

น้ำเสียจากอุตสาหกรรมสิ่งทอ

คณิตตา ธรรมจริยวงศา
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

เครื่องนุ่งห่มเป็นหนึ่งในปัจจัยสี่ของการดำรงชีวิตของมนุษย์ อุตสาหกรรมสิ่งทอ นับได้ว่าเป็นอุตสาหกรรมสำคัญที่ทำรายได้อย่างสูงและโรงงานอุตสาหกรรมสิ่งทอในประเทศไทยก็มีแนวโน้มที่จะเพิ่มจำนวนมากขึ้นด้วย กิจกรรมดังกล่าวส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นอุตสาหกรรมขนาดย่อมหรือเป็นอุตสาหกรรมในครัวเรือน แต่อย่างไรก็ตามน้ำทิ้งที่เกิดจากอุตสาหกรรมนี้มีปริมาณมาก เนื่องจากต้องอาศัยน้ำเป็นตัวกลางในกระบวนการผลิตเกือบทุกขั้นตอน กระบวนการย้อมสีผ้าจะมีสีย้อมเพียงบางส่วนเท่านั้นที่ซึมเข้าสู่เนื้อผ้า ในขณะที่สีอีกบางส่วนเมื่อใช้เสร็จก็ถูกปล่อยออกมาเป็นน้ำทิ้งซึ่งมีลักษณะเป็นสีที่กำจัดได้ยาก รวมกับน้ำล้างซึ่งใช้ในกระบวนการผลิต

ผลกระทบของสีย้อมต่อสิ่งแวดล้อมที่เห็นได้อย่างชัดเจนคือ ทำให้เกิดสภาพที่ไม่น่าดู สีที่ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมสามารถเห็นได้ง่ายแม้จะมีความเข้มข้นต่ำ โดยทั่วไปสามารถมองเห็นการปนเปื้อนของสีได้ด้วยตาเปล่า นอกจากนี้อนุภาคของสีบางชนิดสามารถบดบังการแพร่กระจายของแสงลงสู่แหล่งน้ำ น้ำเสียดังกล่าวจึงก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทำให้เกิดการปนเปื้อนของสารเคมีและโลหะหนักลงสู่แหล่งน้ำ ทำให้สมดุลของระบบนิเวศในน้ำเปลี่ยนแปลง ดังนั้นเพื่อรักษาสภาพแวดล้อมให้ดีขึ้น จึงต้องมีการกำจัดน้ำเสียเหล่านี้ ให้เหลือน้อยที่สุด หรือในกรณีของน้ำทิ้งต้องให้ได้มาตรฐาน ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2539) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 เรื่องกำหนดคุณลักษณะของน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน

กระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมสิ่งทอ

1. การเตรียมวัสดุสิ่งทอสำหรับการย้อม

เส้นด้ายหรือผ้าที่ผลิตออกจากโรงทอ นั้นมีสิ่งเจือปนต่างๆอยู่มาก เช่น แป้งที่ใช้ลงเส้น ยีน ขี้ผึ้ง กาว สีธรรมชาติ ฯลฯ สารพวกนี้จะเป็นอุปสรรคในการย้อมสี ทำให้น้ำย้อม

ไม่สามารถซึมเข้าเส้นใยได้อย่างทั่วถึง ทำให้ผลที่ได้จากการย้อมนั้นต่าง ดังนั้นก่อนที่จะนำ
ผ้าหรือผ้าไปทำการย้อมจึงต้องมีกระบวนการกำจัดสิ่งเจือปนต่างๆเหล่านี้เสียก่อน

การเอาสิ่งเจือปนออกจากวัสดุสิ่งทอหรือการทำความสะอาดสิ่งทอนี้ อาจจะทำใน
ขั้นตอนที่เป็นผ้าหรือเป็นผ้าก็ได้แล้วแต่วัตถุประสงค์ในการใช้งาน กรรมวิธีในการทำความสะอาด
สะอาดสิ่งทอที่สำคัญได้แก่ การลอกแป้ง (Desizing) การขจัดสิ่งสกปรกจำพวกไขมัน น้ำมัน
ขี้ผึ้ง (Scouring) และการฟอกขาว (Bleaching) เป็นต้น

2. การย้อมสี

ปัจจัยหลักที่เกี่ยวข้องกับการย้อมสีมีดังนี้คือ

2.1 เส้นใย (Fiber)

เส้นใยที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันอาจแบ่งได้เป็น 2 หมู่ใหญ่ๆคือ เส้นใยธรรมชาติ และเส้น
ใยสังเคราะห์

เส้นใยธรรมชาติอาจจะผลิตมาจากพืชหรือสัตว์ก็ได้ เส้นใยธรรมชาติที่ผลิตจากพืช
ได้แก่ ฝ้ายและปอ ซึ่งมีส่วนประกอบทางเคมีส่วนใหญ่เป็นเซลลูโลส ส่วนเส้นใยธรรมชาติที่
ได้จากสัตว์ได้แก่ ขนสัตว์และไหม ซึ่งมีส่วนประกอบทางเคมีส่วนใหญ่เป็นพวกโปรตีน

เส้นใยสังเคราะห์ผลิตขึ้นจากสารประกอบเคมีโดยตรงมีอยู่หลายชนิดด้วยกัน แต่ที่
นิยมใช้กัน คือ โพลีเอสเตอร์และโพลีเอคริลิก

2.2 สีย้อม (Dye)

สีย้อมที่จะใช้ย้อมเส้นใยนั้นมียู่หลายชนิด การใช้สีย้อมชนิดใดกับเส้นใย
ชนิดใดนั้น ขึ้นอยู่กับอำนาจในการรวมตัวของสีกับเส้นใยที่ต้องมีมากกว่าอำนาจในการ
รวมตัวของสีกับน้ำ ซึ่งสถานะเช่นนี้จะเกิดได้ เมื่อโมเลกุลของสีย้อมมีหมู่อะตอมซึ่งถูกจัดเรียง
ตัวกันในลักษณะที่จะทำให้เกิดการติดกับเส้นใยแล้วเกิดพันธะ (Bond) ซึ่งแบ่งได้เป็น 4
ประเภทด้วยกัน คือ

- พันธะไฮโดรเจน (Hydrogen Bond)
- แรงแวนเดอร์วาลส์ (Van der Waals' force)
- แรงไอออนิก (Ionic forces)
- พันธะโควาเลนต์ (Covalent Bond)

นอกจากนี้รูปร่างและขนาดของ โมเลกุลของสีก็จะมีผลกระทบต่อการใช้ย้อมด้วย เช่น
ถ้าโมเลกุลของสีย้อมยิ่งเล็กและยาวเท่าไรก็จะยิ่งผ่านช่องว่างเข้าไปในเส้นใยได้มากขึ้น ทำให้

เส้นใยติดสีย้อมได้ดียิ่งขึ้น หรือถ้าโมเลกุลของสีย้อมแบนและมีความกว้างมากกว่าความยาว จะทำให้การติดสีมีความคงทนสูงมากขึ้น เป็นต้น

สีย้อมสามารถจำแนกออกได้ตามการนำไปใช้งาน เช่น สีดิสเพอร์ส (Disperse Dyes) สีแอซิด (Acid Dyes) สีย้อมอะโซอิก (Azoic Dyes) สีย้อมเบสิก (Basic Dyes) สีย้อมไคเรกต์ (Direct Dyes) สีย้อมมอแดนต์ (Mordant Dyes) สีย้อมซัลเฟอร์ (Sulfur Dyes) สีย้อมแวต (Vat Dyes) สีย้อมรีแอคทีฟ (Reactive Dyes) สีย้อมโลหะ (Metallic Dyes) และสีย้อมโอนิยม (Onium Dyes) เป็นต้น

2.3 สารช่วยย้อม (Additives)

สารช่วยย้อมเป็นสารเคมีที่เติมลงไปในกระบวนการย้อมสี เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการย้อมให้เส้นใยโดยสีได้สม่ำเสมอขึ้น และทำให้สีมีความคงทนมากขึ้น สารช่วยย้อมแบ่งออกเป็น 7 ชนิด คือ

- กรด ใช้สำหรับย้อมเส้นใยโปรตีนและไนลอนเมื่อใช้สีย้อมแอซิด
- ด่าง ใช้สำหรับย้อมเส้นใยเซลลูโลสเมื่อย้อมด้วยสีย้อมอะโซอิก แวต และกำมะถัน
- เกลือ ใช้ในการย้อมด้วยสีย้อมแคสิดและการย้อมเส้นใยเซลลูโลส
- สารช่วยให้สีย้อมสม่ำเสมอใช้กับสีแวต สีดิสเพอร์ส และสีแอซิดบางชนิด
- สารนำ (Carriers) ใช้ในการย้อมเส้นใยสังเคราะห์บางชนิด
- สารละลายอินทรีย์ ใช้เมื่อย้อมขนสัตว์และเส้นใยสังเคราะห์บางชนิด
- สารละลายอินทรีย์

น้ำเสียในอุตสาหกรรมสิ่งทอ

น้ำเสียในอุตสาหกรรมสิ่งทอ มีที่มาจากแหล่งต่างๆที่สำคัญ 4 แหล่ง คือ

1. **น้ำที่ใช้ในกระบวนการ** ได้แก่ น้ำที่ใช้ในการดำเนินการฟอกย้อม พิมพ์ และการตกแต่ง น้ำในส่วนนี้จะถูกปล่อยออกมาเป็นน้ำเสียภายหลังการผลิต กระบวนการผลิตที่ทำให้เกิดน้ำเสียนั้น ได้แก่กระบวนการต่อไปนี้ คือ

- กระบวนการต้มเป้ง
- กระบวนการทำความสะอาด
- กระบวนการฟอกขาว
- กระบวนการชุบมัน

- กระบวนการย้อมสีและการตกแต่ง
- กระบวนการพิมพ์ผ้า

น้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตจะมีปริมาณไม่มากนัก แต่มีความเข้มข้นของสิ่งสกปรกค่อนข้างสูง มีลักษณะที่แตกต่างกันตามลักษณะของเส้นใยและกระบวนการฟอกย้อมที่ใช้

ส่วนน้ำที่ใช้ซักล้างภายหลังการฟอกย้อมหรือพิมพ์ น้ำในส่วนนี้จะมีปริมาณมาก แต่มีความเข้มข้นของสิ่งสกปรกโดยรวมน้อยกว่าน้ำเสียจากกระบวนการฟอกย้อม

2. น้ำที่ใช้ในหม้อน้ำ ในกระบวนการฟอกย้อมหรือพิมพ์นั้นมักจะมีการใช้ไอน้ำเป็นตัวให้ความร้อนแก่น้ำที่ใช้ในกระบวนการ ถ้าไอน้ำที่ใช้ถูกปล่อยให้เย็นลงและกลั่นตัวในท่อน้ำ ก็จะได้น้ำที่สะอาดสามารถนำกลับไปใช้ใหม่ได้ แต่ถ้าไอน้ำถูกส่งไปให้ความร้อนแก่น้ำย้อมโดยตรง ก็จะเป็นการไปเพิ่มปริมาณน้ำย้อม และจะเป็นน้ำเสียในที่สุด

3. น้ำหล่อเย็น ในกระบวนการฟอกย้อม จำเป็นต้องมีการลดอุณหภูมิของน้ำย้อมลงในระยะเวลาที่รวดเร็ว ซึ่งจะใช้น้ำหล่อเย็นและสามารถนำน้ำนี้กลับมาใช้ใหม่ได้

4. น้ำที่ใช้ในการล้างเครื่องและทำความสะอาดโรงงาน น้ำส่วนนี้ในบางครั้งก็เป็นน้ำเสียที่มีความสกปรกสูง เช่น น้ำล้างถังเตรียมสี เป็นต้น

5. น้ำจากแหล่งอื่นๆ เช่น น้ำใช้จากการอุปโภค บริโภคของคนงาน เป็นต้น

ประเภทของสิ่งสกปรกในน้ำเสีย

สิ่งสกปรกที่เจือปนในน้ำเสียจากอุตสาหกรรมสิ่งทอนั้น จำแนกเป็นประเภทต่างๆได้ ดังนี้

1. สีย้อม ในการย้อมเส้นใยจะดูดซึมสีเพียงบางส่วนเท่านั้น ที่เหลือจะยังคงอยู่ในน้ำย้อม และจะถูกปล่อยออกมากับน้ำเสียของโรงงานในที่สุด สำหรับในการพิมพ์ก็เช่นเดียวกัน สีที่พิมพ์ไปบนผ้าจะไม่ถูกดูดซึมหมด และส่วนที่ไม่ถูกดูดซึมก็จะถูกชะล้างออกภายหลังการพิมพ์

2. สารเคมีที่ช่วยในกระบวนการฟอกย้อม รวมทั้งสารเคมีที่ใช้ในการตกแต่งสำเร็จ สารเคมีที่ใช้ในกระบวนการของอุตสาหกรรมสิ่งทอมียู่มากมายหลายชนิด สารเคมีเหล่านี้จะคงเหลืออยู่ในน้ำย้อมหรือน้ำซักล้าง ซึ่งจะถูปล่อยออกมากับน้ำเสียของโรงงาน

3. สิ่งสกปรกที่เจือปนมากับเส้นใย โดยเฉพาะเส้นใยธรรมชาติจะมีสิ่งเจือปนสูงกว่าเส้นใยสังเคราะห์ สิ่งสกปรกเหล่านี้มีทั้งที่เป็นไขมัน สารซักฟอง โปรตีน ตลอดจนสารประกอบ

โลหะต่างๆนอกจากนี้ในการผลิตยังมีการเติมสารเคมีต่างๆลงไปในเส้นใยด้วย เช่น สารหล่อลื่น แป้งที่ใช้ในการลงด้าย สิ่งสกปรกเหล่านี้จะถูกกำจัดออกจากเส้นใยในกระบวนการเตรียมก่อนการย้อมหรือพิมพ์ และจะหลุดออกมากับน้ำเสียของโรงงานในขั้นตอนการเตรียมการฟอกย้อมหรือพิมพ์

ลักษณะน้ำเสียของโรงงานสิ่งทอ

น้ำเสียของโรงงานสิ่งทอมีลักษณะที่สำคัญ ดังต่อไปนี้ คือ

1. มีปริมาณสารอินทรีย์สูง คือ มีค่าบีโอดีประมาณ 100-1,000 มิลลิกรัม/ลิตร และค่าซีโอดี ประมาณ 500-1,200 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งปริมาณสารอินทรีย์ที่ได้จากกระบวนการย้อม ได้แก่ แป้ง สีย้อม กรดอะซิดิก เส้นใย สบู่ ไขมัน ตัวทำละลายต่างๆ เป็นต้น
2. มีค่า พีเอชและค่าความเป็นด่างสูง คือ ค่าพีเอชประมาณ 9-12 และค่าความเป็นด่างประมาณ 300-900 พีพีเอ็ม ซึ่งเกิดจาก โซเดียมไฮดรอกไซด์ และ โซเดียมคาร์บอเนต
3. มีอุณหภูมิสูงประมาณ 50°C
4. มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ (Dissolved Solids) สูง ซึ่งเกิดจาก เกลือ โซเดียม และกรดต่างๆ
5. มีความเข้มข้นของสีมาก ซึ่งเกิดจากกระบวนการย้อมสี
6. มีโลหะหนักเจือปน โดยโลหะหนักเหล่านี้มาจากสีย้อมผ้า เช่น ทองแดง ตะกั่ว โครเมียม และสังกะสี เป็นต้น
7. มีปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (Total Suspended Solids) สูง

ผลกระทบของน้ำเสียจากโรงงานสิ่งทอที่มีต่อสิ่งแวดล้อม

1. สารอินทรีย์ ทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ (DO) ลดลง ซึ่งมีผลทำให้
 - สิ่งมีชีวิตในน้ำตายเนื่องจากขาดออกซิเจน
 - ทำให้แหล่งน้ำไม่สามารถทำความสะอาดด้วยตัวเอง (Self Purification) ได้
 - ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นจากการเกิดปฏิกิริยาแอนแอโรบิก (Anaerobic)
 - ทำให้ไม่สามารถใช้แหล่งน้ำนั้นทำประโยชน์ได้

สารอินทรีย์บางชนิดเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต มีผลทำให้เกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ และอาจเป็นอันตรายต่อมนุษย์ได้ในกรณีที่ได้รับสารโดยตรงจากการบริโภคสัตว์น้ำ นอกจากนี้สารพิษเหล่านี้ อาจสะสมอยู่ในระบบนิเวศ หากสารนั้นเป็นสารที่สลายตัวได้ยาก

2. ค่าความเป็นด่าง จะทำให้น้ำเสียที่มีค่าพีเอชสูงๆ ซึ่งเมื่อปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติโดยตรงแล้ว จะเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ เพราะโดยทั่วไปสิ่งมีชีวิตจะดำรงชีพอยู่ได้ในสภาวะที่เป็นกลาง คือในช่วงพีเอช 6-9

3. อุณหภูมิของน้ำเสียที่สูงจะมีผลทำให้เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ ทำให้ปริมาณออกซิเจนลดลง

4. ของแข็งที่ละลายน้ำ อาจทำให้สัตว์น้ำเกิดโรคที่ร้ายแรงได้ และทำให้ไม่สามารถใช้น้ำให้เกิดประโยชน์ได้

5. สี ทำให้เกิดทัศนียภาพที่ไม่ดีของแหล่งน้ำ และทำให้ปริมาณแสงที่จะส่งผ่านลงสู่แหล่งน้ำลดลง ส่งผลให้พืชน้ำไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้ ทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลง

6. โลหะหนัก (Heavy Metals) ทำให้เกิดโรคที่ร้ายแรงในสัตว์น้ำ และยังสามารถอยู่ในระบบนิเวศ ทำให้เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตต่างๆ รวมทั้งมนุษย์ด้วย

7. ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด จะไปเพิ่มสารอินทรีย์ในแหล่งน้ำ สามารถตกตะกอนทำให้แหล่งน้ำตื้นเขินทำให้มีผลกระทบต่อระบบนิเวศ สัตว์น้ำและทำลายทัศนียภาพของแหล่งน้ำด้วย

เมื่อของเสียถูกปล่อยออกมาจะต้องมีวิธีการบำบัดสิ่งสกปรกให้ลดลง ก่อนปล่อยออกจากโรงงาน การบำบัดน้ำเสียจากโรงงานสิ่งทอมีวิธีที่นิยมใช้ดังนี้

1. Ozone Treatment เป็นวิธีการกำจัดสีจากน้ำทิ้ง โดยการทำให้พันธะเคมีของโมเลกุลสีแตกออกกลายเป็นสารไม่มีสี แต่มีข้อเสียที่สารใหม่นี้อาจเป็นพิษได้ เนื่องจากสีย้อมส่วนใหญ่มักประกอบด้วย ไนโตรเจน คลอรีนหรือซัลเฟอร์

2. Activated Charcoal เป็นเทคนิคการดูดซับ (Adsorption) ที่นิยมใช้ในโรงงานขนาดเล็กและช่วงเวลาสั้นๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพกับสารประกอบอินทรีย์ที่ระเหยได้ (Volatile Organic Compound, VOC) ซึ่งจะถูกดูดติดบน Activated Charcoal และสาร VOC นี้สามารถหลุดได้ง่าย ทำให้สามารถนำ Activated Charcoal ซึ่งมีราคาสูงกลับมาใช้ซ้ำได้อีก แต่การทำให้โมเลกุลของสีที่ใหญ่ หลุดออกจากผิวของ Charcoal ทำได้ยาก มีต้นทุนสูง จึงไม่นิยมใช้ในโรงงานขนาดใหญ่

3. Membrane Technology แบ่งได้ 3 ประเภท คือ Ultrafiltration, Monofiltration และ Reverse osmosis ประเภทแรกไม่นิยมกำจัดสี อีกสองประเภทสามารถบำบัดน้ำเสียที่มีปริมาณมากได้อย่างรวดเร็ว แต่ต้นทุนค่าอุปกรณ์สูง

4. Coagulation/Flocculation การตกตะกอน (Coagulation) หรือการทำให้เกิดตะกอนฟุ้ง (Flocculation) ของน้ำทิ้งที่ถูกทำให้เป็นกลางก่อนที่จะปล่อยทิ้ง สามารถกำจัดความสกปรกและสีได้อย่างมีประสิทธิภาพและอยู่ในระดับมาตรฐานได้ โดยการใช้สารเคมีให้ถูกต้องและมีปริมาณเพียงพอสำหรับตัวอย่างเหล่านั้น

5. Activated Sludge เป็นวิธีการกำจัดทางชีววิทยา (Biological Treatment) ซึ่งเป็นการกำจัดสารอินทรีย์ออกจากน้ำทิ้งโดยใช้จุลินทรีย์ คือ แบคทีเรียที่ใช้ออกซิเจน น้ำทิ้งที่ผ่านกระบวนการกำจัดนี้จะไม่มีการก่อกำเนิดตะกอน เพราะผลปฏิกิริยาสุดท้ายจะได้คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ

เอกสารอ้างอิง

เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. 2535. วิศวกรรมกรรมการกำจัดน้ำเสีย เล่ม 2. พิมพ์ครั้งที่ 2.

กรุงเทพมหานคร : มิตรนราการพิมพ์.

ชนิดา เสมรัตน์. 2543. ประสิทธิภาพการกำจัดสีของน้ำทิ้งอุตสาหกรรมสิ่งทอด้วย

กระบวนการดูดซับผิวโดยใช้ถ่านที่ผลิตจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธงชัย พรธนะสวัสดิ์ และ วิบูลลักษณ์ วิสุทธีศักดิ์. 2540. คู่มือวิเคราะห์น้ำเสีย. กรุงเทพมหานคร

: สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย.

ศุจนีย์ คู่ยเสงี่ยม. 2544. การกำจัดตะกั่วและปรอทจากน้ำทิ้งอุตสาหกรรมสิ่งทอโดยใช้ถ่าน

กัมมันต์จากกะลาปาล์มและกะลามะพร้าว. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อภิชาติ หิรัญจิตต์. 2539. การกำจัดสีย้อมรีแอกทีฟจากน้ำเสียย้อมผ้าด้วยกระบวนการร่วมของ

การดูดซับผิวและโคแอกกูเลชัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

<http://www.tpa.or.th>

<http://www.diw.go.th>

<http://environnet.in.th>