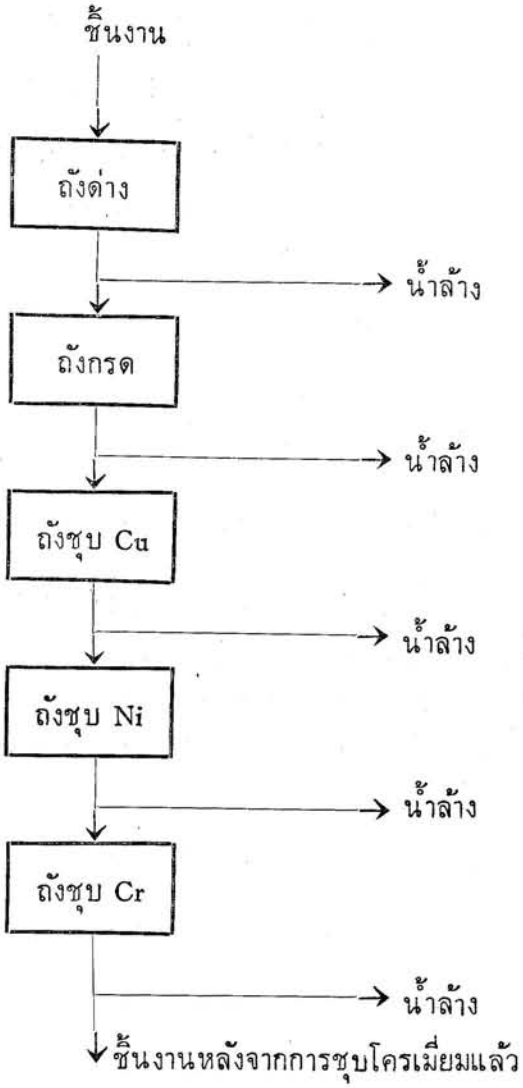
น้ำทิ้งจากโรงงานชุบโครเมี่ยม

โลหะธาตุต่าง ๆ ในโลกมีมากมายหลายชนิด แต่ละชนิดต่างก็มีคุณสมบัติเฉพาะตัว ปริมาณและความต้องการที่จะนำมาใช้ก็แตกต่างกันออกไป โลหะบางชนิดมีคุณภาพทางด้านความแข็งแรงและทนทานต่อการสึกหรอ สามารถใช้งานในด้านต่าง ๆ ได้อย่างกว้างขวาง เช่น เหล็กซึ่งเป็นโลหะที่มนุษย์คุ้นเคยมาตั้งแต่ครั้งโบราณ ปัจจุบันก็ยังใช้งานกันอย่างกว้างขวาง และยังไม่สามารถหาโลหะอื่นที่มีจำนวนมากพอมาทดแทนได้ เนื่องจากเหล็กเป็นสนิมผุกร่อนได้ง่าย วิธีที่จะทำให้เหล็กมีคุณสมบัติทนทานต่อการผุกร่อนได้ดีขึ้น อาจทำได้โดยการใช้โลหะอื่นเป็นตัวผสม หรือทาสีเคลือบผิว ชุบผิวเหล็กด้วยโลหะโครเมี่ยมหรือโลหะอื่นตามที่ต้องการในการใช้งานเฉพาะอย่าง

โครเมี่ยมเป็นโลหะชนิดหนึ่ง มีลักษณะแข็ง สีขาว พบตามธรรมชาติส่วนใหญ่ในรูปของแร่โครไมท์ ($FeO.Cr_2O_3$) โครเมี่ยมใช้ในงานอุตสาหกรรมโลหะผสม ทำให้โลหะผสมมีความแข็งแรง ทนทานต่อแรงดึงดีขึ้น และได้มีการนำโครเมี่ยมมาใช้ประโยชน์อื่น ๆ อีกมากมาย เช่น ใช้ในการรักษาเนื้อไม้ อุตสาหกรรมการทำสี อุตสาหกรรมการย้อมสีขนสัตว์ อุตสาหกรรมการถ่ายรูป อุตสาหกรรมการชุบผิวโลหะป้องกันโลหะอื่นไม่ให้เป็นสนิม เป็นต้น จากการสำรวจปริมาณการใช้โครเมี่ยมทั่วโลกพบว่าแต่ละปีจะใช้โครเมี่ยมประมาณ ๕๐๐,๐๐๐ ตัน เฉพาะอุตสาหกรรมการชุบโลหะอย่างเดียวใช้โครเมี่ยม ๑๐๐,๐๐๐ ถึง ๑๒๐,๐๐๐ ตันต่อปี ปกติโลหะโครเมี่ยมไม่เป็นอันตราย แต่สารประกอบโครเมี่ยมโดยเฉพาะโครเมี่ยมที่มีวาเลนซี่ ๖ (Cr^{+6}) ซึ่งใช้ในการชุบโลหะมีอันตรายมาก ทำให้เกิดการอักเสบและเป็นแผลตามผิวหนัง เป็นอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจ ตลอดจนทำให้เกิดมะเร็งที่ปอดได้ ในกรณีที่หายใจเอาโครเมี่ยมเข้าสู่ร่างกายเป็นประจำ

การชุบโลหะด้วยโครเมี่ยมมีวัตถุประสงค์ที่สำคัญ ๒ ประการ คือ เพื่อความสวยงาม และเพื่อป้องกันโลหะที่ถูกชุบไม่ให้เป็นสนิม กรรมวิธีการชุบโครเมี่ยมมีขั้นตอนย่อ ๆ ดังนี้



ชิ้นงานก่อนทำการชุบจำเป็นต้องทำความสะอาดผิวด้วยกรดและด่างเสียก่อน เพื่อกำจัดคราบน้ำมันสิ่งสกปรกต่าง ๆ และตระกรันที่ติดอยู่บนชิ้นงาน การทำความสะอาดผิวตามขั้นตอนดังกล่าวต้องใช้น้ำในการล้างสารละลายกรดและด่างที่เกาะมากับชิ้นงาน น้ำล้างซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของน้ำทิ้งจะมีตะกอนแขวนลอย oil & grease สารเคมีที่ใช้ในการล้าง ตลอดจนสารชักฟอกออกมาด้วย น้ำล้างนี้ถ้าโรงงานที่ไม่มีระบบการกำจัดน้ำทิ้ง ก็จะปล่อยทิ้งไปสู่ทางน้ำสาธารณะ ในการชุบโครเมี่ยม ปกติแล้วโครเมี่ยมจะเกาะติดได้ดีบนโลหะทองแดงหรือนิกเกล ดังนั้นในโรงงานชุบโครเมี่ยมจึงมักจะมีการชุบทองแดงหรือนิกเกลควบคู่กันไปด้วยเสมอ ในกรรมวิธีการชุบทองแดงและการเตรียมผิวชิ้นงานก่อนการชุบมีสารเคมีที่เป็นองค์ประกอบที่สำคัญและเป็นอันตรายมากคือ สารประกอบไซยาไนด์ ในการตรวจวิเคราะห์มักจะพบว่าน้ำทิ้งของโรงงานชุบโครเมี่ยมมีไซยาไนด์ปนอยู่ด้วยเสมอ น้ำล้างชิ้นงานหลังจากการชุบโครเมี่ยมเสร็จแล้ว มีสภาพความเป็นกรด และมีสารเคมีต่าง ๆ ที่ใช้ในการชุบเจือปนออกมาด้วย เช่น โครเมี่ยม เป็นต้น สารเคมีที่ใช้ในการทำความสะอาดผิวชิ้นงาน และน้ำยาเคมีที่ใช้ในการชุบโดยเฉพาะที่เจือจางลงมากและหมดสภาพที่จะใช้ในการชุบครั้งต่อ

ไป ทางโรงงานมักเททิ้งเพื่อเปลี่ยนน้ำยาเคมีใหม่ น้ำทิ้งส่วนนี้แม้จะมีปริมาณน้อยเมื่อเทียบกับน้ำทิ้งส่วนที่เป็นน้ำล้างผิวชิ้นงานทั้งหมด แต่ก็เป็นน้ำทิ้งที่มีโลหะโครเมี่ยมและสารเคมีอื่น ๆ เจือปนอยู่ในปริมาณที่สูงมาก

กรมโรงงานอุตสาหกรรมได้ส่งตัวอย่างน้ำทิ้งของโรงงานชุบโลหะประมาณ ๑๐๐ โรงงาน ในช่วงเดือนมกราคม ถึง ตุลาคม ๒๕๒๑ ให้กรมวิทยาศาสตร์บริการช่วยวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักต่าง ๆ และไซยาไนด์ ซึ่งตัวอย่างน้ำทิ้งเหล่านี้ บางทีก็เก็บมาจากน้ำที่ยังไม่ได้ผ่านกรรมวิธีการกำจัดน้ำทิ้ง บางทีก็ผ่านแล้ว บางทีก็ไม่ทราบว่าผ่านกรรมวิธีแล้วหรือยัง ในกรณีนี้จึงใช้คำพูดเป็นกลาง ๆ ว่า "น้ำทิ้ง" ในตารางแสดงคุณสมบัติของน้ำทิ้ง ผลการวิเคราะห์น้ำทิ้งของโรงงานบางโรงงานพบว่าความเข้มข้นของธาตุโลหะหนักและไซยาไนด์มีค่าสูงมาก

ตารางแสดงคุณสมบัติของน้ำทิ้งของโรงงานชุบโลหะบางโรงงาน

โรงงาน	จุดเก็บตัวอย่าง	โครเมี่ยม (Cr) mg/l	นิกเกล (Ni) mg/l	ทองแดง (Cu) mg/l	ไซยาไนด์ ($C\bar{N}$) mg/l
โรงงาน ก.	ก่อนการกำจัด	๑๐๐	๖๖	–	๑๐๒
ข.	หลังการกำจัด	๑.๘	๑.๔	๐.๓๑	๑๒.๗
ค.	หลังการกำจัด	๒๗๖	๗๖	๖๓.๔	๒๖๕
ง.	น้ำทิ้ง	๖๖	๑.๒	๑๐๐	๑๐๘
จ.	หลังการกำจัด	๖๑.๓	๙.๘	๒๘.๘	๓๑๖
ฉ.	น้ำทิ้ง	๗๖	๕๖	–	–
ช.	น้ำทิ้ง	๓๕.๕	๔.๓	๕.๖	–

ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ ๒ (พ.ศ. ๒๕๑๓) ซึ่งออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. ๒๕๑๒ เรื่องหน้าที่ของผู้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน ได้ห้ามมิให้ระบายน้ำทิ้งออกจากโรงงาน เว้นแต่ได้กระทำการอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างให้มีลักษณะดังที่กำหนดไว้ โดยเฉพาะโลหะหนักและไซยาไนด์ ได้กำหนดไว้ดังนี้คือ

สังกะสี โครเมี่ยม อาร์เซนิก เงิน ทองแดง ปรอท ตัดเมี่ยม บาเรี่ยม เซเลเนี่ยม ตะกั่ว นิกเกล รวมกันหรือแต่ละอย่างไม่เกิน ๑ มิลลิกรัมต่อลิตร

ไซยาไนด์ คิดเทียบเป็นไฮโดรเจนไซยาไนด์ไม่เกิน ๐.๒ มิลลิกรัมต่อลิตร

เมื่อพิจารณาจุดที่เก็บตัวอย่างแล้ว จะเห็นได้ว่าน้ำทิ้งของโรงงานบางโรงแม้จะผ่านกรรมวิธีการกำจัดแล้ว ก็ยังมีปริมาณโลหะหนักและไซยาไนด์สูงกว่าที่กำหนดไว้ในประกาศกระทรวง ฯ มาก

เป็นที่น่าเป็นห่วงว่าไซยาไนด์ที่มีปริมาณสูงมากกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้เช่นนี้ เมื่อปล่อยสู่ลำน้ำสาธารณะ ย่อมเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตทุกชนิดที่มีอยู่ในแหล่งน้ำ สารโลหะหนักจะสะสมอยู่ในตัวของสัตว์

น้ำต่าง ๆ เช่น กุ้ง หอย ปู ปลา ตลอดจนถึงคนที่ได้บริโภคสัตว์น้ำจากแหล่งน้ำนี้ โลหะหนักเมื่อเข้าสู่ร่างกายแล้วกำจัดออกได้ยาก เมื่อสะสมอยู่ในร่างกายถึงระดับหนึ่ง ก็แสดงอาการของโรคจากพิษโลหะหนักนั้น ๆ ให้ปรากฏ ถ้าสารพิษโลหะหนักสะสมในร่างกายเกินขนาดก็อาจเป็นอันตรายถึงแก่ชีวิตได้

วิธีการกำจัดไซยาไนด์สามารถทำได้โดยการปรับ pH ของน้ำทิ้งให้เป็น ๑๑ ด้วย NaOH แล้วเติมคลอรีนหรือไฮโปคลอไรท์ ผสมให้เข้ากัน ทิ้งให้เกิดปฏิกิริยาการทำลายนานไม่น้อยกว่า ๑ ชั่วโมง ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นอธิบายได้ดังสมการ

$$2\,NaCN + 5\,Cl_2 + 12\,NaOH \longrightarrow N_2 + 2\,Na_2CO_3 + 10\,NaCl + 6\,H_2O$$

$$2\,NaCN + 5\,NaOCl + 2\,NaOH \longrightarrow N_2 + 2\,Na_2CO_3 + 5\,NaCl + H_2O$$

คลอรีนหรือไฮโปคลอไรท์จะไปออกซิไดส์สารประกอบไซยาไนด์ในสภาพที่เป็นด่าง ทำให้สารประกอบไซยาไนด์ที่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต เปลี่ยนเป็นก๊าซไนโตรเจนไป

โครเมี่ยมในน้ำทิ้งจากการชุบโลหะและล้างผิวโลหะอยู่ในลักษณะที่เป็นสารประกอบของโครเมี่ยมวาเลนซี่ ๖ ซึ่งไม่สามารถตกตะกอนแยกออกจากสารละลายในสภาพที่เป็นด่างได้ จำเป็นต้องเปลี่ยนให้เป็นโครเมี่ยมวาเลนซี่ ๓ (Cr^{+3}) ก่อนโดยการเติมสารรีดิวส์ เช่น SO_2, Na_2SO_3 หรือ $FeSO_4$ อย่างใดอย่างหนึ่ง ปฏิกิริยาที่เกิดเขียนได้ดังสมการ

$$2\,CrO_3 + 3\,Na_2SO_3 + 3\,H_2SO_4 \longrightarrow Cr_2(SO_4)_3 + 3\,Na_2SO_4 + 3\,H_2O$$

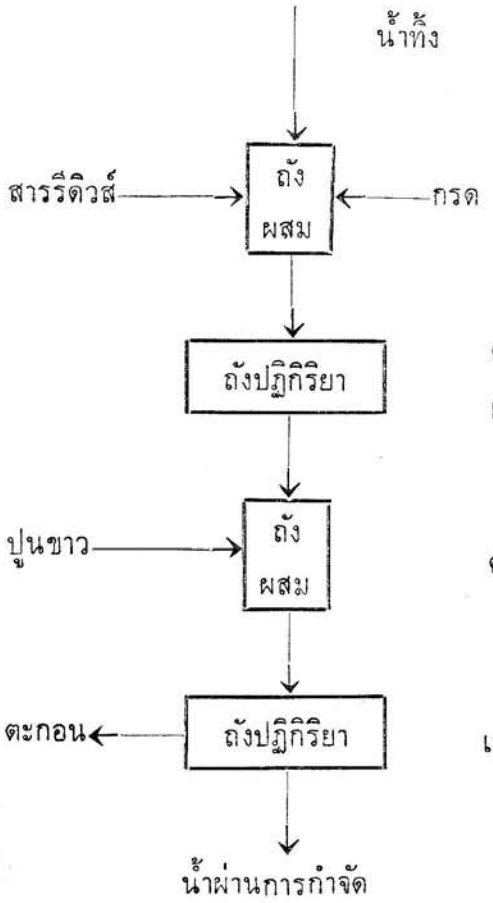
$$2\,CrO_3 + 3\,SO_2 \longrightarrow Cr_2(SO_4)_3$$

$$2\,CrO_3 + 6\,FeSO_4 + 6\,H_2SO_4 \longrightarrow Cr_2(SO_4)_3 + 3\,Fe_2(SO_4)_3 + 6\,H_2O$$

ในทางปฏิบัติจะใช้สารรีดิวส์ให้มากกว่าปริมาณที่ต้องการตามทฤษฎีประมาณร้อยละ ๒๕ ปฏิกิริยารีดิวส์จะเกิดที่ pH ๒–๓ ผสมสารรีดิวส์ให้เข้ากันและทิ้งให้เกิดปฏิกิริยานาน ๑ $\frac{1}{2}$ ชั่วโมง ปกติแล้วปฏิกิริยาการรีดิวส์จะเกิดขึ้นสมบูรณ์ภายในเวลา ๓๐ นาที โครเมี่ยมวาเลนซี่ ๓ สามารถตกตะกอนแยกออกจากสารละลายได้ที่ pH ๘.๐–๘.๕ สำหรับโลหะหนักอื่น ๆ เช่น นิกเกล ทองแดง จะตกตะกอนเป็นสารประกอบพวกไฮดรอกไซด์ที่ pH ๑๐ ทิ้งให้ตกตะกอนอย่างน้อย ๑ ชั่วโมง แยกส่วนที่เป็นตะกอนออก ปรับ pH ของน้ำทิ้งส่วนที่เหลือให้เป็นกลางก่อนที่จะระบายออกสู่ทางน้ำสาธารณะ

อัตราการไหลของน้ำทิ้ง คุณสมบัติของน้ำทิ้งของโรงงานแต่ละโรงจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับกรรมวิธีการทำงานและอัตราการผลิต ข้อมูลต่าง ๆ เหล่านี้ทำให้ทราบถึงขนาดของระบบกำจัด วิธีการกำจัด ตลอดจนปริมาณสารเคมีที่ต้องใช้ในการกำจัด ระบบกำจัดอาจประกอบด้วยถังบรรจุน้ำทิ้งเพียง ๒ ถัง ถังหนึ่งเป็นถังรองรับน้ำทิ้ง ส่วนอีกถังหนึ่งเป็นถังปฏิกิริยาสำหรับการกำจัด ซึ่งแต่ละถังจะมีขนาดบรรจุไม่มากกว่าน้ำทิ้งของโรงงานในแต่ละวัน หรืออาจจะสร้างถังที่มีขนาดเท่ากับปริมาณน้ำทิ้งในแต่ละกะของการทำงานก็ได้ การกำจัดจะได้ผลดีมีประสิทธิภาพสูงจำเป็นต้องควบคุมให้เป็นไปตามกรรมวิธีการกำจัดโดยเคร่งครัด เช่น ควบคุมค่า pH ปริมาณการเติมสารเคมีให้ได้ตาม

กำหนด ในกรณีที่น้ำทิ้งมีปริมาณมาก ไม่สามารถสร้างระบบกำจัดแบบครั้งคราวดังที่กล่าวแล้วข้างต้นได้ ระบบกำจัดอาจประกอบด้วยถังหลาย ๆ ใบต่อเนื่องกัน ต้องปรับค่า pH และเติมสารเคมีตลอดเวลาที่น้ำทิ้งไหลระบบต่อเนื่องแม้จะมีข้อดี ทำให้ขนาดของระบบกำจัดเล็กลง แต่ลำบากต่อการควบคุม เนื่องจากปริมาณการไหลของน้ำ และคุณสมบัติของน้ำอาจเปลี่ยนแปลงได้ วิธีนี้จึงกำจัดได้ไม่สมบูรณ์นัก และอาจจะสูญเสียสารเคมีที่ใช้ในการกำจัดโดยเปล่าประโยชน์ ยิ่งกว่านั้นสารเคมีที่เหลือจากการกำจัดก็จะทำให้เกิดอันตรายต่อสัตว์น้ำด้วย ขั้นตอนการกำจัดเขียนได้ดังรูปคือ



โรงงานชุบโลหะทุกโรงควรจะต้องมีระบบกำจัดน้ำทิ้งตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ ๒ (พ.ศ. ๒๕๑๓) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. ๒๕๑๒ เรื่องหน้าที่ของผู้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน แต่เป็นที่น่าสังเกตว่าน้ำทิ้งของโรงงานส่วนใหญ่แม้จะได้ผ่านกรรมวิธีการกำจัด ยังมีคุณสมบัติเกินกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ ทั้งนี้อาจเนื่องจากวิธีการกำจัดของโรงงานยังไม่ดีพอ ขาดความสนใจที่จะควบคุมการทำงานของระบบกำจัดให้มีประสิทธิภาพ ดังนั้นเจ้าหน้าที่ผู้เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมจึงน่าจะช่วยกันแนะนำและกวดขันให้โรงงานเหล่านี้ปฏิบัติให้ถูกต้องตามพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. ๒๕๑๒ ก็จะช่วยลดปัญหาอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นจากการปล่อยน้ำทิ้งของโรงงานดังกล่าวได้ สำหรับกรมวิทยาศาสตร์บริการนั้น นอกจากจะให้ความร่วมมือกับกองควบคุมโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรมอย่างใกล้ชิดแล้ว ยังยินดีที่จะให้คำแนะนำและปรึกษาแก่โรงงานในเรื่องการกำจัดน้ำทิ้งอีกด้วย □