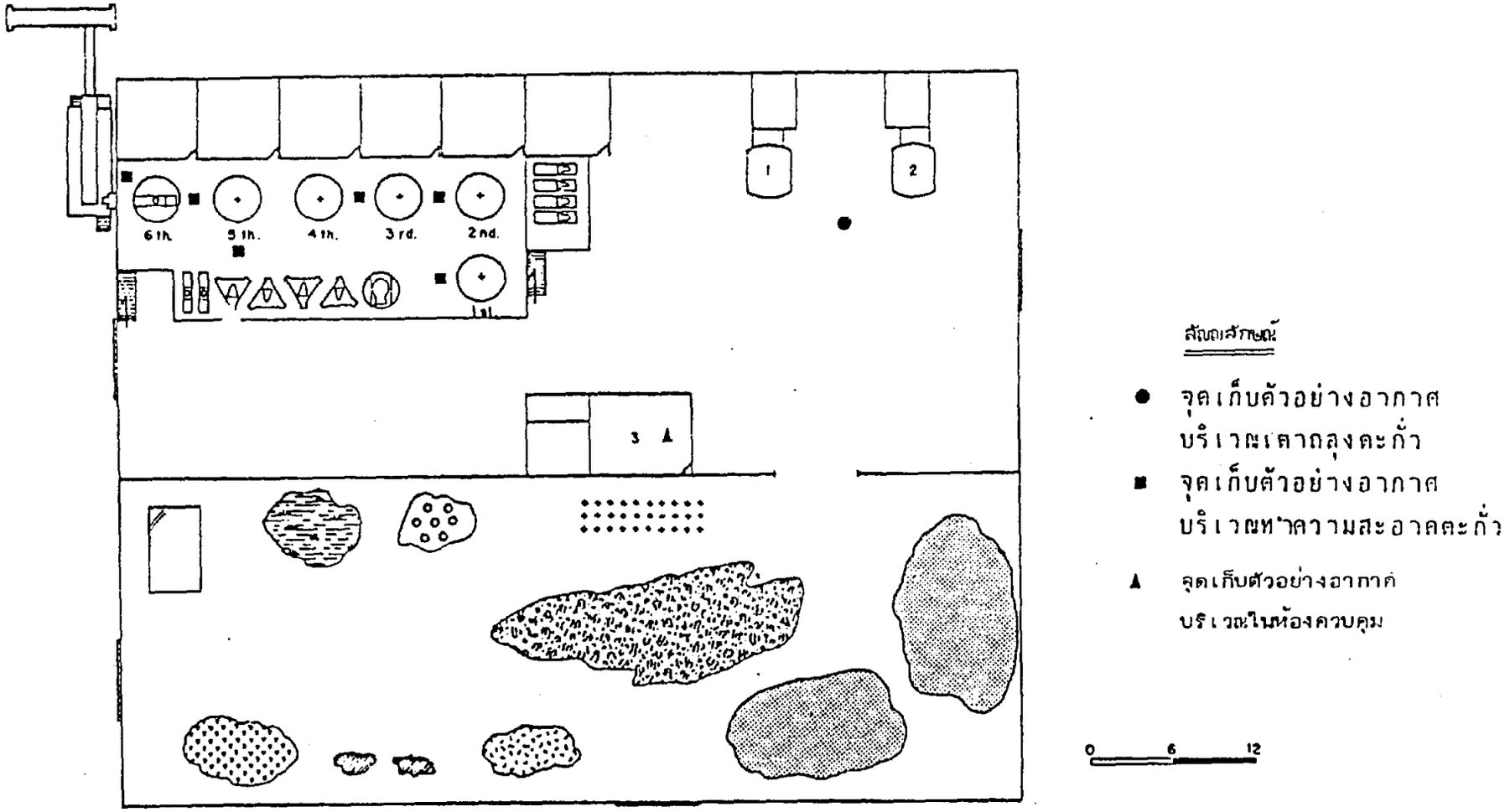


รูปที่ 4 เตากะทะทำสะอาด (Refining Kettle) สำหรับทำโลหะตะกั่วให้บริสุทธิ์



รูปที่ 5 อุปกรณ์กักเก็บฝุ่น Bag House Filter



รูปที่ 6 แผนผังโรงงาน

รูปที่ 7 แสดงจุดเก็บตัวอย่างอากาศ