

## บทที่ 1

### บทนำ

#### บทนำต้นเรื่อง

ในระยะเวลาที่ผ่านมาประเทศไทยได้มีการพัฒนาทางด้านอุตสาหกรรมเป็นอย่างมาก เนื่องจากรัฐบาลได้ให้ความสำคัญกับการพัฒนาอุตสาหกรรมมากขึ้นส่งผลให้เศรษฐกิจของประเทศมีการขยายตัวอย่างรวดเร็วโดยระหว่างปี พ.ศ.2530 - 2534 เศรษฐกิจมีการขยายตัวร้อยละ 10.3 ต่อปี และ พ.ศ.2535 - พ.ศ.2539 มีการขยายตัวอย่างต่อเนื่องประมาณร้อยละ 8.0-8.5 ต่อปี ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางสังคมของประเทศอย่างเห็นได้ชัดเจน ในอดีตสภาพสังคมและเศรษฐกิจของไทยมีลักษณะเป็นสังคมทางด้านเกษตรกรรม ปัญหาทางด้านสุขภาพของประชาชนส่วนใหญ่จะเป็นปัญหาทางด้านโรคติดต่อเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจ ระบบทางเดินอาหารและโรคพยาธิ ( กองอาชีวอนามัย, 2527 ) ในปัจจุบันประเทศไทยเป็นสังคมอุตสาหกรรมมากขึ้น สภาพปัญหาทางด้านสุขภาพที่พบจะแตกต่างออกไปโดยมีสาเหตุการตายส่วนใหญ่มาจากอุบัติเหตุ สารพิษ โรคหัวใจและโรคมะเร็ง ( สถาบันประชากรศาสตร์, 2534 ; บรรหาร ลิมสุวรรณ, 2537 ) ทั้งนี้เพราะการพัฒนาทางด้านอุตสาหกรรม ได้ก่อให้เกิดปัญหาการปนเปื้อนของสารพิษในสิ่งแวดล้อม ทั้งในน้ำ ในดินและในอากาศ ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนทั่วไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งกลุ่มอาชีพที่ต้องสัมผัสกับสารพิษในระหว่างการทำงาน พบว่ามีอัตราชุกของโรคเนื่องมาจากการทำงาน สารพิษและสิ่งแวดล้อม สูงถึง 10,000 - 40,000 คนต่อประชากร 100,000 คน ( ทินวัฒน์ มฤคพิทักษ์, 2537 )

ปัจจุบันมีอุตสาหกรรมหลายประเภทที่ใช้สารอันตรายจำพวกโลหะหนักในกระบวนการผลิต อุตสาหกรรมสีก็เป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่ได้มีการนำเอาสารตะกั่ว แคดเมียมและโครเมียม มาใช้ในกระบวนการผลิตและเป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์โดยตะกั่วถูกนำมาใช้เพื่อทำให้สีมีความคงทนสวยงามและช่วยในการปรับปรุงคุณสมบัติการแห้งของสีน้ำมันให้ได้ตามต้องการ ( ผู้จัดการรายวัน, 2536 ) สีแดงของตะกั่วออกไซด์ ( red lead ) ซึ่งมีส่วนผสมของตะกั่วเตตระออกไซด์ (  $Pb_3O_4$  ) ใช้เป็นสีทารองพื้นกันการกัดกร่อนหรือทาโลหะกันสนิม ( อรุษา สรวารี, 2537 : 98 ) ตะกั่วอาร์เซเนต ( lead arsenate ) ใช้ผสมสีทาอาคารบ้านเรือน ได้มีการนำแคดเมียมมาใช้ในการผสมสี

บางชนิดและใช้เป็นเม็ดสีในกิจการอุตสาหกรรม เช่น สีอีนามัล (สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2532) โครเมียมได้ถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมสีรองพื้นซิงค์โครเมต โดยใช้เป็นส่วนประกอบของผงสีไม่น้อยกว่าร้อยละ 41 และมีปริมาณไม่น้อยกว่าร้อยละ 25 ของปริมาณสีทั้งหมด (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2526) ถ้าหากร่างกายของมนุษย์ได้รับตะกั่ว แคดเมียมและโครเมียมเข้าไปในปริมาณที่มากพอก็จะทำให้เกิดโทษต่อร่างกายได้ โดยตะกั่วจะทำให้เกิดความเป็นพิษต่อระบบอวัยวะต่าง ๆ ของร่างกาย เช่น ผลต่อระบบทางเดินอาหาร จะมีอาการปวดท้องอย่างรุนแรง ผลต่อระบบประสาทส่วนปลายจะทำให้เกิดการอ่อนแรงของแขนขาและเป็นอัมพาต ผลต่อระบบเลือดจะทำให้เป็นโรคโลหิตจาง และอาการที่รุนแรงที่สุดเป็นอาการทางสมอง จะทำให้ผู้ป่วยตายและพิการได้ ในประเทศไทยมีรายงานโรคพิษสารตะกั่วของคนงานที่ทำงานในโรงงานอุตสาหกรรมอยู่เสมอ (กองอาชีวอนามัย, 2535 : 5) แคดเมียมจะทำให้เกิดโรคพิษแคดเมียมเรื้อรัง หรือโรค อีไต อีไต ซึ่งตั้งชื่อโรคตามเสียงอุทานแสดงความเจ็บปวดของผู้ป่วย โดยมีอาการสายตาคิดปกติ ปวดกระดูกตามร่อง ซีโครงและสันหลัง การสะสมปริมาณสูงในร่างกายจะทำให้เป็นหมันและเป็นมะเร็งได้ นอกจากนี้ยังจะทำให้เกิดโรคความดันโลหิตสูงก่อความเสียหายต่อไตและตับ โครเมียมจะทำให้เกิดโรคพิษโครเมียมเรื้อรัง โดยจะทำให้เกิดเป็นแผลตามอวัยวะและผิวหนังที่สัมผัสกับฝุ่นละอองของโครเมียม มีอาการอักเสบของผิวหนัง ทำลายอวัยวะอื่นตามทางที่ได้รับเช่น ทำให้ผนังกันในจมูกถูกเจาะทะลุ และเป็นสาเหตุหนึ่งของโรคมะเร็งในปอด (สนธยา พริงลำพู, 2538 : 130,133) จากอันตรายดังกล่าวส่วนใหญ่จะเกิดกับผู้ที่สัมผัสกับสารนั้น ๆ อยู่เป็นประจำ เช่น คนงานในโรงงานอุตสาหกรรมที่ต้องทำงานในสภาพ แวดล้อมที่มีสารตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม เป็นส่วนหนึ่งในกระบวนการผลิต หรือมีอยู่ในผลิตภัณฑ์ที่นำมาใช้ ในปัจจุบัน บริษัทผลิตสีบางบริษัท เช่น ทีโอเอ โจดัน ไอซีไอ นิปปอนเพนต์ ได้ยกเลิกการใช้ตะกั่วและปรอท โดยใช้สารอื่นทดแทนในสีทาบ้านและสีทาอาคาร แต่ในสีน้ำมัน (oil base) และในสีอุตสาหกรรม เช่น สีทนรถยนต์ สีเคลือบกระป๋อง สีทากันสนิมเหล็ก ยังไม่สามารถลดปริมาณโลหะหนักหรือหาสารอื่นมาทดแทนได้ (ผู้จัดการรายวัน, 2536 ; นันทวรรณ วิจิตรวาทการ , 2536 : 24-25)

สถานประกอบการพ่นสีรถยนต์ในจังหวัดสงขลาส่วนใหญ่ เป็นสถานประกอบการขนาดเล็กที่ตั้งอยู่ใกล้ ๆ กับแหล่งชุมชนก่อให้เกิดผลกระทบต่อประชาชนที่อาศัยอยู่ใกล้เคียงเป็นจำนวนมาก ในการพ่นสีของสถานประกอบการนั้น ทำให้เกิดการแพร่กระจายของละอองสี ซึ่งอาจจะมีตะกั่ว แคดเมียม โครเมียม และโลหะอื่น ๆ ที่ผสมอยู่ในส่วนประกอบของสี ถ้าหากว่าการจัดการของสถานประกอบการไม่ดีแล้วก็จะก่อให้เกิดการปนเปื้อนของอากาศภายในสถานประกอบการ คนงานที่ทำงานในสถานประกอบการพ่นสีรถยนต์จะเป็นผู้ที่สัมผัสกับสารประกอบดังกล่าวโดยตรง

และอาจจะได้รับเข้าสู่ร่างกายโดยการกินและการหายใจ ทำให้เกิดผลกระทบต่อภาวะสุขภาพและประสิทธิภาพของการทำงานจะด้อยลงมาอีกด้วย การเฝ้าระวังคุณภาพอากาศในสถานประกอบการก็เป็นแนวทางหนึ่งในการประเมินความเสี่ยงต่อการได้รับตะกั่ว แคดเมียมและโครเมียม ของช่างพ่นสี โดยการตรวจวัดปริมาณการปนเปื้อนของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมในอากาศในระดับการหายใจของช่างพ่นสีขณะทำงานภายในสถานประกอบการประเภทพ่นสีรถยนต์ ผลที่ได้จะเป็นข้อมูลพื้นฐานในการบริหารจัดการทางด้านอาชีวอนามัยในสถานประกอบการพ่นสีต่อไป

## การตรวจเอกสาร

### 1. ตะกั่ว ( Lead )

ตะกั่ว เป็นธาตุจำพวกโลหะหนักจัดอยู่ในหมู่ V A ของตารางธาตุ ใช้สัญลักษณ์ทางเคมีว่า Pb น้ำหนักอะตอม 207.19 เลขอะตอม 82 ความถ่วงจำเพาะ 11.34 จุดหลอมเหลว 327.5 องศาเซลเซียส จุดเดือด 1749 องศาเซลเซียส เลขออกซิเดชัน 0, +2 และ +4 มีสีน้ำเงินปนเทา หรือสีเทาอ่อน เนื้อโลหะมีลักษณะอ่อนตืดงอได้ง่าย ไม่ละลายน้ำ ละลายได้ในกรดไนตริกเจือจางและละลายได้อย่างช้าๆในน้ำที่เป็นกรดอ่อนๆ นำไฟฟ้าไม่ดี แต่สามารถดูดเสียงและคลื่นสั้นสะท้อนได้ดี ( สุรภี 2530 ; Howley, 1977 ; Reilly, 1980 ) ตะกั่วในธรรมชาติมีแหล่งกำเนิดมาจากหินต่างๆ เช่น นินอ์คีนี นินซัน นินแปร์ หรือสามารถพบรวมอยู่กับแร่โลหะอื่นๆ เช่น ทองแดง สังกะสี เงิน แคดเมียม กาลีนา ฯลฯ โดยมากมักพบในรูปของสารประกอบตะกั่วซัลไฟด์ และตะกั่วซัลเฟต ( Bermen, 1980 )

#### 1.1 การนำมาใช้ประโยชน์

ตะกั่วได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งเข้ามามีบทบาททางด้านอุตสาหกรรมต่างๆ ดังนี้

- 1.1.1 ใช้ผสมกับโลหะอื่นเป็นโลหะผสม ( alloy )
- 1.1.2 ใช้หล่อตัวพิมพ์และผสมในหมึกพิมพ์
- 1.1.3 ใช้เป็นเม็ดสีในกิจการอุตสาหกรรม
- 1.1.4 ใช้ผลิตแบตเตอรี่ โดยนำตะกั่วไดออกไซด์มาทำเป็นขั้วอิเล็กโทรดของแบตเตอรี่

1.1.5 ใช้ในการเชื่อม และบัดกรี

1.1.6 ใช้ในอุตสาหกรรมพลาสติกและยาง

1.1.7 ใช้ในอุตสาหกรรมแก้ว กระเบื้องเคลือบหรือเซรามิก เพื่อให้เป็นเงางามและมีผิวเรียบ เช่นตะกั่วซิลิเกต

1.1.8 ใช้ทำหัวกระสุนปืนและอาวุธระเบิด

1.1.9 ใช้ในการชุบโลหะเพื่อป้องกันสนิม

1.1.10 ใช้เป็นฉนวนหุ้มสายเคเบิล สายไฟฟ้า สายโทรศัพท์ และฟิวส์

1.1.11 ใช้เป็นอุปกรณ์ป้องกันรังสีจากเครื่องเอกซเรย์

1.1.12 ใช้ในเตาปฏิกรณ์พลังงานปรมาณู

1.1.13 ใช้ในเครื่องสำอางและครีมใส่ผม

1.1.14 ใช้เป็นยาสีฟันและยาปราบศัตรูพืช เช่น ตะกั่วอาร์เซเนต

1.1.15 ใช้ผสมในน้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อเป็นสารเพิ่มค่าออกเทน

( พิมพ์ เรียนวัฒนา และชัยวัฒน์ เจนวนิชย์, 2525 ; สุพัฒน์ หวังวงศ์วัฒนา, 2532 ; สมพุด กฤตลักษณ์, 2532 ; ศูนย์ข้อมูลคณะกรรมการประสานงานองค์กรพัฒนาเอกชนเพื่อการสาธารณสุขมูลฐาน, 2535 ; คณะผู้เชี่ยวชาญเรื่องโลหะหนักเน้นพิษตะกั่ว, 2535 )

## 1.2 ตะกั่วในอุตสาหกรรมสี

ตะกั่วได้ถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมสี โดยนำมาเป็นเม็ดสี ผงสี ( pigment ) หรือรงควัตถุ เพื่อให้เกิดสีต่างๆ ได้แก่

โครมเยลโลว์ ( chrome yellow ) หรือตะกั่วโครเมต ( lead chromate,  $PbCrO_4$  ) ให้สีเหลืองอ่อนจนถึงสีเขียวใบไม้ มีคุณสมบัติที่ทึบแสง ทนต่อแสงได้ดี อาจจะมีสีคล้ำบ้างเมื่อถูกแสงนาน ๆ ไม่เปลี่ยนสีเมื่อถูกกรดเจือจาง แต่สีจะหมดไปเมื่อถูกกรดเข้มข้น และจะเปลี่ยนสีเป็นสีดำเมื่อทำปฏิกิริยากับอากาศที่มีก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์

โครมออเรนจ์ ( chrome orange ) หรือเบสิก เลด โครเมต ( basic lead chromate,  $PbO.PbCrO_4$  ) เตรียมได้จากโครมเยลโลว์และด่าง ถ้าอนุภาคที่ได้มีขนาดใหญ่สีจะอมแดงมากขึ้นได้เป็นโครมเรด ถ้าอนุภาคเล็กจะได้ผงสีส้ม

โมลิบดีนอเรนจ์ ( molybdate orange ) ได้จาก  $PbCrO_4$  ตกตะกอนร่วมกับ  $PbMoO_4$  และ  $PbSO_4$  จะได้ผงสีที่สดใส สะอาด และสีแรงกว่าโครมออเรนจ์ ทึบแสง และทนต่อแสงได้ดี แต่อาจจะมีสีคล้ำไปบ้างเมื่อถูกแสง

ตะกั่วแดง ( red lead,  $Pb_3O_4$  ) ให้ผงสีแดงอมส้ม ใช้เป็นสีรองพื้นกันการกัดกร่อนในเหล็ก ( อรรถุษา สรวารี, 2539 : 96 )

### 1.3 พิษของตะกั่วต่อร่างกายและสุขภาพอนามัย

ตะกั่วเมื่อเข้าสู่ร่างกายโดยวิธีใดก็ตามจะก่อให้เกิดพิษต่อร่างกายของมนุษย์ ซึ่งในที่นี้จะแยกกล่าวเป็นพิษตะกั่วในผู้ใหญ่ และพิษตะกั่วในเด็ก ( ศูนย์ข้อมูลคณะกรรมการประสานงานองค์กรพัฒนาเอกชนเพื่อการสาธารณสุขมูลฐาน , 2535 : 13-14 )

#### 1.3.1 พิษตะกั่วในผู้ใหญ่

1.3.1.1 ระบบทางเดินอาหาร เริ่มจากการเบื่ออาหาร คลื่นไส้ อาเจียน ท้องผูก บางรายอาจมีอาการท้องเสีย และการปวดท้องอย่างรุนแรง ผู้ป่วยอาจปวดท้องจนตื่นตัวงอ ซึ่งจะทำให้แพทย์อาจวินิจฉัยผิดว่าเป็นอาการปวดท้องเนื่องมาจากสาเหตุอื่นได้ เช่น ไล่ติ่งอักเสบ ผู้ป่วยที่ได้รับตะกั่วสะสมอยู่ในกระดูก เมื่อมีการดื่มสุรา การออกกำลังกาย หรือภาวะการเจ็บป่วยอื่นๆ ก็จะเป็นกระตุ้นให้มีการเคลื่อนที่ของตะกั่วที่สะสมไว้ออกมาในกระแสเลือดมากขึ้น ทำให้อาการปวดท้องจะมากขึ้นด้วย การตรวจร่างกายในผู้ป่วยอาจจะตรวจพบแนวเส้นตะกั่วที่เหงือก ( lead line ) ซึ่งเกิดจากการเกาะของตะกั่วซัลไฟด์ มีลักษณะเป็นแต้มสีน้ำเงิน-ดำ ( blue black punctate ) จับอยู่ที่ขอบเหงือกต่อกับฟัน ห่างฟันราว 1 มิลลิเมตรและพบบ่อยบริเวณหน้าฟันกราม ( bicuspid premolar ) และฟันกราม ( molar )

1.3.1.2 ระบบประสาทส่วนปลาย ผู้ป่วยจะมีอาการอ่อนแรงของกล้ามเนื้อ แขน และขา อาจปวดตามกล้ามเนื้อและข้อต่างๆ ถ้าหากได้รับเข้าสู่ร่างกายมากๆ และเป็นเวลานาน อาจทำให้เกิดเป็นอัมพาตของกล้ามเนื้อได้ โดยเฉพาะกล้ามเนื้อกลุ่มที่ทำหน้าที่เหยียด เช่น กล้ามเนื้อที่ใช้เหยียดข้อมืออ่อนแรงทำให้มือห้อย การเป็นอัมพาตจะไม่ทำให้ประสาทด้านความรู้สึกเสียส่วนมากมักเป็นข้างใดข้างหนึ่งโดยเฉพาะข้างที่ถนัดก่อน

1.3.1.3 ระบบประสาทส่วนกลาง มีอาการทางสมอง อาการที่พบว่ามีควมรุนแรงที่สุด ซึ่งเกิดจากการได้รับเอาตะกั่วอนินทรีย์เข้าสู่ร่างกาย มีอาการตื่นเต้น นอนไม่หลับ ผื่นร้าย อารมณ์ฉุนเฉียว ปฏิกริยาสะท้อน ( reflex ) ไวกว่าปกติ สติคุ้มดีคุ้มร้าย อาจชัก หมดสติ และตายได้

1.3.1.4 พิษต่อระบบเลือด มีอาการซีด เลือดจาง อ่อนเพลีย มีอาการปวดศีรษะ มึนงง ในรายที่เป็นเรื้อรังจะพบว่ามีอาการตัวเหลือง ตาเหลืองด้วย

### 1.3.2 พิษตะกั่วในเด็ก

1.3.2.1 มีพิษต่อระบบประสาท ตะกั่วจะทำลายทั้งระบบประสาทส่วนกลางและระบบประสาทส่วนปลาย ยิ่งอายุน้อยการทำลายยิ่งมาก นอกจากนี้ยังทำให้เกิดอาการผิดปกติทางจิตประสาท ถ้ามีตะกั่วในเลือดตั้งแต่ 35 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร ขึ้นไป

1.3.2.2 พิษต่อระบบทางเดินปัสสาวะ ตะกั่วจะทำลายไตโดยตรง โดยในระยะแรกจะทำลายไตส่วน proximal tubule ตามด้วยการเกิด interstitial fibrosis และเส้นเลือดแข็งทำให้เกิดการฝ่อลีบของ glomeruli

1.3.2.3 พิษต่อระบบเลือด ทำให้เม็ดเลือดแดงแตกง่าย และขัดขวางหรือยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ aminolevulinic acid dehydratase ตั้งแต่ระดับตะกั่วในเลือดประมาณ 10 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร และยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ ferrochelatase ที่จะเปลี่ยนสาร protoporphyrin ไปเป็น heme ที่ระดับ 15 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร

1.3.2.4 พิษต่อหัวใจ ทำให้เกิดกล้ามเนื้อหัวใจอักเสบ

1.3.2.5 พิษต่อทางเดินอาหาร ทำให้มีการบีบเกร็งของกล้ามเนื้อเรียบ มีอาการปวดท้อง และทำลายตับ

1.3.2.6 ขัดขวางการสร้าง active vitamin D ที่ตับเมื่อระดับตะกั่วในเลือดตั้งแต่ 25 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร นอกจากนี้ยังทำให้น้ำหนักลด เจริญเติบโตช้า

### 1.4 อาการแสดงความเป็นพิษ

อาการแบ่งได้เป็นอาการพิษเฉียบพลันและอาการพิษเรื้อรัง ( ศูนย์ข้อมูลคณะกรรมการประสานงานองค์กรพัฒนาเอกชนเพื่อการสาธารณสุขมูลฐาน , 2535 : 13-14 ; โยธิน เบญจวง , 2538 : 110,114 ) ดังนี้

1.4.1 พิษเฉียบพลัน ( acute effects ) อาการสำคัญที่พบคืออาการของโรคเนื้อสมองเสื่อมเฉียบพลัน จะเกิดขึ้นเมื่อระดับตะกั่วในเลือดมากกว่า 120 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร มักจะพบในเด็กอายุต่ำกว่า 3 ปี อาการเริ่มด้วย ชักและหมดสติ อาจมีอาการอื่นมาก่อน เช่น เบื่ออาหาร ซีดลง เล่นน้อยลง ซึม กระวนกระวาย กระสับกระส่าย เสียกิริยาประสานงาน (poor coordination) และอาเจียน มีอาการทักษะเสื่อมถอย ( regresstion of skill ) โดยเฉพาะการพูด จะพูดมากขึ้นเรื่อยๆ ใน 3-6 สัปดาห์ แล้วจึงมีอาการเริ่มแรกของโรคเนื้อสมองเสื่อมตามมาใน 2-5 วัน เริ่มด้วยอาการเดินเซ อาเจียนมาก ซึม หมดสติและชัก แต่จะไม่พบอาการปลายประสาทเสื่อม

1.4.2 พิษเรื้อรัง ( chronic effects ) อาการอาจไม่ชัดเจน คือ ชัก ปัญญาอ่อน ความผิดปกติเปลี่ยนแปลงอาจพบอาการปลายประสาทเสื่อมและในเด็กโตอาจพบเส้นแนวตะกั่วที่เหงือก

#### 1.5 การดูดซึมตะกั่วเข้าสู่ร่างกายและการขับถ่าย

ตะกั่วสามารถเข้าสู่ร่างกายได้โดยการกิน การหายใจ และทางผิวหนัง ตะกั่วที่เข้าทางปาก ประมาณร้อยละ 5-10 จะถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกาย ในเด็กจะดูดซึมได้ดีกว่าในผู้ใหญ่ ( ประมาณร้อยละ 40 ) ในภาวะท้องว่างหรือได้อาหารที่ขาดธาตุแคลเซียม เหล็ก และทองแดง หรือ มีสารฟอสเฟตต่ำจะทำให้ตะกั่วถูกดูดซึมได้ดีขึ้น การสูดหายใจเอาละอองไอ ควัน หรือ ฝุ่นเข้าสู่ร่างกาย จะทำให้การดูดซึมเกิดขึ้นเร็วมาก ร้อยละ 35-50 ของตะกั่วจะถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือด อาการที่เกิดขึ้นจะรวดเร็วและรุนแรง ตะกั่วอินทรีย์สามารถเข้าทางผิวหนังได้โดยไม่ต้องมีแผล ( ศูนย์ข้อมูลคณะกรรมการประสานงานองค์การพัฒนาเอกชนเพื่อการสาธารณสุขมูลฐาน , 2535 : 18 )

หลังจากที่ตะกั่วถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกาย ตะกั่วจะถูกลำเลียงไปยังอวัยวะต่างๆ ของร่างกายผ่านทางระบบไหลเวียนเลือด โดยกว่าร้อยละ 90 จะรวมตัวกับเม็ดเลือดแดง และส่วนที่เหลือจะอยู่ในน้ำเลือด ครึ่งช่วงชีวิต ( half life ) ของตะกั่วในเลือดจะมีช่วงประมาณ 2-4 สัปดาห์ และจะถูกนำไปยังแหล่งสะสม 2 แหล่งใหญ่ๆ คือ เนื้อเยื่อแข็ง ( hard tissue ) เช่น กระดูก เส้นผม เล็บ ฟัน และเนื้อเยื่ออ่อน ( soft tissue ) เช่น ไชกระดูก ระบบประสาท ไต ตับ ประมาณร้อยละ 90 ของตะกั่วในร่างกายจะอยู่ในกระดูกซึ่งอยู่อย่างค่อนข้างมีเสถียรภาพ และมีครึ่งชีวิต 16-20 ปี ยกเว้นในเด็ก มีร้อยละ 70 เท่านั้นที่สะสมในกระดูก ในการเกิดพิษหรือไม่ขึ้นขึ้นอยู่กับปริมาณตะกั่วในเนื้อเยื่ออ่อน ดังนั้นกรณีที่ตะกั่วถูกดูดซึมเข้าร่างกายเร็วมาก จะเข้าสู่กระดูกน้อยแต่จะเข้าสู่เนื้อเยื่ออ่อนมาก จึงทำให้เกิดอาการเป็นพิษได้เร็ว ตะกั่วจะออกมาจากกระดูกเข้าสู่กระแสเลือดได้มากขึ้นในภาวะที่ร่างกายมีการติดเชื้อ ต่อมสุรา หรือภาวะที่เลือดมีสภาพเป็นกรด ( ศูนย์ข้อมูลคณะกรรมการประสานงานองค์การพัฒนาเอกชนเพื่อการสาธารณสุขมูลฐาน , 2535 : 19 )

ตะกั่วถูกขับออกจากร่างกายจากกระบวนการกรองของไตเป็นส่วนใหญ่ โดยร้อยละ 75-80 ของตะกั่วที่ถูกดูดซึมจะถูกขับออกทางปัสสาวะ ประมาณร้อยละ 15 จะถูกขับออกทางอุจจาระที่เหลือจะถูกขับออกทางน้ำดี เหงื่อ และน้ำนม ( ศูนย์ข้อมูลคณะกรรมการประสานงานองค์การพัฒนาเอกชนเพื่อการสาธารณสุขมูลฐาน , 2535 : 19 )

### 1.6 การปนเปื้อนเข้าสู่สิ่งแวดล้อม

ตะกั่วได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์เป็นเวลานานแล้ว การที่อุตสาหกรรมได้เจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว มีผลทำให้มีการนำตะกั่วมาใช้มากขึ้นด้วย ในปีหนึ่งๆ ประเทศไทยต้องใช้ตะกั่วประมาณ 20,000 เมตริกตัน ครั้งหนึ่งได้มาจากการผลิตภายในประเทศ ( ศูนย์ข้อมูลคณะกรรมการประสานงานองค์กรพัฒนาเอกชนเพื่อการสาธารณสุขมูลฐาน, 2535 : 41 ) ขณะเดียวกันในกิจกรรมต่างๆ ที่ได้นำตะกั่วมาใช้ประโยชน์ก็จะก่อให้เกิดของเสียออกมาในรูปแบบต่างๆ เช่น มีน้ำเสียออกมาจากโรงงานอุตสาหกรรม มีฝุ่นละอองซึ่งมีตะกั่วปนเปื้อนอยู่ในอากาศ มีเศษขยะที่มีตะกั่วปนเปื้อนอยู่ ตัวอย่างเช่น การทำเหมืองแร่ตะกั่วจะมีน้ำเสียที่มีตะกั่วปนเปื้อนออกมา การถลุงและการหลอมตะกั่วก็จะมีไอระเหยของตะกั่วปนเปื้อนอยู่ในอากาศ การนำเอาของเก่าที่มีตะกั่วผสมอยู่ด้วยมาหลอมเพื่อนำกลับไปใช้ใหม่จะทำให้มีตะกั่วปนเปื้อนออกมาสู่อากาศ การใช้รถยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซินก็มีตะกั่วออกมาทางท่อไอเสียสู่อากาศ การใช้สารกำจัดศัตรูพืชที่มีส่วนผสมของตะกั่วจะทำให้มีตะกั่วปนเปื้อนอยู่ในดิน และลงสู่แหล่งน้ำ เป็นต้น

### 1.7 ตะกั่วในอากาศ

ในประเทศไทยได้มีการศึกษาความเข้มข้นของตะกั่วในบรรยากาศทั่วไปและในโรงงานอุตสาหกรรม ในบรรยากาศทั่วไปพบว่า มีแหล่งกำเนิดมาจากการใช้น้ำมันเบนซินผสมสารตะกั่วเป็นเชื้อเพลิงของรถยนต์ จากการตรวจวัดตะกั่วในอากาศในกรุงเทพมหานคร ปี 2521-2532 มีค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงเท่ากับ 0.65 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในย่านอุตสาหกรรม และในย่านที่พักอาศัยเท่ากับ 0.37 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากการเก็บตัวอย่างอากาศในโรงงานอุตสาหกรรมกลุ่มต่างๆ พบว่า ความเข้มข้นของตะกั่วในอากาศภายในโรงงานผลิตแบตเตอรี่เขตจังหวัดภาคกลาง มีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.62 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ( พูลศักดิ์ ดุลยสุวรรณ, 2529 ) และความเข้มข้นของตะกั่วในอากาศของโรงงานถลุงและทำตะกั่วให้บริสุทธิ์ โดยการเก็บตัวอย่างอากาศแบบติดตัวบุคคลในระยะเวลาทำงานเป็นเวลา 8 ชั่วโมง พบว่ามีความเข้มข้นของตะกั่วในอากาศระหว่าง 2.4 - 97.0 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ( บุญส่ง อัมพรจรัส, 2532 )



## 2. แคดเมียม (Cadmium)

แคดเมียม เป็นธาตุจำพวกโลหะหนักจัดอยู่ในหมู่ 2B ของตารางธาตุ ใช้สัญลักษณ์ทางเคมีว่า Cd น้ำหนักอะตอม 112.4 เลขอะตอม 48 ความถ่วงจำเพาะ 8.6 จุดหลอมเหลว 320.9 องศาเซลเซียส จุดเดือด 765 องศาเซลเซียส เลขออกซิเดชัน +2 ( Friberg, Kjellstrom and Nordberg, 1986 : 132 ) มีสีเงินปนขาว เนื้อโลหะมีลักษณะอ่อนดัดงอได้ง่าย ทนทานต่อการกัดกร่อนไม่ละลายน้ำแต่สามารถละลายได้ดีในกรดไนตริก ( nitric acid ) และละลายได้อย่างช้าๆ ในกรดไฮโดรคลอริก ( hydrochloric acid ) ในรูปของโลหะจะไม่เผาไหม้ แต่จะเผาได้ในรูปของผงหรือแป้ง และทำปฏิกิริยาอย่างรุนแรงกับสารที่ให้ออกซิเจนอย่างแก่ เช่น ธาตุกำมะถัน ธาตุซิลิเนียมและธาตุเทลลูเรียม ( กองอาชีพวนามัย, 2536 ) นอกจากนี้ แคดเมียมสามารถรวมกับสารอื่นๆ เป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่ละลายน้ำได้ โดยเฉพาะเมื่อรวมกับไซยาไนด์ ( cyanides ) หรือเอมีน ( amines ) และสารประกอบอัลคิลของแคดเมียม ( alkyl - Cadmium compounds ) เป็นสารประกอบที่ไม่คงตัว จึงทำปฏิกิริยาอย่างรวดเร็วกับน้ำหรือไอน้ำในอากาศ มักจะพบแคดเมียมปะปนอยู่กับแร่สังกะสี ตะกั่วและทองแดง แคดเมียมจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณสังกะสีในแร่สังกะสีในประเทศไทยที่ขุดได้ที่จังหวัดตากจะมีแคดเมียม ประกอบอยู่ร้อยละ 0.23 - 0.38 ( กองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2532 : 14 )

### 2.1 การนำมาใช้ประโยชน์

แคดเมียมได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งทางด้านอุตสาหกรรมต่างๆ ดังนี้

2.1.1 ใช้ผสมกับโลหะอื่นเป็นโลหะผสม ( alloy ) เพื่อเพิ่มความเหนียวและทนต่อการสึกกร่อน เช่น

2.1.1.1 อัลลอยของทองแดงที่มีแคดเมียม 1 % ( cadmium bronze ) ใช้ในการผลิตเส้นลวด โทรเลขและโทรศัพท์

2.1.1.2 อัลลอยของทองแดงและตะกั่วที่มีแคดเมียมผสมอยู่ 20 % ใช้ในการผลิตแบบพิมพ์ ( printing plates )

2.1.1.3 อัลลอยของทองแดง แคดเมียมและซีโคเนียม ( zirconium ) ใช้ในอุปกรณ์สื่อสารที่มี voltage สูงๆ เพราะโลหะผสมประเภทนี้จะมีความแข็งแรงและมีความดึงได้สูงกว่าโลหะผสมของทองแดงกับแคดเมียม

2.1.1.4 ใช้ผสมกับโลหะอื่นในกิจการเพชรพลอย เช่น ผสมกับทอง เงิน และทองแดง เป็นชนิดผสมโลหะชนิดเดียว สองชนิด หรือสามชนิด

2.1.1.5 ใช้แคดเมียมที่มีความบริสุทธิ์สูงๆ ในการผสมกับโลหะอื่นให้มีคุณสมบัติกึ่งตัวนำ (semiconductor) เช่น cadmium arsenide, cadmium antimonide, cadmium telluride

2.1.2 ใช้แคดเมียมเคลือบบนแผ่นเหล็กทองแดง อลูมิเนียม โดยการชุบไฟฟ้า เพื่อนำไปใช้เป็นส่วนประกอบของเครื่องบิน รถยนต์ อุปกรณ์ไฟฟ้า อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ วิทยุ ซึ่งป้องกันสนิมได้ดี

2.1.3 ใช้เป็นเม็ดสีในกิจการอุตสาหกรรม

2.1.4 ใช้ผลิตแบตเตอรี่ โดยร่วมกับโลหะชนิดเกิด เป็นองค์ประกอบในการผลิตเซลล์ไฟฟ้าชนิดอัลคาไลน์ ซึ่งนำมาใช้เป็นแบตเตอรี่เครื่องรับส่งวิทยุ โทรศัพท์มือถือ เครื่องเล่นที่ใช้ระบบควบคุมระยะไกล เช่นรถบังคับวิทยุ ( กรมควบคุมมลพิษ, 2538 : 15 ) และใช้เป็นแบตเตอรี่ในเครื่องคิดเลข แฟลชถ่ายรูป เครื่องโกนหนวด และอุปกรณ์อื่นๆ เป็นต้น

2.1.5 สารประกอบของแคดเมียมใช้ผสมในสารฆ่าเชื้อรา ( fungicides ) สารกำจัดแมลง ( insecticides ) ใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเคมี และเป็นสิ่งเจือปนอยู่ในปุ๋ยซุบเปอร์ฟอสเฟต

2.1.6 ใช้ในกิจการอื่นๆ เช่น ใช้ทำอมัลกัมในการอุดฟัน ใช้ผลิตหลอดฟลูออเรสเซนต์ ใช้ผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ ใช้ผลิตเซมิคอนดักเตอร์ ใช้ในเตาปฏิกรณ์ปรมาณูเป็นตัวควบคุมอัตราการแตกตัวของนิวเคลียส

## 2.2 แคดเมียมในอุตสาหกรรมสี

แคดเมียมได้ถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมสี โดยนำมาเป็นเม็ดสี ผงสี ( pigment ) หรือรงควัตถุ นอกจากให้สีต่างๆ แล้วยังสามารถทำให้ปิดบังผิวหน้า มีความทึบแสง ทนต่อความร้อน แสงสว่าง กรดและด่างได้ดี ( อุษษา สรวารี, 2537 : 97 ) สารประกอบแคดเมียมที่ถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมสีได้แก่ แคดเมียมซัลไฟด์ ( cadmium sulfide ) จะให้ผงสีเหลืองส้ม แคดเมียมเยลโลว์ ( cadmium yellow ) ซึ่งมีส่วนประกอบของแคดเมียมซัลไฟด์ ( CdS ) เป็นส่วนใหญ่ จะให้สีแดงหรือสีน้ำตาล และแคดเมียมออเรนจ์ ( cadmium orange ) ซึ่งเป็นส่วนผสมระหว่างแคดเมียมซัลไฟด์ ( CdS ) และแคดเมียมซีลีไนด์ ( CdSe ) จะให้สีแดง ( อรุษา สรวารี, 2537 : 94-95 ; กองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2532 : 4 ; กองอนามัยสิ่งแวดล้อม, 2537 : 17 )

## 2.3 พิษของแคดเมียมต่อร่างกายและสุขภาพอนามัย

แคดเมียมสามารถก่อให้เกิดพิษต่อร่างกายได้ 2 ลักษณะ คือ ความเป็นพิษแบบเฉียบพลัน และความเป็นพิษแบบเรื้อรัง ( กองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2532)

### 2.3.1 ความเป็นพิษแบบเฉียบพลัน ( acute effects )

2.3.1.1 ความเป็นพิษต่อระบบทางเดินอาหาร ส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากการกินอาหารหรือเครื่องดื่มที่มีแคดเมียมปนเปื้อน มีอาการคือ เริ่มแรกจะรู้สึกคลื่นเหียนอย่างรุนแรง ตามด้วยอาการอาเจียน ท้องร่วง เป็นตะคริว ปวดหัวและน้ำลายฟูมปาก ที่เป็นมากอาจจะเกิดอาการช็อคเนื่องจากร่างกายสูญเสียน้ำมากและอาจตายได้ใน 24 ชั่วโมง ( Reilly, 1980 ) หรือระบบการทำงานของไตล้มเหลวและอาจตายได้ภายใน 7-14 วัน นอกจากนี้อาจจะมีผลไปทำลายตับด้วย ( กองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2532 :36 )

2.3.1.2 ความเป็นพิษต่อระบบหายใจ ส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากการสูดหายใจเอาฟุ้งของแคดเมียมซึ่งเกิดมาจากการเชื่อมโลหะด้วยความร้อนสูง โดยทั่วไปขณะที่สูดหายใจจะไม่ปรากฏอาการหรือมีอาการเพียงเล็กน้อยอาการจะปรากฏหลังจากสูดหายใจฟุ้งเข้าไปแล้วประมาณ 2-3 ชั่วโมง ซึ่งจะมีอาการระคายเคืองที่หลอดลมและปอด ร่วมด้วยอาการอื่น เช่น ระคายเคืองที่จมูกและคอ ไอ ปวดศีรษะ เวียนศีรษะ อ่อนเพลีย หนาวสั่น มีไข้ เจ็บหน้าอก อาจมีอาการอื่นร่วมด้วย เช่น คลื่นเหียน อาเจียนและท้องร่วง ทำให้ปอดอักเสบ ปอดบวม อาจเกิดการหายใจขัดเนื่องจากน้ำท่วมปอด ผู้ได้รับอันตรายอย่างรุนแรงอาจถึงตายได้ 15 % ของผู้ที่รอดตายต้องใช้เวลาฟื้นตัวนานกว่าปกติ ( บุญจง ชาวสิทธิวงษ์, 2538 : 25 - 26 )

ตาราง 1 ปริมาณความเข้มข้นของแคดเมียมในอากาศที่ทำให้มนุษย์เสียชีวิตเมื่อหายใจเข้าไป  
(lethal concentration)

ปริมาณความเข้มข้น (mg/m <sup>3</sup> )	ระยะเวลาสุดท้ายใจ	ผู้ศึกษาวิจัย
5	8 ชั่วโมง	Friberg et al (1974)
140 - 290	10 นาที	American industrial Hygiene Association (1944)
2,600	1 นาที	Beton et al (1966)
2,500 - 2,900	1 นาที	Barrett et al (1947)

ที่มา : CEC (1987), Criteria (dose/effect relationships) for Cadmium. p. 71-72

ตาราง 2 ความเป็นพิษของแคดเมียมคลอไรด์ ต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมจากการหายใจ

ปริมาณที่หายใจเข้าไป (mg/m <sup>3</sup> )	ระยะเวลาสัมผัส	สัตว์ทดลอง	ผลที่เกิดขึ้น
520 (320 mgCd/m <sup>3</sup> )	30 นาที	สุนัข	LD <sub>90</sub>
522 (0.32 mgCd/L)	30 นาที	สุนัข	LC <sub>50</sub>
420	30 นาที	สุนัข	LC <sub>90</sub>
10	2 ชั่วโมง	หนู	เกิดปฏิกิริยาทางชีวเคมี ซึ่งจะมีผลทำลายปอด
8	30 นาที	สุนัข	LC <sub>90</sub>
0.2	66 วัน	หนู	น้ำหนักตัวลดลง แต่น้ำหนักปอดเพิ่มขึ้น เนื้อเยื่อในถุงลมปอดพองตัว ทำให้ถุงลมปอดมีขนาดใหญ่ขึ้น และทำให้ถึงตายได้
0.2	7 วัน	หนู	ทำให้น้ำหนักปอดเพิ่มขึ้น และทำให้ถุงลมปอดมีขนาดใหญ่ขึ้น
0.05	7 วัน	หนู	ทำให้น้ำหนักปอดมีขนาดใหญ่ขึ้น

ที่มา : IRPTC (1978), Data profile for chemicals for the evaluation of their hazards to the Mediteranean sea.

LD<sub>90</sub> = Lethal dose to 90 % คือปริมาณสารพิษที่สามารถทำให้สัตว์ทดลองตายไป 90 %

LC<sub>50</sub> = Median Lethal concentration คือปริมาณความเข้มข้นของสารพิษในสภาพแวดล้อมที่ทำให้สัตว์ทดลองตายไปครึ่งหนึ่ง

LC<sub>90</sub> = Lethal concentration to 90 % คือปริมาณความเข้มข้นของสารพิษในสภาพแวดล้อมที่ทำให้สัตว์ทดลองตายไป 90 %

### 2.3.2 ความเป็นพิษแบบเรื้อรัง (chronic effects)

ความเป็นพิษแบบเรื้อรังที่มีต่อมนุษย์หลังจากที่ร่างกายได้รับแคดเมียมในปริมาณปานกลางเป็นเวลานานติดต่อกัน ความเป็นพิษมักจะไปปรากฏที่ปอด ไตและกระดูกเป็นส่วนใหญ่ ส่วนระบบอื่นๆ จะทำให้เป็นโรคโลหิตจางและการทำงานของตับเสีย ( กองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2532 : 39-40 ; Reilly, 1980 )

2.3.2.1 ความเป็นพิษต่อปอด คนงานที่หายใจเอาฝุ่นหรือฟุ้งของแคดเมียมเข้าสู่ร่างกายในระยะยาวจะมีอาการปรากฏคล้ายคนเป็นโรคหลอดลมอักเสบ มีอาการไอบ่อยๆ เกิดการบวมหรือโป่งพองของเนื้อเยื่อปอด อาจทำให้เกิดการหายใจขัด ( Friberg L., Kjellstrom T. and Nordberg G.F., 1986 : 154 )

2.3.2.2 ความเป็นพิษต่อไต ผู้ที่ได้รับแคดเมียมเป็นระยะเวลานานจะทำให้เกิดการสะสมในร่างกายทำให้มีผลต่อไตได้ การได้รับติดต่อกันเป็นเวลานาน จะทำให้เกิดแคลซีไต และไตจะขับปัสสาวะที่มีโปรตีนมากกว่าปกติ โดยเฉพาะโปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ เช่น beta 2-microglo-bulin, lysozyme, ribonuclease, retinal binding protein and immunoglobulin chains มีการคาดคะเนว่าปริมาณแคดเมียมที่ได้รับจากการกินวันละ 200 มิลลิกรัม จะไม่มีผลต่อไต แต่ถ้าหากแคดเมียมสะสมในไตปริมาณ 200 ไมโครกรัมต่อกรัม ของเนื้อไตที่เป็นน้ำหนักเปียก อาจก่อให้เกิดความเป็นพิษได้ ( ทิพวรรณ ประภามณฑล, 2539 : 323 ; Friberg L., Kjellstrom T. and Nordberg G.F., 1986 : 154-156 )

2.3.2.3 ความเป็นพิษต่อกระดูก จะทำให้กระดูกผุ กระดูกจะพรุน โค้งงอ ทำให้กระดูกเสียรูปทรงและหักได้ มีอาการปวดเอว กล้ามเนื้อขาและเจ็บที่กระดูก ตลอดจนมีผลต่อการเคลื่อนไหว ( Friberg L., Kjellstrom T. and Nordberg G.F., 1986 : 158-160 )

2.3.2.4 ความเป็นพิษต่อระบบเลือดและระบบการสร้างเม็ดโลหิต มักจะพบอาการของโรคโลหิตจางในกลุ่มคนงานที่สัมผัสและกลุ่มผู้ป่วยที่เป็นโรคฮีโมโกลิน และจากการศึกษาพบว่าก่อให้เกิดโรคความดันโลหิตสูงในหนูทดลองได้ และจะมีผลต่อการดูดซึมของเหล็กในระบบทางเดินอาหาร ( สุรกี โรจน์อารยานนท์, 2530 : 115 ; Friberg L., Kjellstrom T. and Nordberg G.F., 1986 : 157 )

#### 2.3.2.5 ความเป็นพิษเรื้อรังที่อวัยวะอื่นๆ เช่น

ก. ก่อให้เกิดโรค metal fume fever ซึ่งเป็นโรคที่เกิดจากการสูดหายใจเอาไอระเหยของแคดเมียมเข้าไป

ข. ก่อให้เกิดอาการปวดข้อและกล้ามเนื้อในช่างเชื่อมโลหะและช่างทาสี  
ฟันสี ( บรรจง วิทยวิโรศักดิ์ วิชาญ เกียรติการคำ และพิชญา ตันติเศรณี, 2536 )

#### 2.4 การดูดซึมแคดเมียมเข้าสู่ร่างกายและการขับถ่าย

แคดเมียมสามารถเข้าสู่ร่างกายได้หลายทาง ได้แก่ ทางหายใจโดยการสูดหายใจเอาละอองไอเข้าสู่ร่างกาย ทางเดินอาหารโดยการกินอาหารที่ปนเปื้อน โดยแคดเมียมประมาณร้อยละ 6 ในอาหารที่กินเข้าไปจะถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายและมีการสะสมมากขึ้นตามอายุ พบว่ามีการสะสมมากที่สุดที่ตับและไต การสูบบุหรี่ทำให้มีการสะสมแคดเมียมในร่างกายเพิ่มขึ้น มีการประมาณว่าบุหรี่ 1 มวน จะให้แคดเมียม 1.3 มิลลิกรัม ( พิมล เวียนวัฒนา และชัยวัฒน์ เจนวานิชย์, 2525 : 130 ) จากการทดลองกับสัตว์ในห้องปฏิบัติการพบว่า แคดเมียมที่เข้าสู่ร่างกายโดยการสูดดมเข้าไปหรือได้รับจากการหายใจจะถูกดูดซึมไว้ร้อยละ 10 ในกระแสโลหิต และจะถูกส่งต่อไปยังไต

ร่างกายสามารถขับแคดเมียมออกมาโดยผ่านทางไตและทางอุจจาระ แต่อัตราการขับถ่ายน้อยกว่าการดูดซึม แคดเมียมประมาณร้อยละ 10 ของปริมาณที่ถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดเท่านั้นที่ถูกขับออกจากร่างกาย ( Nobbs and Pearce, 1976 ) โดยเฉลี่ยวันหนึ่งๆ ร่างกายได้รับแคดเมียมจากอาหารประมาณ 0.215 มิลลิกรัม แต่ขับออกทางปัสสาวะได้เพียง 0.03 มิลลิกรัมต่อวัน ( Reilly, 1980 ) สำหรับการตรวจพบแคดเมียมในเลือดจะชี้ให้เห็นว่าส่วนใหญ่เป็นผลมาจากการดูดซึมเข้าสู่ร่างกายในช่วงระยะที่ผ่านมาไม่กี่เดือน ( กองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2532 : 28 ) และจะขับถ่ายโดยผ่านทางไต แต่อัตราการขับออกจะน้อยกว่าอัตราการดูดซึม จึงทำให้เกิดการสะสมในร่างกายโดยเฉพาะในไตและตับ ดังนั้นปริมาณแคดเมียมในปัสสาวะจะสะท้อนให้เห็นว่าในร่างกายมีปริมาณแคดเมียมอยู่ในระดับที่เป็นอันตรายต่อร่างกาย ( กองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2532 : 30 )

#### 2.5 การปนเปื้อนเข้าสู่สิ่งแวดล้อม

แคดเมียมจะปนเปื้อนเข้าสู่สิ่งแวดล้อม จากกิจกรรมต่างๆ ดังต่อไปนี้

2.5.1 จากอุตสาหกรรมทำเหมือง สังกะสี ตะกั่ว ทองแดงและแคดเมียม ในการหลอมและการถลุงแร่ อุตสาหกรรมเหล่านี้จะปล่อยฝุ่น ( dust ) ไอ ( fume ) น้ำเสียและกากตะกอน ( sludge ) ที่มีแคดเมียมเจือปนออกมา

2.5.2 จากโรงงานชุบโครเมียม ของเสียจากโรงงานประเภทนี้จะมีแคดเมียมประมาณ

100 - 500 ppm (กองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2532 : 19)

2.5.3 จากโรงงานอุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้า ซึ่งจะปล่อย ฝุ่น ไอ น้ำเสียและ กากตะกอนที่มีแคดเมียมเจือปนออกมา

2.5.4 จากยางรถยนต์ที่สึกหรอ เนื่องจากยางรถยนต์จะมีแคดเมียมประกอบอยู่ประมาณ 20 - 90 ppm โดยเจือปนใน zinc oxide ซึ่งเป็นสารรักษาความเงา

2.5.5 จากการเผาของเสียที่มีแคดเมียมประกอบอยู่ เช่น พลาสติก เม็ดสี โลหะเคลือบ เศษหมึก เป็นต้น โดยแคดเมียมจะอยู่ในรูปของ cadmium aerosols เช่น cadmium oxide (CdO)

2.5.6 จากปุ๋ยฟอสเฟต เนื่องจากหินที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตปุ๋ยมีแคดเมียมประมาณ 2 - 170 ppm เมื่อมีการใช้ปุ๋ยแคดเมียมจะสะสมในดิน ถ้ามีการใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมร่วมกับ แคดเมียมจะไปรวมตัวกับแอมโมเนียมไอออนที่ละลายน้ำได้

2.5.7 จากการใช้ถ่านหินและ heating oil แคดเมียมซึ่งเป็นธาตุปริมาณน้อยใน fossil fuels เมื่อมีการใช้เชื้อเพลิงเหล่านี้แคดเมียมจะถูกปล่อยออกมาในรูปของไอ

2.5.8 จากกากตะกอนน้ำทิ้ง กากตะกอนจากโรงงานกำจัดน้ำเสียจะมีแคดเมียมใน ปริมาณค่อนข้างสูง จึงเป็นการเพิ่มปริมาณแคดเมียมลงไปในดิน พืชบางชนิดเช่น ข้าวสาลี สามารถดูดซึมแคดเมียมในดินได้ดี อีกทั้งแคดเมียมสามารถสะสมอยู่ในใบและเมล็ดของพืชได้อีก ด้วย

2.5.9 จากการสีกร่อนของสังกะสี

2.5.10 จากยาสูบ พบว่าในการสูบบุหรี่มีแคดเมียมออกสู่บรรยากาศได้ 1 - 2 ไมโครกรัม ต่อบุหรี่ 1 มวน (Lars et al, 1986 : 139 - 140)

## 2.6 แคดเมียมในอากาศ

ความเข้มข้นของแคดเมียมในบรรยากาศของประเทศต่างๆ พบว่าในชนบทมีปริมาณต่ำ มากประมาณ 0.0001 - 0.043 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และในเขตเมืองอุตสาหกรรมมี ประมาณ 0.002 - 0.7 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร บริเวณที่ใกล้กับปล่องระบายอากาศเสียของ แคดเมียมประมาณ 0.01 - 5 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในประเทศไทยจากการตรวจวัดใน บริเวณที่ใกล้เคียงกับโรงงานถลุงสังกะสีที่จังหวัดตาก ในรัศมี 1 กิโลเมตร พบปริมาณแคดเมียม ในบรรยากาศเฉลี่ย 24 ชั่วโมง มีค่าประมาณ 0.007 - 0.02 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และ



ปริมาณแคดเมียมในสภาพแวดล้อมการทำงานของโรงงานถลุงสังกะสีจังหวัดตาก ค่าสูงสุดที่ตรวจวัดได้เท่ากับ 0.07 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ( กองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2532 : 21 )

### 3. โครเมียม ( Chromium )

โครเมียม เป็นธาตุจำพวกโลหะหนัก ใช้สัญลักษณ์ทางเคมีว่า Cr น้ำหนักอะตอม 52 เลขอะตอม 24 ความถ่วงจำเพาะ 7.2 จุดหลอมเหลว  $1857 \pm 20$  องศาเซลเซียส จุดเดือด 2672 องศาเซลเซียส เลขออกซิเดชัน +2, +3, +6 ( Langard and Norseth, 1986 : 186 ) มีสีเทาหรือสีฟ้าอมขาวอ่อน เนื้อโลหะมีลักษณะแข็งและเปราะ มีความทนทานต่อการเสียดสีและกัดกร่อน พบได้ในธรรมชาติทั่วไป เช่น ในหิน ดิน พีช สัตว์ รวมทั้งฝุ่นและก๊าซจากภูเขาไฟ มักอยู่ในรูปของโครเมต ( chromate )

#### 3.1 การนำมาใช้ประโยชน์

โครเมียมได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์เป็นสารพื้นฐานของโรงงานอุตสาหกรรม โดยเฉพาะโรงงานอุตสาหกรรมเคมี ดังนี้

- 3.1.1 ใช้ในโรงงานฟอกหนัง
- 3.1.2 โรงงานทำโครเมียมอัลลอยด์
- 3.1.3 ใช้เป็นเม็ดสีในกิจการอุตสาหกรรม
- 3.1.4 ใช้ในโรงงานผลิตกราไฟท์
- 3.1.5 ใช้ในโรงงานผลิตเหล็กและเหล็กกล้า
- 3.1.6 ใช้เป็นน้ำยาถนอมเนื้อไม้
- 3.1.7 ใช้เป็นสารเคลือบโลหะเพื่อกันสนิม
- 3.1.8 ใช้ในการผลิตอุปกรณ์ไฟฟ้า
- 3.1.9 ใช้ในโรงงานชุบโครเมียม
- 3.1.10 ใช้ในโรงงานทอผ้า
- 3.1.11 ใช้ในการล้างฟิล์ม

( ธงชัย พรรณสวัสดิ์ และโกมล เขียมเสมอ, 1996 ; สนธยา พริงลำพู, 2538 : 127 ; Harrington and Gill, 1992 ; Friberg, Nordberg and Vouk, 1986 )

### 3.2 โครเมียมในอุตสาหกรรมสี

โครเมียมได้ถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมสี โดยนำมาเป็นเม็ดสี ผงสี (pigment) หรือ รงควัตถุ นอกจากให้สีต่างๆ แล้วยังมีคุณสมบัติทนทานต่อการเสียดสีและการกัดกร่อน เป็นการเพิ่มความทนทานต่อผิว และให้ความเงางาม สารประกอบโครเมียมที่ถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมสี ได้แก่ โครเมียมออกไซด์ (chromium oxide) จะให้ผงสีเขียว (ทองอนามัยสิ่งแวดล้อม, 2537 : 17) โครเมียมออกไซด์กรีน (chromium oxide green) หรือเรียกว่าโครมออกไซด์กรีน (chrome oxide green) ประกอบด้วย  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  ได้จากการเผาโซเดียม หรือโปแตสเซียมไดโครเมตกับสารรีดิวส์ เช่น กำมะถัน หรือคาร์บอน มีคุณสมบัติทนแสงสว่าง มีความทึบแสง แต่เป็นสีที่ไม่สุกใส ไฮเดรตโครเมียมออกไซด์กรีน (hydrated chromium oxide green) มีสูตรโครงสร้าง  $\text{CrO}(\text{OH})$  ได้จากการเผาอัลคาไลเมททอลไบโครเมต (alkali metal bichromate) กับกรดบอริก ผงสีชนิดนี้ให้สีที่สดใส มีการดูดกลืนน้ำมันสูงและบดยาก (อรอุษา สรวารี, 2537 : 95,100)

### 3.3 พิษของโครเมียมต่อร่างกาย

โครเมียมเป็นโลหะที่มีความจำเป็นต่อคนและสัตว์ มีความสำคัญในขบวนการเมตาโบลิซึมของอินซูลิน เช่น glucose tolerance factor (GTF) พิษจากโครเมียมทั้งเฉียบพลันและเรื้อรัง ส่วนมากเกิดมาจากสารประกอบเฮกซะวาเลนต์ (hexavalent) (Langard S. and Norseth T., 1986 : 185)

#### 3.3.1 ความเป็นพิษแบบเฉียบพลัน (Acute effects)

ถ้าหากรับประทานสารประกอบโครเมียมในปริมาณสูง อาจทำให้ถึงแก่ชีวิตได้ หรือหลังจากหายใจเอาฝุ่นของโครเมียม จะทำให้มีอาการหายใจขัดคล้ายหอบหืดทันที และมีอาการปวดท้อง อาเจียน มีอาการของภาวะไตล้มเหลวและหมดสติ (สนธิยา พริงลำพู, 2538 : 129)

#### 3.3.2 ความเป็นพิษแบบเรื้อรัง (Chronic effects)

ความเป็นพิษแบบเรื้อรังที่มีต่อมนุษย์หลังจากที่ร่างกายได้รับโครเมียมเป็นเวลานาน ติดต่อกัน มีอาการระคายเคืองในคอ คอหอยมีอาการอักเสบวมแดง ไอ น้ำมูกไหล มีอาการของหอบหืด ปอดบวม ไตอักเสบ ตับอักเสบ พบอาการผื่นคันของผิวหนัง เนื่องจากปฏิกิริยาของผิวหนังเมื่อสัมผัสกับสารประกอบโครเมียม จะเกิดการแพ้ อาจเกิดผิวหนังอักเสบจากการแพ้ มีอาการอักเสบและเกิดแผลเรื้อรัง เช่นคนงานในโรงงานฟอกหนัง มีแผลคล้ายตะปูตำบริเวณหลังมือ และแขนส่วนล่าง ซึ่งเกิดจากการกัดของเฮกซะวาเลนต์โครเมียม (hexavalent chromium) หรือ ไดโครเมต (dichromate)

แผลเปื่อยที่เยื่อจมูกและที่ผนังกันโพรงจมูก เกิดแผลและการทะลุของผนังกันจมูกในคนงานที่ทำงานเกี่ยวข้องกับโครเมต (chromate) จากการศึกษาพบว่าแผลเกิดจากละอองหรือฝุ่นเล็กๆ ในอากาศ ที่มีไดโครเมตปนเปื้อนในความเข้มข้นประมาณ 100 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (Langard s. and Norsete, 1986 :195 อ้างถึง Bloomfield and Blum, 1992) มีขนาดแผล 1.5 - 2 เซนติเมตร บริเวณเยื่อจมูก ต่อมาเยื่อจมูกทะลุและกระดูกอ่อนถูกทำลาย โครเมียมเป็นสาเหตุของมะเร็งปอดและ มะเร็งโพรงจมูก และมีรายงานระบุว่าโครเมียมทำให้เกิดการกลายพันธุ์ในคน (Langard S. and Norseth T.,1986 : 202 )

#### 3.4 การดูดซึมโครเมียมเข้าสู่ร่างกายและการขับถ่าย

โครเมียมสามารถเข้าสู่ร่างกายได้หลายทางคือ ทางเดินหายใจโดยการสูดหายใจเอาละอองไอเข้าสู่ร่างกาย การสัมผัสทางผิวหนังทำให้เกิดการระคายเคืองและปฏิกิริยาการแพ้ของผิวหนัง และโดยการกินอาหารหรือน้ำดื่ม โครเมียมจะซึมผ่านปอดในรูปของสารประกอบเฮกซะวาเลนต์ ( $Cr^{6+}$ ) ได้ดีกว่าไตรวาเลนต์ ( $Cr^{3+}$ ) และจะถูกดูดซึมผ่านลำไส้ได้ค่อนข้างน้อย (สนธยา พริงลำพู, 2538 : 127) เช่นเดียวกับ Friberg, Nordberg และ Vouk (1986) ระบุว่าโครเมียมมีการดูดซึมไม่ดีในระบบทางเดินอาหาร จากการทดลองพบว่าสารประกอบเฮกซะวาเลนต์ ( $Cr^{6+}$ ) สามารถดูดซึมผ่านผิวหนังปกติได้โดยไม่จำเป็นต้องเข้าทางแผลแต่ประการ (สนธยา พริงลำพู, 2538 : 128)

หลังจากโครเมียมเข้าสู่ร่างกายแล้ว  $Cr^{3+}$  จะไม่สามารถผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ได้ แต่จะถูกจับโดย transferrin ในพลาสมา แต่  $Cr^{6+}$  สามารถผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ของเม็ดเลือดแดงได้อย่างรวดเร็ว และจะถูกเปลี่ยนเป็น  $Cr^{3+}$  ภายในเซลล์เม็ดเลือดแดง ดังนั้นโครเมียมที่อยู่ในร่างกาย ส่วนใหญ่จะเป็น  $Cr^{3+}$  และจะสะสมอยู่ในไขกระดูก ปอด ต่อม้ำเหลือง ไต ตับ และม้าม โดยจะอยู่ในปอดมากที่สุด (สนธยา พริงลำพู, 2538 : 128)

โครเมียมถูกขับออกจากร่างกายทางปัสสาวะเป็นส่วนใหญ่ พบว่าหลังจากที่ร่างกายได้รับ  $Cr^{6+}$  เข้าสู่ร่างกายประมาณ 8 ชั่วโมง โครเมียมจะถูกขับออกทางปัสสาวะในรูปของ  $Cr^{3+}$  ประมาณ 60 % และประมาณ 10 % ถูกขับออกทางน้ำดีเข้าสู่ลำไส้ และจะมีเพียงเล็กน้อยถูกขับออกทาง เล็บ ผม น้ำนม และเหงื่อ จากการศึกษาในสัตว์จากการหายใจ  $Cr^{6+}$  เข้าไปในระยะเวลา 6 ชั่วโมง และ 48 ชั่วโมง พบว่าจะขับถ่ายออกทางปัสสาวะในช่วง 6 ชั่วโมงแรก และมีการขับถ่ายทางอุจจาระเพิ่มขึ้น ในการทดลองกับหนู โดยให้หายใจเอาผง zinc - chromate พบว่าโครเมียมที่ละลายน้ำจะเข้าสู่ปอดในรูปของเฮกซะวาเลนต์ หนถ่ายเข้าสู่เม็ดเลือดแดงก่อนจะเป็นไตรวาเลนต์

แสดงให้เห็นว่าหลังจากที่หายใจเอาโครเมตที่ละลายน้ำเข้าไปแล้วจะถูกขับออกทางปัสสาวะ เป็นส่วนใหญ่ (Langard S. and Norseth T.,1986 : 190-192 )

### 3.5 การปนเปื้อนเข้าสู่สิ่งแวดล้อม

การปนเปื้อนของโครเมียมเข้าสู่สิ่งแวดล้อม นอกจากโครเมียมจะเป็นธาตุที่มีอยู่ในธรรมชาติซึ่งสามารถพบได้ในหิน ดิน พืช สัตว์ แล้วส่วนหนึ่งได้รับการปนเปื้อนมาจากการใช้ประโยชน์ในกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ โดยเฉพาะการนำโครเมียมมาใช้ในอุตสาหกรรม เช่น การผลิตเหล็กและเหล็กกล้า วัสดุอัลลอยด์ สีย้อมและสีต่างๆ น้ำยาถนอมเนื้อไม้ สารเคลือบโลหะเพื่อกันสนิม โรงงานฟอกหนัง ฯลฯ โรงงานอุตสาหกรรมเหล่านี้จะปล่อยของเสียที่มีแคดเมียมออกมา ในรูปของน้ำเสีย เศษขยะหรือฝุ่นละอองที่แพร่กระจายในอากาศ โครเมียมที่ปนเปื้อนในแหล่งน้ำจะจับตัวกับอนุภาค ของสิ่งสกปรกในน้ำแล้วจะจมตัวลงสู่ก้น มีโครเมียมเพียงส่วนน้อยที่ละลายน้ำได้และไหลซึมไปปนเปื้อนในแหล่งน้ำใต้ดิน ( ธงชัย พรรณสวัสดิ์ และ โกมล เขี่ยมเสมอ, 1996 : 29 )

ในบุหรี่ยังมีรายงานว่าโครเมียม 390 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม และบางข้อมูลรายงานว่ามีประมาณ 0.24-14.6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ( Friberg, Nordberg and Vouk, 1986 : 189 อ้างถึง Schroeder et al ,1962 และ Al-Badri et al 1977 )

### 3.6 โครเมียมในอากาศ

ในการศึกษาระดับความเข้มข้นของโครเมียมในโรงงานอุตสาหกรรม Friber, Nordberg and Vouk ( 1960 ) ได้รวบรวมไว้ดังนี้ ปี 1951 มีรายงานไว้ว่าในการตรวจวัดโครเมียมในอากาศของโรงงานที่ใช้โครเมต มีค่าความเข้มข้นระหว่าง 0.26 - 0.51 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีค่าสูงถึง 1 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร แต่ ปี 1980 ได้มีรายงานว่าค่าสูงถึง 20 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในการเก็บตัวอย่างอากาศแบบติดตัวบุคคล ในเวลาทำงาน 8 ชั่วโมง ของโรงงานเหล็กชุบโครเมียม พบว่าค่าความเข้มข้นอยู่ระหว่าง 0.02 - 0.05 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร อาจมีค่าสูงถึง 0.4 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และได้เก็บตัวอย่างอากาศในเวลาทำงาน 8 ชั่วโมง เป็นเวลา 5 วัน ของโรงงานโครเมตที่เป็นโรงงานเก่า พบว่าค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.35 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ขณะที่โรงงานใหม่มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่า 0.1 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร แต่บางข้อมูลรายงานว่าค่าเฉลี่ยน้อยกว่า 10 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ( Langard S. and Norseth T.,1986 : 189 )

#### 4. มาตรฐานคุณภาพอากาศ

##### 4.1 มาตรฐานคุณภาพอากาศในประเทศไทย

มาตรฐานคุณภาพอากาศในประเทศไทย ใช้ตามประกาศกระทรวงมหาดไทย พ.ศ.2520 เรื่องความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับสภาวะแวดล้อม ( สารเคมี ) มีดังนี้

ตาราง 3 มาตรฐานความเข้มข้นของสารเคมีในสถานประกอบการ

ชื่อสารเคมี	ความเข้มข้นเฉลี่ยตลอด ระยะเวลาทำงานปกติ ( mg/m <sup>3</sup> )	ปริมาณความเข้มข้น สูงสุดที่อาจยอม ให้มีได้ ( mg/m <sup>3</sup> )
ฟุ้งแคดเมียม (Cadmium fume)	0.1	3.0
ฝุ่นแคดเมียม (Cadmium dust)	0.2	0.6
ตะกั่วและสารประกอบอนินทรีย์ของตะกั่ว (Lead and its inorganic compounds)	0.2	-
ตะกั่วอาร์ซีเนต	0.15	
โครเมียมและสารประกอบของโครเมียม	1.0	

## 4.2 มาตรฐานคุณภาพอากาศของต่างประเทศ

ตาราง 4 มาตรฐานคุณภาพอากาศ ของ NIOSH และ OSHA

Chemical Hazard	Agency	Agency Standard		Time	
		TWA (mg/m <sup>3</sup> )	Ceiling (mg/m <sup>3</sup> )	TWA (hrs)	Ceiling (min)
Cadmium	NIOSH	0.04	-	8	-
Cadmium & cpds(as Cd)	NIOSH	0.04	0.2	8	15
Cadmium dust (as Cd)	OSHA	0.2	0.6	8	15
Cadmium fume(as Cd)	OSHA	0.1	3.0	8	15
Chromium	NIOSH	0.025	-	8	-
Chromium acetate	OSHA	0.5	-	8	-
Chromium carbonate	OSHA	0.5	-	8	-
Chromium metal & insol cpds	OSHA	1.0	-	8	-
Chromium phosphate	OSHA	0.5	-	8	-
Chromium soluble salts	OSHA	0.5	-	8	-
Lead	NIOSH	0.05	-	8	-
Lead, inorganic fumes & dust(as Pb)	OSHA	0.5	-	8	-
Lead sulfide (as Pb)	NIOSH	0.1	-	5	-

ที่มา : กรมอนามัย, 2535 : 123,125,137

## 5. อนุภาคและคำจำกัดความ

อนุภาคประกอบด้วยอนุภาคของของแข็งและหรือของเหลว ประกอบด้วยสารที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันในเรื่องของขนาด รูปร่าง อนุภาคมลสารมีแหล่งกำเนิดจากกิจกรรมในโรงงานอุตสาหกรรม จากกระบวนการเผาไหม้ และแหล่งกำเนิดตามธรรมชาติ ส่วนประกอบของอนุภาคที่แขวนลอยอยู่ในอากาศจะแตกต่างกันตามวันเวลาและสถานที่ที่เกิด ซึ่งพอจะแยกคำความหมาย และคำจำกัดความได้ดังนี้ ( รัชนีกร ชมสวน , 2532 : 1-3 ; อรุบล โชติพงศ์ , 2541 :

(2-1)-(2-2) )

5.1 อนุภาคมลสาร ( Particulate matter ) หมายถึง วัสดุทุกชนิด ( ยกเว้นน้ำ ) อยู่ในรูปของของแข็งหรือของเหลวในบรรยากาศ หรือในกระแสก๊าซที่สภาวะมาตรฐาน

5.2 ฝุ่น ( Dust ) หมายถึง อนุภาคเล็กๆ ของของแข็ง มีขนาดตั้งแต่ 0.1-25 ไมครอน สามารถลอยอยู่ในบรรยากาศได้ชั่วขณะหนึ่งและจะตกลงมาสู่พื้นล่างด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก เกิดขึ้นโดยการจับต้อง การขัดถู การบดให้ละเอียด การกระแทกอย่างแรงการระเบิด การปะทุของสารอินทรีย์หรืออนินทรีย์ เช่น หิน แร่โลหะ ถ่านหิน ไม้ และเมล็ดพืช อันตรายจะขึ้นอยู่กับ ขนาด รูปร่าง คุณสมบัติความเป็นพิษ และปริมาณของฝุ่นที่ได้รับ ฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 5 ไมครอน เรียกว่า Respirable dust เป็นฝุ่นที่มีขนาดเล็กมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า และสามารถหายใจเข้าไป ในปอดส่วนที่เป็นถุงลมปอด ส่วนฝุ่นที่มีขนาดใหญ่กว่า 5 ไมครอน โดยทั่วไปจะไม่ทำอันตรายต่อปอด แต่จะทำให้เกิดอาการระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจส่วนต้น ฝุ่นที่อันตรายได้แก่ ฝุ่นซิลิกา ฝุ่นแอสเบสตอส ส่วนฝุ่นที่เกิดจากสารอินทรีย์ ไม่ค่อยก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกายเรียกว่าฝุ่นเชื้อย เช่น ฝุ่นละอองเกสร ฝุ่นขนสัตว์ เปลือกข้าวและข้าวโพด เป็นต้น

5.3 ละอองลอย ( Aerosol ) ได้จากการฟุ้งกระจายของของเหลวในตัวกลางที่เป็นก๊าซ เป็นอนุภาคที่ประกอบด้วย colloidal มีขนาดใหญ่กว่าโมเลกุล แต่ขนาดไม่ใหญ่พอที่จะตกตะกอนด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก มีขนาดตั้งแต่ 0.01 – 100 ไมครอน

5.4 ี่เถ้า ( Fly ash ) เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง มีขนาดเฉลี่ยประมาณ 3-8 ไมครอน

5.5 ฝุ่นตก ( Dustfall ) หมายถึงฝุ่นละอองที่อยู่ในอากาศและตกลงสู่พื้นเบื้องล่างได้ โดยปกติฝุ่นตกจะเป็นอนุภาคของแข็งที่มีขนาดเล็กมากไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า จนกระทั่งมีขนาดโตมองเห็นได้ มีขนาดโดยเฉลี่ย 20-40 ไมครอน ฝุ่นตกใช้เป็นดัชนีที่สำคัญของมลพิษทางอากาศ

5.6 ฟูม ( Fume ) หมายถึงอนุภาคของของแข็งที่เกิดจากการกลั่นตัว เช่นโลหะถูกความร้อนจนกลายเป็นไอ การทำให้เป็นอนุขาว เมื่อไอเหล่านี้ถูกความเย็นจะควบแน่นกลายเป็นอนุภาคของแข็งเล็กๆ ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของออกไซด์ของโลหะ มีขนาด 0.01-5 ไมครอน

5.7 ควัน ( Smoke ) หมายถึงอนุภาคเล็กๆ ของคาร์บอน ที่เกิดจากเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ไม่สมบูรณ์ มีขนาดเล็กกว่า 1 ไมครอน

5.8 ละออง ( Mist ) หมายถึงละอองที่เกิดขึ้นจากการกลั่นตัวมาจากก๊าซหรือสภาวะของของเหลว หรือเกิดขึ้นจากการทำให้วัตถุเหลวแตกกระจายออกโดยรวดเร็ว เช่นการพ่นสารกำจัดศัตรูพืช

5.9 หมอก ( Fog ) หมายถึงละอองไอน้ำของเหลวที่ฟุ้งกระจายเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ มีขนาด 1-40 ไมครอน ในทางอุตุนิยมวิทยาคือน้ำหรือน้ำแข็งที่ฟุ้งกระจาย

อนุภาคมลสารในอากาศ มีขนาดตั้งแต่ 0.001 ถึง 500 ไมครอน ขนาดที่พบมากในบรรยากาศจะอยู่ในช่วง 0.1-10 ไมครอน ซึ่งเป็นอนุภาคสารแขวนลอย สามารถลอยอยู่ในอากาศ และมีแนวโน้มที่จะแขวนลอยอยู่ในอากาศได้นานเป็นชั่วโมงหรือวัน อนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 0.1 ไมครอน จะมีขนาดใกล้เคียงกับโมเลกุล อนุภาคที่มีขนาด 1-20 ไมครอน จะเคลื่อนที่ไปกับก๊าซที่มันแขวนลอยอยู่ ส่วนอนุภาคที่มีขนาดใหญ่กว่า 20 ไมครอน จะมีอัตราเร็วในการตกตะกอนสูง จึงทำให้แขวนลอยอยู่ในบรรยากาศได้ไม่นาน ขนาดของอนุภาคมลสารต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 5 ( อรุบล โชติพงศ์, 2541 : 2-3 )



ตาราง 5 ขนาดทั่วไปของอนุภาคมลสาร

สาร	ขนาดใหญ่สุด (ไมครอน)	ขนาดเล็กสุด (ไมครอน)
ละอองน้ำ	500	40
ผงถ่านหิน	250	25
ฝุ่น	200	20
ฝุ่นโรงถลุงเหล็ก	200	1
ผงซีเมนต์	150	10
ซีเมนต์	110	3
เกสรดอกไม้	60	20
หมอก	40	1.5
สปอร์ต้นไม้	30	10
แบคทีเรีย	15	1
ยากำจัดแมลงแบบผง	10	0.4
สีฝุ่น	4	0.1
ลมมือ	2	0.001
ควันบุหรี่	1	0.01
ควันน้ำมัน	1	0.03
ควันถ่านหิน	0.2	0.01
ไวรัส	0.05	0.003

ที่มา : มลภาวะทางอากาศ, 2536

## 6. การพ่นสีรถยนต์

### 6.1 ขั้นตอนการพ่นสีรถยนต์

กระบวนการพ่นสีรถยนต์จะเริ่มต้นจากการลอกสีเดิมออก โดยวิธีการเคาะ ชูตเจียร หรือ ใช้น้ำยาลอกสี หลังจากนั้นจะขัดกระดาษทราย ลงสีไป แล้วขัดกระดาษทรายอีกครั้ง เพื่อให้ผิวเรียบ ขั้นตอนต่อไปจะมีการพ่นสีรองพื้นและขัดอีกครั้ง แล้วจะพ่นสีจริง พ่นแลคเกอร์ และขั้นตอนสุดท้ายจะทำการขัดเงา ปริมาณสีที่ใช้พ่นประมาณ 1-3 ลิตรต่อคัน ( อร่าม เริงฤทธิ์ , 2522 )

## 6.2 ประเภทของสีพ่นรถยนต์

สีที่ใช้พ่นรถยนต์และเคลือบชิ้นส่วนรถยนต์เป็นสีที่มีคุณสมบัติ เป็นตัวป้องกันการทำลายหรือป้องกันการกัดกร่อนและให้เกิดความสวยงาม ในการเลือกใช้สีประเภทต่าง ๆ จะขึ้นอยู่กับประเภทและคุณภาพของชิ้นงาน งบประมาณ เวลา หรือแล้วแต่ความประสงค์ของเจ้าของรถยนต์ มีดังนี้ ( อร่าม เริงฤทธิ์ , 2522 ; เถียรชัย บุญยะกุล และสมศักดิ์ นรสิงห์ , 2530 )

6.2.1 สีพื้น ( primer coat ) เป็นสีที่พ่นครั้งแรกกับงานโลหะ มีคุณสมบัติในการเกาะยึดกับแผ่นโลหะได้ดี เป็นตัวเชื่อมกับสีชั้นนอก สร้างความทนทานต่อการกระแทก เพิ่มความเงาและทำให้สีทับหน้าสดใส มีความเข้มข้นของสีสม่ำเสมอ ได้แก่ สีพื้นอย่างไร สีพื้นอย่างชั้น ซิลเลอร์ สีพื้นรวมซิลเลอร์ เป็นต้น

6.2.2 สีโป๊ ( filler ) เป็นสีที่ใช้เพื่อปรับผิวของตัวถังรถยนต์ให้มีลักษณะเรียบ ไม่มีคลื่นและเข้ารูปร่างตามที่ต้องการ ได้แก่ สีโป๊แห้งเร็วอย่างไร สีโป๊อย่างชั้น เป็นต้น

6.2.3 สีทับหน้าหรือสีพ่นรถยนต์ ( top coat or color coat ) ใช้เคลือบงานครั้งสุดท้าย เพื่อเพิ่มความสวยงาม ความทนทาน ได้แก่

6.2.3.1 สีรถยนต์แห้งเร็วหรือสีแลคเกอร์ ( lacquer ) เป็นสีที่พ่นครั้งสุดท้ายในการพ่นต้องผสมกับทินเนอร์และเมื่อพ่นสีเสร็จต้องมีการขัดสีเพื่อให้ละอองสีออกจนกระทั่งสีเรียบจึงจะขัดเงาอีกครั้ง สีประเภทนี้นิยมใช้ในอู่ซ่อมสีรถยนต์ทั่วไป

ก. สีพ่นไนโตรเซลลูโลสแลคเกอร์ ( nitrocellulose lacquer ) เป็นสีที่ให้ ความเงางาม มีความแข็งแรงทนทานสูง ทนความร้อนและทนกรดต่าง ๆ ได้ดี จุดอ่อนคือไม่สามารถสร้างฟิล์มหนา ๆ ได้ จึงต้องมีการพ่นหลายชั้นอาจมากถึง 25 ชั้น

ข. สีพ่นอะคริลิกแลคเกอร์ ( acrylic lacquer ) สีประเภทนี้เมื่อแห้งแล้วจะให้ความเงาแวววาว มีความแข็งแรงพอควร ทนต่อแสงแดดได้ดี ทนสารเคมีพอสมควร มีชื่อทางการค้า ได้แก่ เพลคซิกลาส ( plexiglas ) ลูไซต์ ( lucite ) โพลีกลาส ( polyglas ) เดียวอะคลิก ( duracyl ) เป็นต้น

6.2.3.2 สีพ่นรถยนต์แห้งช้าหรือสีอีนาเมล ( enamel ) เป็นสีที่ทำมาจากยางสังเคราะห์ มีลักษณะแห้งช้า จึงจำเป็นต้องมีการอบให้แห้ง สีชนิดนี้เมื่อพ่นเสร็จจะไม่มีละอองสีเกาะจึงเป็นเงามันทันทีและมีความแข็งแรงทนทานดี ดังนั้นสถานประกอบการพ่นสีรถยนต์ที่ใช้สีแบบนี้จึงต้องมีห้องอบสี ได้แก่

ก. สีแห้งช้าแอลคิล ( alkyl enamel ) ให้ความทนทานประมาณ 2-4 ปี

ข. สีแห้งช้าอะคริลิก ( acrylic enamel ) มีความทนต่อกรด แอลกอฮอล์

## น้ำมันและละอองสารเคมีสูง

ค. สีแห้งข้าโพลียูรีเทน ( polyurethane enamel ) มีความเงาสูง ซีดจาง ยากทนสารเคมี ทนน้ำมัน เป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดี ทนต่อการสึกกร่อน เหนียว ทนความร้อน

## 7. การเก็บตัวอย่างอากาศ

การเก็บตัวอย่างอากาศของไทย อ้างอิงมาจากองค์การของสหรัฐอเมริกา ได้แก่ สถาบันอาชีวอนามัยและความปลอดภัยแห่งชาติ ( National Institute of Occupational Safety & Health , NIOSH ) สมาคมอเมริกันเพื่อการทดสอบและวัสดุ ( The American Society for Testing and Materials , ASTM ) องค์การการบริหารงานด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัย ( OSHA ) ( ประมุข ไอศิริ , 2539 :33 ) และกองอาชีวอนามัย ( 2538 ) รวบรวมไว้ประกอบด้วยดังนี้

### 7.1 ประเภทของการเก็บตัวอย่างอากาศ ( Type of sampling ) มีอยู่ 2 แบบ

7.1.1 เก็บตัวอย่างอากาศทั่วไป ( General area sampling ) มีวัตถุประสงค์เพื่อทราบสภาพการปนเปื้อนของมลพิษในอากาศทั่วไป เช่น ตามถนน สนามกีฬา พื้นที่ในอาคารทั่วไป หรือพื้นที่ในโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น

7.1.2 เก็บตัวอย่างอากาศที่ตัวบุคคล ( Personal sampling ) วัตถุประสงค์เพื่อต้องการให้ตัวเก็บสะสมมลพิษ อยู่ใกล้บริเวณการหายใจของมนุษย์มากที่สุด ( breathing zone ) เป็นการเน้นการปนเปื้อนของอากาศที่คนสูดหายใจเข้าสู่ร่างกาย

### 7.2 วิธีการเก็บตัวอย่างเพื่อทราบระดับการปนเปื้อนในอากาศที่คนงานสัมผัส ( Type of exposure measurement )

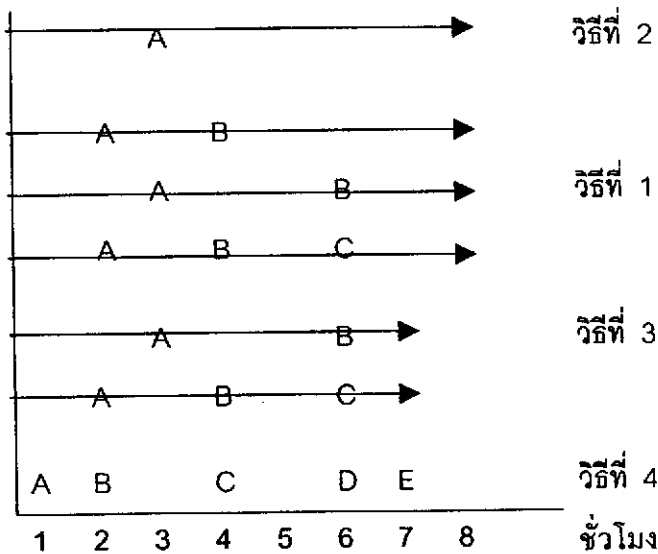
7.2.1 วิธี Full period consecutive sampling วิธีนี้ในเชิงสถิติแล้วเป็นวิธีที่ดีที่สุด เป็นวิธีการเก็บตัวอย่าง 8 ชั่วโมง โดยเปลี่ยนตัวเก็บสะสมตัวอย่าง ( เช่น กระดาษกรอง ) ทุกชั่วโมงหรือทุก 2 ชั่วโมง แต่จะเสียค่าใช้จ่ายมาก ควรเก็บตัวอย่างแบบนี้โดยเปลี่ยนตัวเก็บสะสมตัวอย่างทุก 4 ชั่วโมง ก็เพียงพอสำหรับมาตรฐานของสารเคมีที่กำหนดเป็นค่าเฉลี่ย 8 ชั่วโมง

7.2.2 วิธี Full period single sampling วิธีนี้ในเชิงสถิติแล้วเป็นวิธีที่ดีลำดับที่ 2 รองลงมา เป็นวิธีการเก็บตัวอย่าง 8 ชั่วโมง โดยไม่มีการเปลี่ยนตัวเก็บสะสมตัวอย่าง ต้องมีการวิเคราะห์ตัวอย่างที่ดี ตัวอย่างที่ได้จะให้ผลดี เช่นเดียวกับวิธีที่ 1 ซึ่งเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายกว่าวิธีที่ 1

7.2.3 วิธี Partial period consecutive sampling วิธีนี้ในเชิงสถิติแล้วเป็นวิธีที่ดีลำดับที่ 3 เป็นวิธีการเก็บตัวอย่างไม่ครบ 8 ชั่วโมง โดยเวลาที่ใช้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 70-80 ของเวลาทั้งหมด ถ้าหากว่าทำการเก็บตัวอย่างใน 2 วิธีแรกได้ก็ควรจะหลีกเลี่ยงวิธีนี้

7.2.4 วิธี Grab sampling เป็นการเก็บตัวอย่างแบบสุ่มตัวอย่าง กำหนดเก็บเป็นจุดๆ ในเวลาสั้นๆ อาจต้องใช้ตัวอย่างประมาณ 8- 11 ตัวอย่าง วิธีนี้ต้องพิจารณาลักษณะการทำงานที่เหมือนๆ กัน จึงจะเหมาะสม

ภาพประกอบ 1 วิธีการเก็บตัวอย่างเพื่อทราบระดับการปนเปื้อนในอากาศที่คนงานสัมผัส (Type of exposure measurement)



7.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างอากาศ

7.3.1 เครื่องมือที่อ่านค่าได้ทันที ( Direct reading instruments ) ประกอบด้วยส่วนของตัวรับ ( sensor ) หน้าปัดจะมีสเกลและเข็มชี้หรือแบบบันทึก ใช้ประโยชน์ในการนำไปตรวจวิเคราะห์ภาคสนาม เนื่องจากสามารถทราบผลได้ทันที เหมาะสำหรับการตรวจหามลสาร ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง เพื่อประโยชน์ในการตรวจสอบระบบการควบคุมทางด้านวิศวกรรมของโรงงาน แต่ไม่เหมาะกับการเก็บในระยะ 7 – 8 ชั่วโมง ( กองอาชีวอนามัย,2532 ) ได้แก่

- Detector tube
- Combustible gas meter
- Portable infrared meter เช่น Miran<sup>R</sup> ,Ecolyzer<sup>R</sup>

7.3.2 เครื่องมือที่ต้องส่งตัวอย่างเข้าวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ อาศัยหลักการให้อากาศเข้าไปแทนที่ ประกอบด้วย

7.3.2.1 ตัวดูดอากาศ ( Air removers ) ได้แก่ บั้ม เป็นเครื่องมือสำคัญในการดูดอากาศเข้ามาเพื่อเก็บนำไปตรวจวิเคราะห์ มี 4 ประเภท

- High flow device ( 10-100 l/min )
- Gravimetric and particulate samplers ( 1-6 l/min )
- Low flow sample pumps for gases and vapours ( 20 -200 m<sup>3</sup>/min )
- Hand pumps

7.3.2.2 ตัวเก็บสะสมสิ่งปนเปื้อนในอากาศ ( Collecting device or sampling head ) แบ่งเป็น

- ขวดแก้วเก็บอากาศ เช่น simple bubbler, impinger, fritted glass bubbler
- หลอดแก้วเก็บอากาศ ซึ่งภายในหลอดบรรจุ silica gel หรือ activated charcoal
- กระดาษกรอง ได้แก่ ชนิด MCEF ( mixed cellulose ester filter ) , GFF ( glass fiber filter ) , LAPVC ( low ash polyvinyl chloride ) , AgM ( silver membrane )
- อุปกรณ์เก็บอากาศชนิดอื่น เช่น cyclone, cascade impactor, elutriator เป็นต้น

8. เทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรสโกปี ( Atomic absorption spectroscopy, AAS )

เทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรสโกปี ( AAS ) เป็นเทคนิคการวิเคราะห์ธาตุสามารถวิเคราะห์ได้ทั้งเชิงคุณภาพ ( qualitative analysis ) และเชิงปริมาณ ( quantitative analysis ) มีความถูกต้อง ( accuracy ) ความแม่นยำ ( precision ) ความไว ( sensitivity ) สูง สามารถวิเคราะห์ธาตุต่างๆได้ถึง 67 ธาตุ หลักการของอะตอมมิกแอบซอร์พชัน ใช้หลักการดูดกลืนแสงของอะตอม โดยอะตอมอิสระของธาตุแต่ละชนิดจะดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่นแตกต่างกัน

เฉพาะตัว ธาตุแต่ละชนิด จะมีการดูดกลืนพลังงานแตกต่างกัน เนื่องจากมีระดับพลังงานในอะตอมแตกต่างกันเทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์พชันที่ใช้มีหลายวิธี ดังนี้

8.1 Flame atomization technique ใช้กระบวนการทำให้สารตัวอย่างแตกตัวเป็นอะตอมอิสระด้วยเปลวไฟ(flame)ที่เหมาะสม เทคนิคนี้จะเสียค่าใช้จ่ายน้อย

8.2 Flameless technique หรือ non-flame atomization technique ใช้กระบวนการทำให้สารตัวอย่างสลายตัวเป็นอะตอมอิสระด้วยความร้อนจากกระแสไฟฟ้า ( electrothermal atomizer หรือ graphite furnace ) เทคนิคนี้จะเสียค่าใช้จ่ายสูงกว่าวิธีแรก

8.3 Hydride generation technique เป็นวิธีที่ทำให้อะตอมของธาตุแตกตัวในบรรยากาศที่ปราศจากออกซิเจน ซึ่งไม่สามารถใช้วิธีที่ 1 และวิธีที่ 2 ที่กล่าวมาแล้วได้ โดยใช้วิธีทำให้ธาตุเหล่านี้กลายเป็นสารที่เป็นไอที่อุณหภูมิห้องด้วยการรีดิวซ์ให้เป็นไฮไดรด์ แล้วให้ไฮไดรด์ผ่านเข้าไปในเปลวไฟไฮโดรเจน ความร้อนจากเปลวไฟจะทำให้ธาตุกลายเป็นอะตอมเสรีได้ เช่นการวิเคราะห์ของธาตุ As, Se, Te, Ge, Bi และSb

8.4 Cold vapor generation technique วิธีนี้เหมาะที่จะใช้เป็นวิธีวิเคราะห์ธาตุที่สามารถเปลี่ยนสถานะเป็นไอได้ง่ายๆ เช่นปรอท

### วัตถุประสงค์

1. เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณความเข้มข้นของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม ในบรรยากาศการทำงานของช่างพ่นสี ที่ทำงานภายในสถานประกอบการพ่นสีรถยนต์ในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา
2. เพื่อสำรวจสภาพแวดล้อมทั่วไปและการจัดการด้านสิ่งแวดล้อมในสถานประกอบการพ่นสีรถยนต์ ที่มีผลต่อการได้รับตะกั่ว แคดเมียมและโครเมียม เข้าสู่ร่างกายขณะทำงาน
3. เพื่อประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งเนื่องจากการได้รับแคดเมียมและโครเมียม ในบรรยากาศการทำงานของช่างพ่นสี

### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ช่วยให้ทราบข้อมูลสภาพแวดล้อมทั่วไปของอุ้งพันสัตว์ยนต์
2. ทำให้ทราบถึงปริมาณความเข้มข้นของสารตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม

ในบรรยากาศการทำงานของช่างฟันสี

3. ทำให้ทราบถึงความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งจากการได้รับ แคดเมียม และโครเมียม  
ของช่างฟันสีในที่ทำงาน

4. สามารถใช้ในการวางแผนการบริหารความเสี่ยงในสถานประกอบการฟันสัตว์ยนต์