บทที่ 2
แมงกานีส

2.1 แหล่งกำเนิดของแมงกานีสในสิ่งแวดล้อม

2.1.1 แหล่งกำเนิดจากธรรมชาติ (Natural Occurrence)

แมงกานีสกระจายอยู่ทั่วไปในธรรมชาติทั้งในดิน ตะกอน หิน น้ำ และในสิ่งมีชีวิต แต่ไม่ได้อยู่อย่างอิสระส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของสารประกอบต่าง ๆ เช่น

2.1.1.1 ไพโรลูไซท์ หรือแมงกานีสไดออกไซด์ (Pyrolusite or manganese dioxide, MnO_2)

2.1.1.2 ไซโลมีเลน (Psilomelane, $(4MnO_2)(Mn,BaK)O.nH_2O$)

2.1.1.3 แมงกาไนท์ (Manganite, $MnOOH$ or $Mn_2O_3.H_2O$)

2.1.1.4 บราวไนท์ ($3Mn_2O_3.MnSiO_3$)

2.1.1.5 โรโดโครไซท์ ($MnCO_3$)

2.1.1.6 โรโดไนท์ ($MnSiO_3$)

2.1.1.7 ฮอสแมนไนท์ (Mn_3O_4)

สำหรับความเข้มข้นเฉลี่ยของแมงกานีสในดินอยู่ในช่วงประมาณ 500 ถึง 900 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และในน้ำทะเลอยู่ในช่วง 0.1 ถึง 0.5 ไมโครกรัมต่อลิตร ที่ผิวน้ำจะมีอยู่ราว 1 ถึง 500 ไมโครกรัมต่อลิตร แต่สำหรับบริเวณที่มีแมงกานีสปรากฏอยู่ในธรรมชาติมากความเข้มข้นของแมงกานีสย่อมจะมากเพิ่มขึ้นด้วย สำหรับในน้ำดื่มจะมีแมงกานีสอยู่ในช่วง 5 ถึง 25 ไมโครกรัมต่อลิตร (WHO,1981)

ในอาหารโดยทั่วไปจะมีแมงกานีสอยู่ต่ำกว่า 5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่อย่างไรก็ตามปริมาณแมงกานีสในข้าว ถั่วชนิดหนึ่ง (nut) หรือลูกนัทและหอยต่างๆ อาจพบมากกว่า 30 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และในใบชาแห้งอาจพบมากถึงหลายร้อยมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (WHO,1981)

ส่วนแมงกานีสในอากาศความเข้มข้นเฉลี่ยตลอดปีในชนบท และในเมืองที่ปราศจากมลภาวะจะพบอยู่ราว 0.01 ถึง 0.07 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร อย่างไรก็ตามในบริเวณย่านอุตสาหกรรมที่มีการใช้แมงกานีสจะพบว่าค่าเฉลี่ยตลอดปี

จะสูงราว 0.5 ไมโครกรัมต่อลูกบาศ์กเมตร และบางกรณีอาจเกินกว่า 8 ไมโครกรัมต่อลูกบาศ์กเมตร ประมาณ 80 เปอร์เซนต์ของแมงกานีสจะอยู่ในรูปอนุภาคแขวนลอยมีขนาดน้อยกว่า 5 ไมครอน (mass median equivalent diameter,MMED) (WHO, 1981)

2.1.2 แหล่งกำเนิดจากอุตสาหกรรม (Industrial Production)

ฟูม ฝุ่นและไอจากขบวนการทางโลหะกรรม การทำเหมืองแร่ หล่อเหล็กกล้า และการเชื่อม ตัดโลหะ อาจทำให้เกิดแมงกานีสในรูปของแมงกานีสไดออกไซด์สิ่งเหล่านี้จะเป็นแหล่งมลภาวะในสิ่งแวดล้อม

2.2 <u>คุณสมบัติที่สำคัญของแมงกานีสมีดังนี้</u>

- เป็นโลหะสีขาวหรือเทาคล้ายกับเหล็กมากแต่แข็งและเปราะกว่า ว่องไวต่อปฏิกริยาเคมี เมื่อทิ้งไว้ในอากาศจะทำปฏิกริยากับออกซิเจนกลายเป็นแมงกานีสไดออกไซด์มีสีดำ
- น้ำหนักอะตอม 54.938
- ความหนาแน่น 7.43 กรัมต่อลูกบาศ์กเซนติเมตร
- จุดหลอมเหลว 1,244 องศาเซลเซียส
- จุดเดือด 1,962 องศาเซลเซียส
- สามารถละลายในกรดอนินทรีย์ต่างๆ

2.3 <u>การนำแมงกานีสมาใช้ประโยชน์ทางอุตสาหกรรม</u>

ในสมัยก่อนมีการนำแมงกานีสใส่ลงในการหลอมแก้วเพื่อทำให้แก้วใสขึ้น และยังใช้เป็นสีดำในการทำเครื่องเคลือบดินเผา ต่อมาได้มีการนำแมงกานีสผสมในขบวนการทำเหล็กกล้า พบว่าทำให้เหล็กกล้ามีความเหนียวและแข็งขึ้น อุปกรณ์และเครื่องจักรต่างๆที่ทำจากเหล็กกล้านี้ จะทนต่อการรับน้ำหนักได้มากกว่า ทนต่ออุณหภูมิและความกดดันสูงได้ดี นอกจากนั้นยังทนต่อสภาพการกัดกร่อนของกรดและด่างอีกด้วยแมงกานีสจึงกลายมาเป็นแร่ที่มีความสำคัญต่อการอุตสาหกรรมมาก เช่นเดียวกับแร่เหล็ก สำหรับการนำแมงกานีสมาใช้ประโยชน์ในทางอุตสาหกรรมนั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่

2.3.1 การใช้แมงกานีสในทางโลหะกรรม (metallurgical uses) จะใช้แร่ที่มีเปอร์เซนต์ของแมงกานีสค่อนข้างต่ำ ได้แก่ เฟอร์โรแมงกานีส (ferromanganese) สไปเจไลเซน (speigeleisen) และซิลิโคแมงกานีส (silicomanganese) เป็นต้น โดยนำมาใช้ประโยชน์ในการทำโลหะผสม เช่น ใช้เป็นส่วนผสมในการทำเหล็กกล้า (steel) หรือเหล็กหล่อ (cast iron) เพื่อทำให้คุณสมบัติบางประการดีขึ้น เช่น เพิ่มความแข็ง ความเหนียว หรือทนต่อการกัดกร่อนของกรดและด่าง

2.3.2 การใช้แมงกานีสในทางอโลหะกรรม (non-metallurgical uses) ส่วนใหญ่จะใช้แร่ที่มีเปอร์เซนต์ของแมงกานีสสูง เช่น ไพโรลูไซท์ อุตสาหกรรมที่ใช้แมงกานีสในทางอโลหะกรรม ได้แก่

2.3.2.1 อุตสาหกรรมการผลิตถ่านไฟฉายส่วนมากใช้แร่แมงกานีสไดออกไซด์โดยใช้เป็นตัวดีโพลาไรเซอร์ (depolarizer) แร่นี้จะมีแมงกานีสเป็นองค์ประกอบอยู่มากกว่า 72 เปอร์เซนต์ มีเหล็กปนอยู่ไม่เกิน 2.5 เปอร์เซนต์ และไม่มีโลหะอย่างอื่นเจือปน เนื้อแร่ด้านไม่มีรูปผลึก

2.3.2.2 อุตสาหกรรมเคมีบางประเภท เช่น การทำด่างทับทิม ($KMnO_4$) หรือการทำสารเคมีที่ใช้ในการฟอกหนัง เป็นต้น

2.3.2.3 อุตสาหกรรมการผลิตวัสดุภัฑฑ์เคมีซึ่งจำเป็นต้องแมงกานีสเป็นส่วนประกอบ ได้แก่ การทำสีย้อมผ้า สีทาบ้าน ทำปุยสังเคราะห์ ผสมให้เกิดสีในเครื่องเคลือบเซรามิก และผสมในการทำอิฐทนความร้อนสูง

2.3.2.4 อุตสาหกรรมยา ใช้ทำยาฆ่าเชื้อรา เป็นต้น

2.4 ความจำเป็นของแมงกานีสต่อร่างกายมนุษย์

แมงกานีสเป็นแร่ธาตุที่มีความจำเป็นต่อร่างกายทั้งคนและสัตว์ โดยจะมีส่วนช่วยในการสร้างกระดูก เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน การเจริญเติบโตของร่างกาย และหน้าที่สำคัญทางชีวเคมีโดยแมงกานีสจะทำหน้าที่คล้ายกับตัวเร่งปฏิกริยาของกลูโคซามีนเซรีน (glucosamineserine) ในการสังเคราะห์มิวโคโพลีแซคคาไรด์ (mucopolysaccharides) ของกระดูกอ่อน

ความต้องการของแมงกานีสเพื่อให้เกิดความสมดุลย์ของร่างกายมนุษย์นั้น

ในผู้ใหญ่ต้องการประมาณ 2-3 มิลลิกรัมต่อวัน (WHO,1973) และในเด็กอย่างน้อยที่สุด 1.25 มิลลิกรัมต่อวัน (Engel et al,1967)

ในกรณีที่ร่างกายขาดแคลนแมงกานีส จะทำให้เกิดความผิดปกติคือจะมีผลทำให้การเจริญเติบโตของกระดูกและโครงสร้างผิดปกติ การเจริญเติบโตของหูชั้นในไม่สมบูรณ์ และทำให้ตับอ่อนผิดปกติความผิดปกติต่างๆ เหล่านี้มักจะพบกับเด็กในระยะที่กำลังเจริญเติบโต นอกจากนั้นยังมีผลต่อระบบสืบพันธุ์และการทำงานของสมองอีกด้วย

2.5 <u>ทางที่แมงกานีสเข้าสู่ร่างกาย</u>

แมงกานีสเข้าสู่ร่างกายได้ 3 ทางด้วยกัน คือ

2.5.1 ทางระบบทางเดินหายใจ เป็นทางเข้าที่สำคัญที่สุด โดยการสูดหายใจเอาฝุ่น หรือฟูมของแมงกานีสเข้าสู่ปอด แล้วกระจายไปยังระบบต่างๆ ทั่วร่างกายขนาดของฝุ่นแมงกานีสที่หายใจเข้าไปจนถึงถุงลมของปอดนั้นนับว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญอันหนึ่งในอันที่จะทำให้เกิดอันตรายต่อระบบหายใจ เพราะระบบทางเดินหายใจมีกลไกที่จะป้องกันสิ่งแปลกปลอมที่จะผ่านเข้าไป เช่น มีเยื่อเมือกคอยจับฝุ่นหรือสิ่งแปลกปลอมที่มีขนาดใหญ่ แล้วขับออกมาในรูปของเสมหะ โดยทั่วไปแล้วฝุ่นที่จะเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจได้นั้นจะมีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน นอกจากขนาดแล้วประจุไฟฟ้า (electric charge) ของฝุ่นยังมีผลต่อการเกาะติดอยู่ตามทางเดินระบบหายใจ คือ ฝุ่นของแมงกานีสที่เป็นประจุบวกสามารถเกาะติดอยู่ตามระบบทางเดินหายใจได้มากกว่าประจุลบถึง 33 เปอร์เซนต์

2.5.2 ทางระบบทางเดินอาหารโดยการรับประทานอาหารหรือน้ำดื่มที่มีแมงกานีสปนอยู่ โดยมากจะพบได้น้อย อาจพบได้ในกรณีของอุบัติเหตุ หรือการไม่ระมัดระวังในการระบบประทานอาหารหรือน้ำดื่ม เช่น มีการรับประทานอาหารหรือน้ำดื่มในบริเวณที่มีการทำงานเกี่ยวข้องกับแมงกานีส นอกจากนั้นการเกิดเสมหะที่ระบบหายใจเนื่องจากมีการขับเอาฝุ่นของแมงกานีสออกมาแล้วกลืนกลับเข้าระบบทางเดินอาหารก็ทำให้ร่างกายได้รับฝุ่นของแมงกานีสเช่นกัน

2.5.3 ทางผิวหนังนับว่าเป็นทางที่ร่างกายมีโอกาสได้รับแมงกานีสน้อยที่สุด มีสารประกอบของแมงกานีสบางชนิดเท่านั้นที่สามารถเข้าทางผิวหนังได้

จากที่ได้กล่าวมาข้างต้นแล้วว่า แมงกานีสเข้าสู่ร่างกายได้มากที่สุดโดยระบบทางเดินหายใจ คนงานจะสูดเอาแมงกานีสที่ลอยฟุ้งกระจายอยู่ในบรรยากาศเข้าไป ซึ่งลักษณะของแมงกานีสที่ลอยฟุ้งอยู่ในบรรยากาศนี้ สามารถแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะด้วยกันคือ

2.5.3.1 ในรูปของฟูม (fume) เกิดจากการที่แมงกานีสหลอมเหลวกลายเป็นไอ เมื่อกระทบความเย็นจะกลั่นตัวเป็นของแข็งขนาดเล็กลอยฟุ้งกระจายอยู่ในบรรยากาศ โดยทั่วไปแล้วฟูมที่เกิดขึ้นนี้จะมีขนาดเล็กกว่า 1 ไมครอน ฉะนั้นความมีพิษของฟูมจึงสูง เพราะว่าสามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจได้มาก สำหรับคนงานที่มีโอกาสได้รับฟูมของแมงกานีสได้แก่ คนงานที่เตาหลอมโลหะผสม เช่น บริเวณเตาหลอมของโรงงานทำเหล็กกล้าที่มีการผสมแร่แมงกานีสลงไป

2.5.3.2 ในรูปของฝุ่น (dust) ฝุ่นชนิดนี้จะมีขนาดใหญ่ประมาณ 1-150 ไมครอน จะพบมากในขณะที่มีการขนส่ง บด ร่อน หรือผสมแร่แมงกานีส เช่นในเหมืองแร่แมงกานีส โรงงานบดแร่ โรงงานทำเหล็กกล้า โรงงานถ่านไฟฉาย และโรงงานทำสารเคมีที่เกี่ยวข้องกับแมงกานีส เป็นต้น

2.6 การสะสมและการแพร่กระจายของแมงกานีสในร่างกาย

ปกติแมงกานีสจะมีการแพร่กระจายและไปสะสมอยู่โดยทั่วไปตามอวัยวะต่างๆ ของร่างกายความเข้มข้นที่มีนั้นจะขึ้นอยู่กับชนิดของอวัยวะและเนื้อเยื่อ สำหรับคนที่มีน้ำหนัก 70 กิโลกรัม จะมีแมงกานีสอยู่ทั้งหมดประมาณ 10-12 มิลลิกรัม (Kitamura et al. 1974)

โดยทั่วไปแล้วแมงกานีสจะมีมากในเนื้อเยื่อหรืออวัยวะที่มีไมโตคอนเดรีย (mitochondria) มาก และจะมีมากขึ้นในไมโตคอนเดรียเอง (Maynard & Cotzias,1955,Thiers & Vallee,1957) ยกเว้นบริเวณสมองจะมีความเข้มข้นของแมงกานีสค่อนข้างต่ำ นอกจากนั้นยังพบว่าแนวโน้มความเข้มข้นของแมงกานีสจะสูงขึ้นในเนื้อเยื่อที่มีสี (pigment) เช่น ผมดำ หรือผิวดำ

รายงานการศึกษาความเข้มข้นของแมงกานีสที่สะสมอยู่ในเนื้อเยื่อต่างๆ จากนักวิจัย 4 คน ซึ่งหาความเข้มข้นของแมงกานีสในเนื้อเยื่อของคนที่ไม่ทราบถึงอาชีพหรือเงื่อนไขอื่นๆ เกี่ยวกับการได้รับแมงกานีส Kehoe et al,1940,Tipton

& Cook(1963) และ Underwood (1971) ได้ทำการศึกษาในสหรัฐอเมริกา ส่วน Kitamura (1974) ได้ศึกษาในชายและหญิงชาวญี่ปุ่นอย่างละ 15 คน ซึ่งเสียชีวิตเนื่องจากอุบัติเหตุ จากผลของการศึกษาในรายงานทั้งหมดนี้ พบว่า ความเข้มข้นของแมงกานีสสูงที่เนื้อเยื่อของตับ ตับอ่อน ไต และลำไส้ ดังแสดงในตารางที่ 2.1

2.7 <u>การแพ้พิษแมงกานีส</u>

เนื่องจากการรับแมงกานีสเข้าสู่ร่างกายนั้น ทางที่สำคัญที่สุดได้แก่ ระบบทางเดินหายใจ เมื่อมีการสูดหายใจเอาฝุ่นของแมงกานีสเข้าไปความเป็นพิษของแมงกานีส จะมีผลต่ออวัยวะต่างๆ นับตั้งแต่ปอด ตับ ประสาทส่วนกลาง และระบบเลือดของร่างกายปกติแล้วการแพ้พิษจากแมงกานีสซึ่งเกี่ยวกับงานอุตสาหกรรมนั้น ส่วนมากมักจะเป็นชนิดเรื้อรัง (chronic) โดยทั่วไปจะเกิดมากกับระบบประสาทส่วนกลาง และพบบ้างในส่วนที่เกี่ยวกับปอด สำหรับการแพ้พิษในกรณีเฉียบพลัน (acute) นั้นไม่ค่อยพบบ่อยนัก ซึ่งลักษณะและอาการของการแพ้พิษแมงกานีสสามารถสรุปได้ดังนี้

2.7.1 การแพ้พิษแมงกานีสชนิดเฉียบพลัน (acute manganese poisoning) เกิดขึ้นเนื่องจากสูดหายใจเอาฝุ่นหรือฟูมของแมงกานีสที่มีความเข้มข้นสูงเข้าไป แล้วจะทำให้เกิดอาการไข้ ลักษณะเช่นนี้เกิดแบบเดียวกับอาการไข้เนื่องจากฟูมของโลหะ (metal fume) คือ มีอาการคลื่นไส้ อาเจียน คอแห้ง ไอ อ่อนเพลีย ปวดหัว ปวดกล้ามเนื้อ และมีไข้ อาการที่เกิดขึ้นนี้จะปรากฏภายหลังจากได้รับแมงกานีสเข้าไปแล้วหลายชั่วโมง และจะเป็นปกติภายใน 1-2 วัน

2.7.2 การแพ้พิษแมงกานีสชนิดเรื้อรัง (chronic manganese poisoning) การแพ้พิษแมงกานีสชนิดเรื้อรังนี้ เป็นโรคที่เกิดโดยทั่วไปกับผู้ประกอบอาชีพในงานอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับการสัมผัสกับแร่แมงกานีส เกิดขึ้นเนื่องจากการได้รับแมงกานีสเข้าสู่ร่างกายซ้ำๆ กันเป็นเวลานาน อาการที่เกิดมักจะมีผลต่อระบบประสาทส่วนกลาง (central nervous system) และพบบ้างในส่วนที่เกี่ยวกับปอด

อาการแพ้พิษแมงกานีสชนิดเรื้อรัง ที่เกิดขึ้นกับระบบประสาท

และปอดพอสรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 2.1 ความเข้มข้นของแมงกานีสในเนื้อเยื่อร่างกายมนุษย์ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)

เนื้อเยื่อ	ผู้ทำการศึกษา			
	Kehoe et al (1940)	Tipton & Cook (1963)	Underwood (1971)	Kitamura (1974)
เส้นเลือดแดง	-	0.11	0.19	-
สมอง	0.30	0.27	0.34	0.25
ไขมัน	-	-	-	0.07
หัวใจ	0.32	0.22	0.23	0.19
ลำไส้	0.35	-	-	-
ไต	0.60	0.90	0.93	0.58
ตับ	2.05	1.30	1.68	1.20
ปอด	0.22	0.19	0.34	0.21
กล้ามเนื้อ	-	0.06	0.09	0.08
รังไข่	-	0.16	0.19	0.19
ตับอ่อน	-	1.18	1.21	0.74
ม้าม	-	0.13	0.22	0.08
อัณฑะ	-	0.13	0.19	0.20
หลอดลม	-	0.19	-	0.22
กระดูกซี่โครง	-	-	-	0.06

2.7.2.1 ประเภทที่มีผลต่อระบบประสาท แมงกานีสเมื่อเข้าสู่ร่างกายในจำนวนที่มากพอแล้วจะไปมีผลต่อระบบส่วนกลาง เชื่อกันว่าพิษของแมงกานีสนั้นมีผลโดยตรงต่อการทำลายสมองหรือต่อการสร้างสารบางตัวที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของสมอง จึงทำให้สมองและการทำงานของสมองผิดปกติ

อาการโดยทั่วไปที่มีผลต่อระบบประสาท แบ่งเป็นระยะๆ ดังนี้

2.7.2.1.1 ระยะเริ่มแรก ผู้ที่สัมผัสกับแมงกานีสจะปรากฏอาการในระหว่าง 6 เดือนถึง 2 ปี แต่บางรายอาจนานถึง 24 ปี (Patty,1981) อาการอาจเริ่มด้วยการเป็นไข้ ปวดศรีษะ กล้ามเนื้อไม่มีแรง เบื่ออาหาร ไม่สนใจสภาพแวดล้อม ไม่ดีใจหรือเสียใจ นอนไม่ค่อยหลับเป็นครั้งคราว พูดจาน้อย ความรู้สึกทางเพศเสื่อมถอยลง

2.7.2.1.2 ระยะกลาง อาการจากระยะแรกจะปรากฏมากขึ้นเป็นตะคริวบ่อย ปวดกล้ามเนื้อย่อย ไม่ค่อยพูดจา เวลาพูดไม่เปลี่ยนระดับเสียง พูดช้าและไม่ชัดเจน ใบหน้าไม่แสดงความยินดียินร้าย เมื่อหัวเราะกล้ามเนื้อจะเกร็งไปทั่วไปหน้า เฉื่อยชา เวลาเดินมีอาการกระตุก

2.7.2.1.3 ระยะเต็มที่ ระยะนี้อาการต่างๆ จะรุนแรงขึ้น เวลาเดินจะมีอาการกระตุกมากขึ้น ท่าเดินแกว่งไปแกว่งมา ก้าวขาสั้นๆ เดินหัวชุนไปข้างหน้า หกล้มบ่อยๆ การเดินมีลักษณะคล้ายเป็ดหรือไก่ มีการกระตุกของปลายแขนปลายขา อารมย์ไม่แน่นอน หัวเราะและร้องให้โดยไม่มีสาเหตุ กลืนน้ำลายลำบากทำให้น้ำลายยืดตลอดเวลา พูดไม่มีเสียงหรือเสียงแหบเหมือนเป็ดช่วยตัวเองไม่ได้และในที่สุดอาจมีอาการอัมพาตของร่างกายเป็นบางส่วน ความรุนแรงของโรคแพ้พิษที่มีต่อระบบประสาทนี้ ส่วนใหญ่แล้วจะไม่ทำให้ถึงกับเสียชีวิต แต่มักจะทำให้ผู้เป็นโรคเกิดความพิการเป็นอัมพาตอย่างถาวร การรักษาต้องเริ่มตั้งแต่ระยะแรกของการเกิดอาการจึงจะสามารถทำให้หายหรือทุเลาขึ้นได้

2.7.2.2 ประเภทที่มีผลต่อปอด เกิดจากการสูดหายใจเอาฝุ่นหรือฟูมของแมงกานีสเข้าไป อาจทำให้เกิดอาการปอดบวม (manganese pneumonia) โดยมีอารเริ่มต้นด้วยเจ็บคอ เป็นไข้ มีเสมหะ ต่อมาเริ่มเป็นไข้สูง หนาวสั่น ปวดกล้ามเนื้อทั่วร่างกาย เจ็บหน้าอก อาการเหล่านี้จะเหมือนกับอาการปอดบวมโดยทั่วไป ความรุนแรงของโรคปอดบวมเนื่องจากแพ้พิษของแมงกานีสนี้ ถ้าเป็นมากจะมีโอ

กาสทำให้เสียชีวิตได้ แต่ในกรณีที่เริ่มพบอาการแล้วแยกผู้ป่วยออกจากสถานที่ทำงาน และให้การรักษาอย่างถูกต้องก็จะหายเป็นปกติได้

2.8 การขับถ่ายแมงกานีสออกจากร่างกาย

เมื่อแมงกานีสถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายไม่ว่าจะทางใดทางหนึ่งก็ตาม บางส่วนที่เกินกว่าความสามารถของร่างกายจะรับไว้ได้จะถูกขับออกภายนอก เกือบจะทั้งหมดของแมงกานีสที่ถูกขับออกสู่ภายนอกจะออกมาทางอุจจาระ และจะออกมาทางปัสสาวะเป็นส่วนน้อยเท่านั้น จากการศึกษาในคนพบว่าแมงกานีสปริมาณเพียง 0.1-1.3 เปอร์เซนต์ ของที่ร่างกายรับเข้าไปจะถูกขับออกทางปัสสาวะ (Mcleod & Robinson,1972) นอกจากนั้น แมงกานีสยังสามารถออกมากับเหงื่อ ผม และเล็บได้อีกด้วย ซึ่งแมงกานีสเมื่อเข้าไปสะสมในร่างกาย (whole body) จะมีค่าครึ่งชีวิตทางชีววิทยา (biological half-life) ประมาณ 4 วัน

2.9 ปัจจัยที่มีผลต่อความรุนแรงของการแพ้พิษแมงกานิส

การที่ร่างกายจะเกิดอาการแพ้พิษของแมงกานีสนั้น มีปัจจัยหลายอย่างซึ่งเอื้ออำนวย และมีส่วนร่วมกันในอันที่จะทำให้เกิดโรค ปัจจัยเหล่านี้ที่สำคัญๆ ได้แก่

2.9.1 ขนาดของฝุ่นที่ได้รับเข้าสู่ร่างกายปกติแล้วฝุ่นขนาดใหญ่จะถูกขับออกจากระบบทางเดินหายใจ เช่น ถูกขับออกมาเป็นเสมหะ ฝุ่นขนาดเล็กเท่านั้นที่สามารถผ่านเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจได้ดี (ขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน) การได้รับฟูม (fume) ของแมงกานีสมักจะก่อให้เกิดพิษได้มากกว่าได้รับฝุ่น (dust) ของแมงกานีส เพราะฟูมมีขนาดเล็กกว่าฝุ่นมาก จึงสามารถผ่านระบบหายใจเข้าสู่ถุงลมของปอดได้ดีกว่า

2.9.2 ปริมาณของแมงกานีสที่ได้รับเข้าสู่ร่างกาย ความสามารถในการขับถ่ายแมงกานีสออกจากร่างกายนั้นมีขีดจำกัด ฉะนั้นถ้าหากร่างกายได้รับแมงกานีสในปริมาณที่มากย่อมจะทำให้มีแมงกานีสจำนวนหนึ่งเหลือสะสมอยู่ ก่อให้เกิดพิษได้

2.9.3 ระยะเวลาการทำงานที่โอกาสสัมผัสกับฝุ่นแมงกานีส การทำงานในบริเวณที่มีโอกาสรับเอาฝุ่นของแมงกานีสเข้าสู่ร่างกาย ถ้าทำในระยะเวลาไม่นานการสะสมของแมงกานีสในร่างกายก็มีน้อย แต่ถ้ามีการได้รับฝุ่นของแมงกานีส

เข้าไปเป็นเวลานานปริมาณของแมงกานีสในร่างกายย่อมมีมากจนอาจก่อให้เกิดความเป็นพิษได้ ฉะนั้นการทำงานในแผนกที่มีโอกาสสัมผัสกับแมงกานีสมาก จึงควรที่จะได้มีการสับเปลี่ยนหน้าที่การทำงานของคนงาน เมื่อทำงานไปได้ช่วงระยะเวลาหนึ่ง เพื่อป้องกันการสะสมของแมงกานีสในร่างกาย

2.9.4 ความต้านทานเฉพาะหรือความสมบูรณ์ของร่างกาย การที่ระยะเวลาในการแสดงอาการของโรคที่เกิดจากการแพ้พิษของแมงกานีสนั้นแตกต่างกัน ปัจจัยที่สำคัญอันหนึ่งก็คือความต้านทานเฉพาะบุคคล ซึ่งอาจจะเนื่องมาจากความสามารถในการสะสมหรือขับถ่ายแมงกานีสออกจากร่างกายได้มากกว่าบุคคลอื่นอาการอาจจะปรากฏเมื่อสุขภาพร่างกายอ่อนแอลง

2.9.5 อายุของผู้ทำงานสัมผัสกับแมงกานีส เด็กหรือคนชราย่อมไวต่อการเกิดโรคสูงกว่าคนวัยหนุ่มสาว เป็นต้น

2.10 บุคคลที่เสี่ยงต่อการได้รับพิษของแมงกานีส

เนื่องจากแมงกานีสเป็นแร่ที่มีความจำเป็นและมีการใช้กันอย่างแพร่หลายในงานอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมการผลิตถ่านไฟฉาย อุตสาหกรรมหล่อเหล็กเหนียว หรืออุตสาหกรรมเกี่ยวกับสารเคมีที่ใช้แมงกานีสเป็นวัตถุดิบ เป็นต้น คนงานที่ทำงานเกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมเหล่านี้ หรือประชาชนที่อาศัยอยู่ในบริเวณใกล้เคียงย่อมมีโอกาสที่จะได้รับแมงกานีสเข้าสู่ร่างกาย โดยอาจจะได้รับทางอาหารหรือน้ำดื่ม และที่สำคัญก็ได้แก่ระบบทางเดินหายใจ โดยมีการฟุ้งกระจายของแมงกานีสสู่บรรยากาศในรูปของฝุ่นละออง แต่อย่างไรก็ตามเราพอจะจำแนกประเภทของกลุ่มบุคคลที่มีความเสี่ยงสูง (high risk groups) ต่อการได้รับพิษของแมงกานีสออกได้ดังนี้

2.10.1 กรรมกรในหมืองแร่แมงกานีส เหมืองส่วนใหญ่จะเป็นเหมืองเปิดมีกรรมวิธีการผลิตง่ายๆ โดยการขุดแร่มาล้างน้ำให้สะอาด นำไปตากแห้ง แยกแร่ ร่อนแร่ บดแร่ และบรรจุแร่ใส่ถุง นำส่งออกไปจำหน่าย กรรมกรที่เกี่ยวข้องกับกรรมวิธีดังกล่าวนี้ ถ้าไม่ระมัดระวัง หรือป้องกันให้ดีพอย่อมจะได้รับแมงกานีสเข้าสู่ร่างกาย และถ้ามากพอก็อาจจะก่อให้เกิดพิษได้

2.10.2 คนงานในโรงงานถ่านไฟฉาย คนงานเหล่านี้มีโอกาสจะได้รับ

014127

แมงกานีสเข้าสู่ร่างกายเพราะในการผลิตถ่านไฟฉายนั้น ใช้แมงกานีสเป็นวัตถุดิบที่สำคัญในการผลิต และเปอร์เซนต์ของแมงกานีสที่ใช้นั้นค่อนข้างสูง คือส่วนใหญ่จะมากกว่า 72 เปอร์เซนต์ คนงานที่มีโอกาสสัมผัสมากได้แก่ คนงานในแผนกบดแร่ให้ละเอียด แผนกผสมแร่แมงกานีสกับสารเคมีหรือวัตถุดิบอื่นๆ และแผนกอัดก้อนถ่านซึ่งจะเป็นแผนกที่ปั้มสารผสมของแร่แมงกานีสให้เป็นรูปร่างของก้อนถ่านไฟฉายตามที่ต้องการ เพื่อนำไปบรรจุในกระบอกเป็นถ่านไฟฉายสำเร็จรูปต่อไป

2.10.3 คนงานในโรงงานหลอมหล่อเหล็กเหนียว ในการหลอมหล่อเหล็กเหนียวให้มีคุณสมบัติพิเศษบางประการเพิ่มขึ้นนั้น จำเป็นจะต้องมีส่วนผสมของแมงกานีสอยู่ด้วยประมาณ 1-12 เปอร์เซนต์ และในขณะที่มีการหลอมแมงกานีสจะมีการระเหยออกมาแล้วกลั่นตัวเป็นของแข็งในลักษณะที่เรียกว่า ฟูม (fume) ซึ่งฟุ้งกระจายอยู่ในบรรยากาศ คนงานจะได้รับฟูมนี้โดยการหายใจเข้าไป แล้วอาจเกิดอาการแพ้พิษจากแมงกานีสได้

2.10.4 คนงานในโรงงานผลิตสารเคมีที่ใช้แร่แมงกานีสเป็นวัตถุดิบ เช่น การผลิตโปตัสเซียมเปอร์แมงกาเนต หรือด่างทับทิม (potassium permanganate, $KMnO_4$) จะต้องนำแร่แมงกานีสมาบดให้ละเอียด เพื่อผสมกับสารเคมีอื่น แล้วนำมาเผา ฉะนั้นในระหว่างการบดและการเผาจะมีฝุ่นและฟูมของแมงกานีสฟุ้งกระจายออกมาด้วย คนงานที่ทำงานในขบวนการผลิตนี้จึงมีโอกาสที่จะได้รับอันตรายจากพิษของแมงกานีสเช่นกัน

2.11 ผลประทบของแมงกานีสที่มีต่อชุมชนทั่วไป

เนื่องจากแมงกานีสที่ฟุ้งกระจายออกสู่บรรยากาศนั้น มีส่วนสัมพันธ์กับขนาดโดยที่ฝุ่นขนาดเล็กจะฟุ้งกระจายไปได้ไกลกว่าขนาดใหญ่ ประมาณ 80 เปอร์เซนต์ของฝุ่นแมงกานีสที่ฟุ้งกระจายออกสู่บรรยากาศจะมีขนาดเล็กกว่า 5 ไมครอน และในจำนวนนี้ 50 เปอร์เซนต์ จะมีขนาดเล็กกว่า 2 ไมครอน (Lee et al., 1972) ซึ่งฝุ่นขนาดนี้จะสามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจได้ดี ชุมชนที่อยู่บริเวณใกล้เคียงกับโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้แมงกานีสย่อมมีโอกาสจะรับเอาฝุ่นของแมงกานีสเหล่านี้เข้าสู่ร่างกาย

สำหรับการศึกษาถึงผลกระทบของแมงกานีสในโรงงานอุตสาหกรรมที่มีผล

กระทบต่อชุมชนนั้นในประเทศญี่ปุ่นที่เมืองคานาซาวา ได้มีการเลือกกลุ่มทดลองจากนักเรียนของโรงเรียน 2 แห่ง โดยที่โรงเรียนแห่งหนึ่งอยู่ห่างจากโรงงานเฟอร์โรแมงกานีส (ferromanganese plant) ประมาณ 100 เมตร และนักเรียนเหล่านี้อาศัยอยู่ใกล้เคียงกับบริเวณโรงงาน ส่วนโรงเรียนอีกแห่งหนึ่งอยู่ในตัวเมืองซึ่งห่างจากโรงงานประมาณ 7 กิโลเมตร และนักเรียนจะพักอาศัยอยู่ในบริเวณห่างจากโรงงานอย่างน้อย 5 กิโลเมตร ผลของการศึกษาพบว่านักเรียนที่อยู่ใกล้กับโรงงานเฟอร์โรแมงกานีสมีอาการไอ เป็นไข้ และอาการเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจมากกว่าโรงเรียนที่อยู่ไกล นอกจากนั้นค่าเฉลี่ยความจุของปอดยังต่ำกว่าด้วย และจากหาความเข้มข้นของแมงกานีสในอากาศบริเวณรอบๆ โรงงานพบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 10-260 ไมโครกรัมต่อลูกบาศ์กเมตร (Yoshipawa et al,1973)

จากกรณีที่ศึกษาที่กล่าวข้างต้นจะเห็นได้ว่า แมงกานีสนั้นนอกจากจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อผู้ประกอบอาชีพซึ่งสัมผัสโดยตรงแล้ว ยังอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อชุมชนบริเวณใกล้เคียงอีกด้วยซึ่งผลกระทบในด้านมลภาวะนั้นขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศภูมิประเทศ และความเข้มข้นของแมงกานีสในอากาศที่ชุมชนนั้นได้รับ

2.12 การควบคุมและป้องกัน

เนื่องจากการแพ้พิษแมงกานีสชนิดที่เป็นกับระบบประสาทเมื่อเป็นขึ้นแล้วไม่สามารถที่จะรักษาให้หายขาดได้ และอาจกลายเป็นคนพิการไปตลอดชีวิต ดังนั้นการป้องกันจึงนับว่าเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งซึ่งจะต้องดำเนินการดังตัวอย่างเช่น :

2.12.1 ติดตั้งเครื่องดูดอากาศเฉพาะที่ในบริเวณที่เกี่ยวข้องกับแมงกานีส เช่น ที่มีการบด การร่อน การบรรจุ หรือบริเวณที่มีการหลอมหล่อเหล็กเหนียวผสมแมงกานีส เพื่อทำการดูดฝุ่นหรือไอระเหยของแมงกานีสออกไปจากบริเวณปฏิบัติงาน

2.12.2 เครื่องบดแร่ ควรปิดให้มิดชิดและควรเป็นแบบอัตโนมัติ เพื่อมิให้ฝุ่นของแมงกานีสฟุ้งกระจายออกมาในที่ทำงาน

2.12.3 จัดให้มีการระบายอากาศทั่วๆ ไปให้เพียงพอ เพื่อให้อากาศบริสุทธิ์จากข้างนอกเข้าไปในบริเวณให้มากขึ้น

2.12.4 ห้องปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับแมงกานีส ควรจะแยกออกจากห้อง

ปฏิบัติงานอื่นๆ เพื่อลดจำนวนคนงานที่รับพิษให้น้อยลง และต้องหมั่นดูแลรักษาบริเวณให้สะอาดเป็นระเบียบเรียบร้อยอยู่เสมอ

2.12.5 จัดห้องเปลี่ยนเสื้อผ้า ห้องอาบน้ำให้คนงานได้เปลี่ยนเสื้อผ้าและอาบน้ำชำระร่างกาย เมื่อเสร็จจากการปฏิบัติงานเป็นประจำทุกวัน

2.12.6 ในการทำเหมืองแร่แมงกานีสที่มีการเจาะหินหน้าเหมือง ควรใช้วิธีเจาะโดยใช้น้ำช่วยเพื่อลดปริมาณของฝุ่นในอากาศ

2.12.7 จัดหาเครื่องป้องกัน อันตรายส่วนบุคคลให้คนงานได้สวมใส่ได้แก่

2.12.7.1 เครื่องกรองอากาศชนิดผงถ่าน สำหรับคนงานหลอมหล่อเหล็กเหนียวผสมแมงกานีส

2.12.7.2 เครื่องกรองอากาศชนิดใยฝ้าย สำหรับคนงานเหมืองแร่และคนงานในโรงงานถ่านไฟฉาย

2.12.7.3 ในการปฏิบัติงานควรสวมเสื้อผ้าที่ปกปิดร่างกายมิดชิด

2.12.8 ดูแลเรื่องอนามัยส่วนบุคคล คนงานทุกๆ คนจะต้องปฏิบัติดังต่อไปนี้

2.12.8.1 อาบน้ำชำระร่างกาย ภายหลังจากเสร็จงานทุกวัน และเปลี่ยนเสื้อผ้าชุดปฏิบัติงาน เก็บไว้ที่ตู้เสื้อผ้าของโรงงาน ไม่ควรนำกลับไปบ้าน

2.12.8.2 ไม่ควรสูบบุหรี่ และนำเอาอาหารหรือเครื่องดื่มเข้าไปรับประทานในขณะปฏิบัติงานเพราะผงแมงกานีสที่ฟุ้งกระจายในอากาศอาจจะปะปนลงไปกับอาหารได้

2.12.8.3 ก่อนรับประทานอาหารทุกครั้งต้องล้างมือให้สะอาด

2.12.9 การตรวจสุขภาพคนงาน คนงานที่เกี่ยวข้องต้องได้รับการตรวจร่างกาย ได้แก่

2.12.9.1 ตรวจสุขภาพก่อนเข้าทำงาน เพื่อคัดเลือกบุคคลที่เหมาะสมเข้าปฏิบัติงาน บุคคลบางประเภทไม่ควรจะให้เข้าทำงาน เช่น เป็นโรคพิษสุราเรื้อรัง โรคเรื้อรังอื่นๆ เช่น มาลาเรีย ซิฟิลิส วัณโรค โรคขาดวิตามิน โรคตับ และโรคเกี่ยวกับระบบประสาท

2.12.9.2 ตรวจสุขภาพเป็นระยะๆ หลังจากเข้าปฏิบัติงานเพื่อตรวจสอบและค้นหาอาการผิดปกติในระยะเริ่มแรก คนงานทุกคนต้องได้รับการตรวจร่างกายทั่วไปอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง ตรวจเลือดและปัสสาวะหาปริมาณของ

แมงกานีสทุก 3 เดือนเมื่อพบว่าผิดปกติต้องรีบแยกออกจากงานทันทีและทำการตรวจระบบประสาท จิตใจ และปอดโดยละเอียด

2.12.10 ทำการสำรวจและตรวจหาปริมาณของแมงกานีสในอากาศเป็นประจำทุก 3 เดือน เมื่อพบว่าเกินระดับมาตราฐานที่กำหนดไว้คือ 5 มิลลิกรัมต่อลูกบาศ์กเมตร ต้องรีบดำเนินการแก้ไข

2.12.11 เจ้าของโรงงานและเหมืองแร่ ควรจะได้ชี้แจงให้คนงานเข้าใจถึงอันตรายที่เกิดจากการแพ้พิษแมงกานีส และวางกฎเกณฑ์ในการปฏิบัติที่ถูกต้องให้คนงานได้ปฏิบัติตามโดยเคร่งครัด

2.13 <u>มาตรฐานของแมงกานีสในสถานประกอบการ</u>

สำหรับการกำหนดมาตรฐานของแมงกานีสในอากาศในสถานประกอบการในประเทศไทยนั้นกองมาตรฐานแรงงาน กรมแรงงาน กระทรวงมหาดไทย เป็นผู้กำหนด โดยมีสาระสำคัญเช่นเดียวกับมาตรฐานที่ ACGIH เสนอแนะไว้

2.13.1 กฎหมายควบคุมแรงงาน ตามประกาศกระทรวงมหาดไทยในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 94 ตอนที่ 64 ลงวันที่ 12 กรกฎาคม 2520 เรื่องความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับสภาวะแวดล้อม (สารเคมี) ได้กำหนดระดับความเข้มข้นของแมงกานีสในอากาศในสถานประกอบการดังนี้คือ

2.13.1.1 ไม่ว่าระยะเวลาใดเวลาหนึ่งของการทำงานปกติ ห้ามมิให้นายจ้างให้ลูกจ้างทำงานในที่ที่มีปริมาณความเข้มข้นของแมงกานีสในบรรยากาศของการทำงานเกินกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลูกบาศ์กเมตร

2.13.1.2 ถ้าสภาพของการใช้แมงกานีสในสถานประกอบการ มีลักษณะที่อาจเป็นอันตรายต่อผู้ใช้หรือผู้อยู่ใกล้เคียง ให้นายจ้างจัดห้อง หรืออาคารสำหรับการใช้ไว้โดยเฉพาะ

2.13.1.3 ในกรณีที่ภายในสถานประกอบการมีการฟุ้งกระจายของแมงกานีสออกสู่บรรยากาศของการทำงานเกินกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ ให้นายจ้างดำเนินการแก้ไขหรือปรับปรุงเพื่อลดความเข้มข้นของแมงกานีส มิให้เกินกว่าที่กำหนดไว้หากแก้ไขหรือปรับปรุงไม่ได้ นายจ้างจะต้องจัดให้ลูกจ้างสวมใส่อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล คือเครื่องกรองอากาศ ตลอดเวลาที่ลูกจ้าง

ทำงานในที่ ที่มีความเข้มข้นแมงกานีสอันอาจจะเป็นอันตรายต่อสุขภาพ และร่างกายของลูกจ้าง

2.13.2 ACGIH (American Conference of Goverment Industrial Hygienists)

ได้เสนอแนะเกี่ยวกับระดับความเข้มข้นของแมงกานีสในอากาศ ในสถานประกอบการไว้ว่า ไม่ระยะเวลาใดเวลาหนึ่งของการทำงานไม่ควรให้มีแมงกานีสในอากาศเกินกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลูกบาศ์กเมตร และสำหรับแมงกานีสนี้ ACGIH จัดอยู่ในกลุ่มของสารเคมีที่มีอักษร "C" กำกับอยู่ ซึ่งสารในกลุ่มนี้ห้ามให้มีเกินกว่าค่ามาตรฐานไม่ว่าระยะเวลาใดเวลาหนึ่งของการทำงาน

นอกจากการกำหนดค่ามาตรฐานของแมงกานีสในอากาศในสถานประกอบการ โดยกรมแรงงาน กระทรวงมหาดไทยแล้ว กองควบคุมโรงงานกระทรวงอุตสาหกรรมยังได้กำหนดระดับความเข้มข้นของแมงกานีสที่พบในร่างกาย ซึ่งจะเป็นการป้องกันไม่ให้ร่างกายได้รับแมงกานีสเข้าไปสะสมมากจนก่อให้เกิดอันตราย คือ ได้กำหนดว่าถ้าพบความเข้มข้นของแมงกานีสในเลือดมากกว่า 4 ไมโครกรัมเปอร์เซนต์ ในปัสสาวะมากกว่า 2 ไมโครกรัมเปอร์เซนต์ และในเส้นผมมากกว่า 20 ไมโครกรัมต่อกรัม แสดงว่าร่างกายได้รับแมงกานีสมากเกินไป โรงงานจะต้องมีการควบคุม และแก้ไขสภาวะแวดล้อมในการทำงานและควรแยกคนงานเหล่านั้นออกจากการสัมผัสกับฝุ่นเป็นระยะเวลาหนึ่ง จนกว่าความเข้มข้นของแมงกานีสที่พบจะลดลง (ปิยะรัตน์,2526)

2.14 การผลิตถ่านไฟฉาย

ถ่านไฟฉาย หรือที่เรียกว่า แบตเตอรี่แห้ง หรือเซลแห้ง (dry cell) หรือ Leclanche cell เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดปฐมภูมิ (primary cell) โดยทั่วไปให้แรงดันไฟฟ้าต่ำประมาณ 1.5 โวลต์ ปฏิกริยาที่เกิดขึ้นในถ่านไฟฉายเป็นปฏิกริยาแบบไม่ผันกลับ (irreversible) เมื่อใช้ไปนานๆสารตัวใดตัวหนึ่งหมด ถ่านไฟฉายนั้นจะไม่ให้กระแสไฟฟ้าอีก ซึ่งเรียกกันว่า ถ่านหมด ทั้งนี้เพราะปฏิกริยาในถ่านเข้าสู่สมดุลย์ ทำให้ความต่างศักย์ของขั้วทั้งสองเท่ากัน จึงไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลระหว่างขั้วทั้งสอง

ปฏิกริยาเคมีที่เกิดขึ้นในถ่านไฟฉายนั้น สังกะสีจะเป็นฝ่ายให้อิเลคตรอน ซึ่งเป็นปฏิกริยาออกซิเดชั่น (oxidation) กลายเป็น Zn^{++} เรียกว่า ขั้วลบ ส่วนที่ขั้วบวกเกิดปฏิกริยารีดักชั่น (reduction) โดยสารละลายน้ำไฟฟ้าแอมโมเนียมคลอไรด์ จะเป็นตัวเข้าร่วมปฏิกริยารับอิเลคตรอนจากสังกะสีและปฏิกริยาที่เกิดจะอยู่รอบๆ แท่งถ่าน (carbon rod)

ปฏิกริยาเคมีที่เกิดขึ้นพอสรุปได้ดังนี้

ที่ขั้วลบ

$$Zn \longrightarrow Zn^{++} + 2e^-$$

ที่ขั้วบวก

$$2NH_4Cl \longrightarrow 2NH_4^+ + 2Cl^-$$

$$2NH_4^+ \longrightarrow 2NH_3 + 2H^+$$

$$2H^+ + 2e^- \longrightarrow H_2$$

$$H_2 + 2MnO_2 \longrightarrow H_2O + Mn_2O_3$$

ปฏิกริยารวมที่ขั้วบวก

$$2MnO_2 + 2NH_4^+ + 2e^- \longrightarrow Mn_2O_3 + 2NH_3 + H_2O$$

2.14.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตถ่านไฟฉาย

การผลิตถ่านไฟฉายในปัจจุบัน ส่วนใหญ่จะใช้การผลิตแบบเพสท์เซล (paste cell) คือ ใช้สารละลายน้ำไฟฟ้าทำให้มีลักษณะคล้ายแป้งเปียก หรือที่ เรียกว่า อิเลคโตรไลต์เพสท์ (electrolyte paste) วัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนประกอบสำคัญได้แก่

2.14.1.1 วัตถุดิบที่ใช้ผลิตถ่านขั้วบวก

2.14.1.1.1 แมงกานีสไดออกไซด์ (manganese dioxide) เป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดที่มีผลต่ออายุการใช้งานของถ่าน เพราะแมงกานีสไดออกไวด์จะใช้เป็นตัวดีโพลาไรเซอร์ (depolarizer) คือ ตัวช่วยลดแก๊สไฮโดรเจนที่เกิดขึ้นเนื่องจากปฏิกริยาของสารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ โดยไฮโดรเจนจะไปเกาะติดอยู่ที่แท่งคาร์บอน ทำให้กระแสไฟฟ้าเดินไม่สะดวก แร่แมงกานีสไดออกไซด์ที่ใช้ส่วนใหญ่ได้จากธรรมชาติ ปกติได้แก่แร่ไพโรลูไซด์ ซึ่งมีส่วนประกอบของแมงกานีสอยู่มากกว่า 72 เปอร์เซนต์ นอกจากนั้นกรณีที่ต้องการใช้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แมงกานีสที่มีความบริสุทธิ์สูง เพื่อใช้สำหรับผลิตถ่านที่มีคุณภาพพิเศษ เช่น ถ่านขนาดเล็ก จะใช้แมงกานีสที่ได้จากการสังเคราะห์ ได้แก่ อิเลคโตรไลติค แมงกานีสไดออกไซด์ (electrolytic manganese dioxide)

2.14.1.1.2 แกรไฟต์ (graphite) เป็นผงถ่านที่บดละเอียดขนาดเล็กประมาณ 65-70 ไมครอน ใช้ผสมลงไปเพื่อให้เป็นตัวนำไฟฟ้า

2.14.1.1.3 ผงเชม่าดำ (carbon black or acethylence black) เป็นคาร์บอนบริสุทธิ์บดละเอียดเป็นผงดำใช้สำหรับดูดสารละลายนำไฟฟ้า

2.14.1.1.4 แท่งคาร์บอน (carbon rod) เป็นส่วนประกอบที่สำคัญใช้เป็นขั้วบวกทำจากถ่านโค๊กผสมกับสารที่ทำให้ติดแน่น (binding agent) จะต้องมีรูพรุนพอที่แก๊สไฮโดรเจนจะแทรกอยู่ได้แต่ต้องไม่ดูดซึมสารละลายจนซึมไปถึงจุกโลหะเพราะจะทำให้เกิดการผุกร่อน

2.14.1.2 วัตถุดิบที่ใช้เป็นขั้วลบ ได้แก่ สังกะสี ปกติจะเป็นโลหะผสม (zine alloy) เช่น สังกะสีผสมปรอท หรือ แคดเมียม เพื่อให้ทนต่อการผุกร่อน แต่ในกรณีที่สารละลายนำไฟฟ้าใส่ เมอร์คิวริคคลอไรด์ (mercuric chloride) ลงไป ไม่จำเป็นต้องใช้โลหะผสมของสังกะสี

2.14.1.3 วัตถุดิบที่ใช้ในการทำสารละลาย

2.14.1.3.1 แอมโมเนียมคลอไรด์ (ammonium chloride,NH_4Cl)

2.14.1.3.2 เมอร์คิวริคคลอไรด์ (mercuric chloride,$HgCl_2$) ใช้ผสมลงไปเพื่อให้เกิด ซิงค์อมัลกัม (Zinc amalgam) คือเป็นสารผสมระหว่างสังกะสีที่ขั้วลบกับปรอท ทำให้ลดการผุกร่อนของสังกะสี นอกจากนั้นยังเป็นสารป้องกันเชื้อราให้กับสารละลายนำไฟฟ้าอีกด้วย

2.14.1.3.3 เจลลิงเอเจนท์ (gelling agent) ใช้เป็นสารที่เติมลงไปเพื่อทำให้สารละลายนำไฟฟ้ามีลักษณะเป็นแป้งเปียก ได้แก่ น้ำแป้งชนิดต่างๆ

2.14.1.4 ส่วนประกอบอื่นๆ ได้แก่ สารสำหรับผนึก (sealing

compounds) ใช้ปิดส่วนบนของกระบอกสังกะสี เช่น ยางมะตอย หรือ เรซิน กระดาษสำหรับห่อก้อนถ่านขั้วบวก เพื่อแยกไม่ให้สัมผัสกับขั้วลบ ปลอกนอกถ่านไฟฉาย กระดาษฉนวนสำหรับปิดส่วนบนและรองก้น และแผ่นโลหะรองก้นขั้วลบ เป็นต้น

2.14.2 กระบวนการผลิตถ่านไฟฉาย

กระบวนการผลิตถ่านไฟฉาย สามารถแยกเป็นขั้นตอนสำคัญๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.1

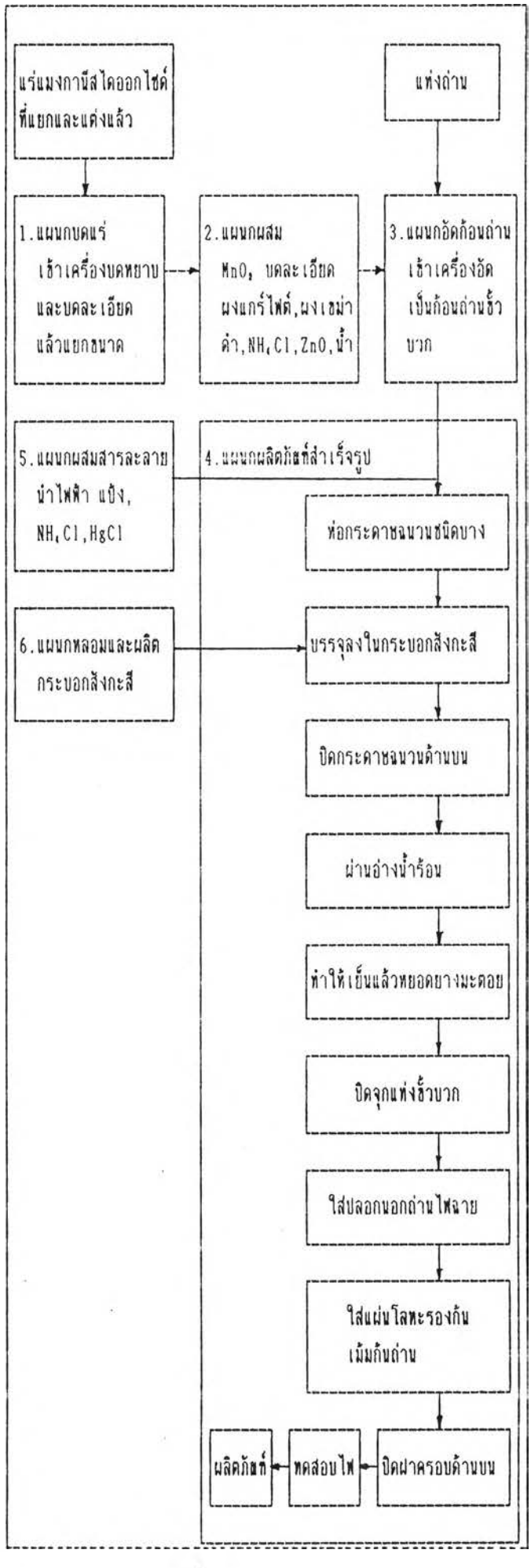
2.14.2.1 แผนกบดแร่ (grinding section) จะรับเอาแร่แมงกานีสที่แยกและต่างให้มีเปอร์เซนต์สูงขึ้นแล้วมาบดให้ละเอียด โดยจะทำการบดหยาบด้วยลูกกลิ้ง (roller) หรือบีบให้แตก (jaw crusher) แล้วจึงนำมาบดให้ละเอียดด้วยบอลล์มิลล์ (ball mill) แล้วคัดขนาดด้วยตะแกงลม ส่วนที่ขนาดใหญ่เกินกว่าการนำไปใช้ประโยชน์ได้จะนำไปบดใหม่ ส่วนที่ขนาดเล็กละเอียดเกินไปจะนำไปทิ้งหรือนำไปผสมกับแมงกานีสที่ถูกคัดขนาดแล้วบางส่วน

2.14.2.2 แผนกผสมสารประกอบ (mixing section) จะนำเอาแมงกานีสไดออกไซด์จากแผนกบดมาผสมกับสารอื่นๆ ได้แก่ แอมโมเนียมคลอไรด์ ซิงค์ออกไซด์ แกรไฟต์ และผงเขม่าดำ แล้วใช้น้ำฉีดลงไปเพื่อทำให้ส่วนผสมมีความชื้น และทำให้มีการเกาะตัวไม่แตกร้าวเมื่อนำไปอัดเป็นก้อนถ่าน ส่วนผสมนี้คือ ดีโพลาไรเซอร์มิกซ์ (depolarizer mix) หรือที่เรียกว่าดินดำผสม

2.14.2.3 แผนกอัดเป็นสารประกอบขั้วบวก (tamping section) จะนำแมงกานีสที่ผสมแล้วมาอัดเป็นก้อนถ่าน โดยมีแท่งคาร์บอนอยู่ตรงกลาง ส่วนของก้อนถ่านที่อัดนี้จะเป็นส่วนที่ใช้เตรียมเป็นขั้วบวกของก้อนถ่านไฟฉาย

2.14.2.4 แผนกผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป (finishing section) ส่วนนี้จะรวมตั้งแต่การนำแท่งถ่านขั้วบวก ลงในกระบอกสังกะสีที่เติมสารละลายนำไฟฟ้าแล้ว จากนั้นปิดฝาบนด้วยกระดาษฉนวนชนิดหนา แล้วนำไปผ่านอ่านน้ำร้อนอุณหภูมิประมาณ 70-80 องศาเซลเซียสนานราว 2-3 นาที เพื่อทำให้แป้งสุก เมื่อทิ้งไว้ให้เย็นแล้วผนึกฝาบนด้วยยางมะตอย และปิดจุกโลหะที่แท่งคาร์บอน ใส่ปลอกถ่านไฟฉาย ใส่แผ่นโลหะรองก้นแล้วเม้มให้เรียบร้อย จึงทดสอบไฟแล้วนำไปบรรจุลงกล่อง

2.14.2.5 แผนกผสมสารละลายนำไฟฟ้า หรือน้ำยาเคมี



รูปที่ 2.1 แสดงขั้นตอนของการผลิตถ่านไฟฉาย

หรือน้ำแป้ง ประกอบด้วยแป้งแอมโมเนียมคลอไรด์ และเมอร์คิวริคคลอไรด์ นำมาผสมให้เข้ากัน แล้วเติมลงในกระบอกสังกะสีชั้วลบ ซึ่งรองก้นไว้ด้วยกระดาษฉนวนชนิดหนา

2.14.2.6 แผนกหลอมและผลิตกระป๋องสังกะสี จะเริ่มตั้งแต่การนำเอาสังกะสีมาเข้าเบ้าหลอมแล้วรีดออกเป็นแผ่น จากนั้นนำมาตัดเป็นรูปวงกลมหรือหกเหลี่ยม แล้วปั๊มให้เป็นรูปทรงกระบอกก้นปิด และตัดให้ได้ขนาด สำหรับกระบอกสังกะสีนี้ใช้เป็นชั้วลบของถ่านไฟฉาย

2.14.3 การทดสอบแร่แมงกานีสชนิดทำถ่านไฟฉาย

การทดสอบคุณสมบัติของแร่แมงกานีส เพื่อจุดประสงค์ในการทำแบตเตอรี่แห้ง อาจจะทำได้หลายวิธีตามความเหมาะสมและความต้องการของผู้ผลิตแบตเตอรี่แห้งหรือถ่านไฟฉายเฉพาะรายซึ่งอาจตั้งมาตรฐานหรือวิธีการทดสอบที่เห็นว่าเหมาะสมและดีที่สุด ในการทำถ่านไฟฉายของตน โดยทั่วไปการทดสอบคุณสมบัติของแร่ กระทำกัน 5 วิธี คือ

2.14.3.1 การวิเคราะห์ทางเคมี การวิเคราะห์จะบอกให้ทราบถึงปริมาณสารประกอบและธาตุต่างๆที่มีอยู่ในแร่เพื่อให้ทราบว่าแร่นั้นจะมีส่วนประกอบเป็นอย่างไรบ้าง

มาตรฐานของคุณสมบัติทางเคมีของแร่แมงกานีสชนิดทำถ่านไฟฉายตามหลักสากลมีดังนี้

	แร่ชนิดสังเคราะห์*	เกรดเอ	เกรดบี
	%	%	%
MnO_2,min.	85.00	75.00	68.00
Mn,min.	58.00	48.00	-
Fe (Sol. in HCl),max.	0.30	3.00	2.50
SiO_2, max.	0.50	10.00	-
Alkali & Alkali earth metal,max.	1.00	ไม่แน่นอน	-
Pb,max.	0.20	รวมโลหะหนัก	-
As,max.	-	-	0.10
Cu,max.	-	-	0.30
Heavy metals,max.	0.30++	0.50+++	-

หมายเหตุ

\+ ความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ระหว่าง 4-6

++ นอกจากเหล็กและตะกั่ว

+++ นอกจากเหล็ก

จากการตรวจสอบแร่แมงกานีสชนิดทำถ่านไฟฉาย ที่ผลิตได้จากเหมืองต่างๆ ในประเทศปรากฏผลวิเคราะห์ทางเคมี ดังนี้ คือ

MnO_2	72-82 %
Fe	1.3-1.87 %
SiO_2	1.20-5.60 %

แสดงว่าคุณสมบัติทางเคมีของแร่ที่ผลิตได้เข้าเกณฑ์อยู่ในชนิดที่ใช้ทำถ่านไฟฉายได้ และมีปริมาณธาตุที่เป็นอันตราย เช่น ทองแดง ตะกั่ว นิเกิล โคบอลท์ อาเซนิคและพลวงอยู่น้อยมาก โดยเฉพาะที่เป็นอันตรายต่อกระบอกสังกะสีมากที่สุด เท่าที่ตรวจพบมีต่ำกว่าที่จำกัดไว้มาก

การตรวจสอบตัวอย่างแร่แมงกานีสที่โรงงานบางแห่งสั่งจากต่างประเทศ ทางเคมีพบผลวิเคราะห์ดังนี้ คือ-

MnO_2	68-84 %
Fe	0.95-2.68 %
SiO_2	4.28-9.74 %
Insoluble	5.18-11.32 %

แสดงว่ามีทั้ง เกรดเอ และ เกรดบี ที่สั่งเข้ามาใช้ตามโรงงานถ่านไฟฉายต่างๆ ในประเทศ

2.14.3.2 การหาคุณสมบัติ battery activity เป็นการหาว่าแร่นั้นจะนำมาใช้ทำถ่านไฟฉายได้ดีแค่ไหน เมื่อนำมาทำการทดสอบตามวิธีการที่ตั้งไว้ โดยการหาระยะเวลาการจ่ายกระแสไฟตามต้องการ

2.14.3.3 การทำ CO_2 evaluation test เพื่อหาว่าแร่จะทำปฏิกริยาทางเคมีในอัตราเร็วหรือช้าขนาดใดเมื่ออยู่ในถ่านไฟฉายโดยทดสอบหาอัตราที่แร่ปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา

2.14.3.4 การตรวจดูรูปร่างลักษณะ (phase type) ของแมงกานีสไดออกไซด์ โดยอาศัย X-Ray Diffraction เพื่อหาว่าแมงกานีสไดออกไซด์ในแร่อยู่ในรูปของแกมม่า เดลต้า หรือไพโรลูไซท์

2.14.3.5 การตรวจหาปริมาณของชนิดของแมงกานีสไดออกไซด์และตรวจสอบรูปร่างลักษณะของแมงกานีสไดออกไซด์ร่วมกับเครื่อง X-Ray โดยวิธี Differential Thermal Analysis

วิธีการตรวจสอบคุณสมบัติของแร่ทั้ง 5 วิธีดังกล่าวนี้ เป็นวิธีที่ตั้งขึ้นโดยอาศัยความรู้จากการค้นคว้าและทดลองจริงๆ ในอุตสาหกรรมของต่างประเทศ อาจจะมีวิธีการทดสอบอื่นๆ เพื่อจุดมุ่งหมายเดียวกันได้ วิธีทดสอบเหล่านี้เป็นวิธีตรวจสอบร่วมกันกล่าวคือ ในแร่ที่มีแมงกานีสไดออกไซด์สูงถึง 80 % อาจไม่มีคุณสมบัติ battery activity เพียงพอก็ได้ ซึ่งเมื่อเอาไปตรวจในเครื่อง X-Ray ก็อาจพบว่าแมงกานีสไดออกไซด์นั้นไม่อยู่ในรูปของแกมม่า หรือเดลต้า แต่ในขณะเดียวกันแร่ที่มีแมงกานีสไดออกไซด์เพียง 65 % อาจให้ activity ดี ใช้ทำถ่านไฟฉายได้ เช่นนี้เป็นต้น

การทดสอบคุณสมบัติแร่ดังกล่าวข้างต้นทำให้ขจัดปัญหา ที่จะต้องทำถ่านไฟฉายจริงๆ ขึ้นทดลอง แต่วิธีหลังนี้หากทำได้ง่ายและสะดวกย่อมจะรู้ได้แน่นอนยิ่งขึ้น

กว่าแร่นั้นๆ ใช้ทำถ่านไฟฉายได้ดีหรือเลวเพียงใด จากการทำถ่านไฟฉายจริงออกมาทดลอง การทดลองเพื่อตรวจสอบคุณภาพของถ่านไฟฉายนั้นมีวิธีการตรวจสอบทั้งตามมาตรฐานของสหรัฐอเมริกา อังกฤษและญี่ปุ่น โดยการหาเวลาในการ discharge ถ่านไฟฉายให้ได้จำนวนเวลาและความต่างศักย์ไม่ต่ำกว่าที่กำหนด มาตรฐานแต่ละประเทศจะตั้งกฎเกณฑ์ไว้ไม่เหมือนกัน กฎเกณฑ์ที่ตั้งไว้ที่สำคัญก็มีขนาดของถ่านไฟฉาย ความต้านทาน อุณหภูมิห้องทดลอง ค่าความต่างศักย์ต่ำสุดและเวลาที่น้อยที่สุด

อย่างไรก็ตามจากความชำนิชำนาญและประสบการณ์ที่มีมานานของสถาบันการค้นคว้าวิจัยทางแร่แมงกานีส รวมทั้งบริษัทผู้ทำการจำหน่ายแร่นี้ ในต่างประเทศอาจลงความเห็นว่า หากได้ทำการทดลองตรวจสอบคุณสมบัติของแร่ตามวิธีการทั้ง 5 วิธีนี้ได้ผลจนเป็นที่พอใจแล้ว จะเชื่อได้ว่าแร่นั้นๆ มีคุณสมบัติเหมาะสมในการทำถ่านไฟฉายได้ดีตามความมุ่งหมาย

2.14.4 ลักษณะรูปร่างของแมงกานีส

แบ่งออกได้โดยวิธี X-Ray Differaction หลายอย่าง คือ

2.14.4.1 อัลฟา แมงกานีส (alpha manganese) จะมีสถานะอยู่ตัวที่อุณหภูมิห้องแข็ง เปราะและขีดข่วนบนแก้วได้ ผลึกจะเป็นแบบ body -centred cubic และค่อนข้างจะสมบูรณ์

2.14.4.2 เบต้า แมงกานีส (beta manganese) รูปผลึกจะคล้ายกับอัลฟา แมงกานีส แต่ความสมบูรณ์จะน้อยกว่า

2.14.4.3 แกมม่า แมงกานีส (gama manganese) รูปร่างไม่เป็นระเบียบนัก ที่อุณหภูมิห้องจะมีรูปผลึกแบบ face-centred cubic และที่อุณหภูมิสูงขึ้นจะมีรูปผลึกแบบ

2.14.4.4 เดลต้า แมงกานีส (delta manganese) เกือบไม่มีรูปผลึก และมีเนื้อละเอียดมาก โดยที่อุณหภูมิสูงจะมีรูปผลึกเป็นแบบ body -centred cubic

จากการศึกษาพบว่าชนิดของแมงกานีสที่อยู่ในรูปของแกมม่า และเดลต้า

นำมาใช้ทำแบตเตอรี่แห้งได้ดี เพราะไม่เกิดในรูปผลึกหรือเกิดในรูปผลึกที่ไม่สมบูรณ์ แร่ที่รูปผลึกสมบูรณ์นั้นจะทำปฏิกริยาทางเคมีเป็นไปอย่างเชื่องช้าหรือไม่มีเลย ทั้งนี้เนื่องจากความแข็งแกร่งของโครงสร้างนั่นเอง