บทที่ 5
การย้อมสีเส้นใยโปรตีน และเส้นใยอื่นๆ

เอกสารประกอบการสอนวิชาคอ 362 กระบวนการทางเคมีสิ่งทอ โดย รศ.ดร. อรุณี คงดี อัลเดรด

Tray dyeing

- สีที่นิยมใช้ย้อมเส้นใยโปรตีน เช่น ขนแกะ และไหม ได้แก่ สีแอซิด สีเมทัลคอมเพลกซ์ (สีพรีเมทัลไลซ์) และสีรีแอคทีฟ

5.1 การย้อมเส้นใยโปรตีนด้วยสีแอซิด

- สีแอซิดให้หลายเฉดสี
- นิยมใช้ในการย้อมเส้นใยโปรตีน จากการที่สีแอซิดมีประจุลบ (เมื่อละลายน้ำ) จึงย้อมเส้นใยที่เป็นประจุบวกได้ดี
- ให้ความคงทนต่อการซักและแสงแดดดีถึงดีมาก
- สีแอซิดสามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือสีเลเวลิง (leveling dye) หรือสีอิควอลไลซิง (equalizing) สีมิลลิง (milling dye) และสีซุปเปอร์มิลลิง (supermilling dye) ซึ่งมีสภาวะการย้อมแตกต่างกัน เช่น ค่าพีเอช และสมบัติอื่นๆ ดังรายละเอียดในตารางต่อไปนี้

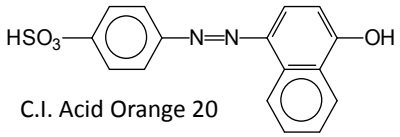
ตารางแสดงสีแอซิดกลุ่มต่างๆ และสมบัติของสีแอซิด

กลุ่ม	ค่าพีเอช	ความคงทนเมื่อเปียก	ระดับความสม่ำเสมอ
สีเลเวลิง	2-4	แย่	ดี
สีมิลลิง	4-6	ดี	แย่ถึงปานกลาง
สีซุปเปอร์มิลลิง	6-7	ดีมาก	แย่มาก

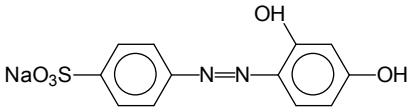
สีแอซิดทั้งสามกลุ่มแตกต่างกันในด้านขนาดของโมเลกุล ความซับซ้อนของโมเลกุล ดังนี้ คือ

- สีเลเวลิง (leveling dye) มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ ละลายน้ำได้ดีที่สุด
- สีมิลลิง (milling dye) น้ำหนักโมเลกุลสูงมากขึ้น ความสามารถในการละลายน้ำจะน้อยลง และโมเลกุลสีมีความซับซ้อนมากขึ้น
- สีซุปเปอร์มิลลิง (supermilling dye) มีน้ำหนักโมเลกุลสูงที่สุด จะละลายน้ำได้น้อยลง และโมเลกุลสีมีความซับซ้อนมากที่สุด เนื่องจากมีสายไฮโดรคาร์บอนยาว

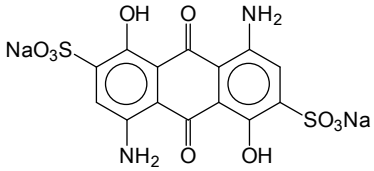
ตัวอย่างสีแอซิด



C.I. Acid Orange 20



C.I. Acid Orange 6



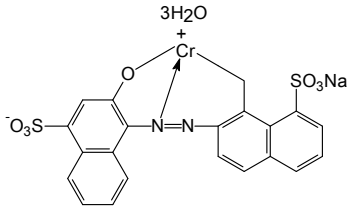
C.I. Acid Blue 45

5.2 การย้อมเส้นใยโปรตีนด้วยสีพรีเมทัลไลซ์

สีพรีเมทัลไลซ์ หรือสารประกอบเชิงซ้อนโครมของสีย้อม ถูกเตรียมขึ้นมาให้อยู่ใน รูปพร้อมใช้ โดยบริษัทผู้ผลิตสี

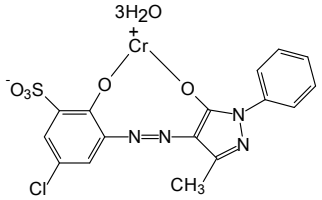
สีพรีเมทัลไลซ์ แบ่งออกเป็น 2 ชนิด ตามอัตราส่วนของจำนวนอะตอมโลหะต่อลิแกนด์จำนวนโมเลกุลสีที่จะเกิดเป็นสีเชิงซ้อน คือ

- สีเชิงซ้อนโครมที่มีอัตราส่วน 1:1 ได้แก่ C.I. Acid Blue 158, C.I. Acid Red 180
- สีเชิงซ้อนโครมที่มีอัตราส่วน 1:2 ได้แก่ C.I. Acid Red 296

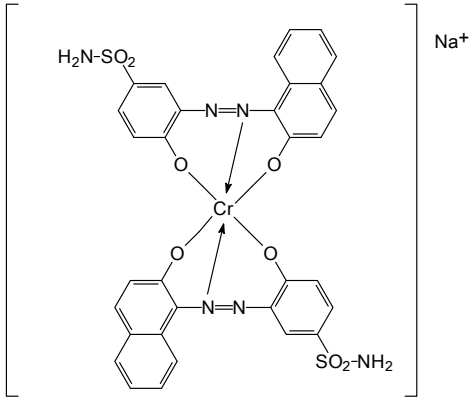


C.I. Acid Blue 158

อัตราส่วน 1:1



C.I. Acid Red 180



C.I. Acid Red 296

อัตราส่วน 1:2

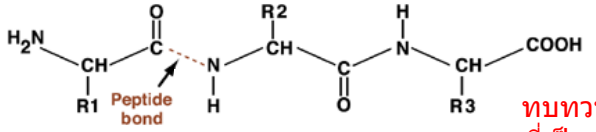
- สีเชิงซ้อนโครมที่มีอัตราส่วน 1:1 จะใช้ย้อมที่สภาวะความเป็นกรดสูง ซึ่งจะทำให้เกิดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างไอออน ระหว่างหมู่ซัลโฟเนตในโมเลกุลสีย้อมกับหมู่ที่เป็นประจุบวกในเส้นใย และแรงดึงดูดวานเดอวาลส์
- ที่พีเอชสูงขึ้นโครเมียมไอออนจะเข้าไปเกาะกับหมู่คาร์บอกซิลที่ถูกไอออไนซ์กับหมู่อะมิโน ทำให้เกิดพันธะโคออร์ดิเนตโควาเลนท์ได้ ดังนั้น สีเชิงซ้อนโครมที่มีอัตราส่วน 1:1 จึงเป็นเหมือนสีแอซิดที่เป็นสีเลเวลิง
- สีเชิงซ้อนโครมที่มีอัตราส่วน 1:2 ใช้ย้อมในภาวะที่เกือบเป็นกลาง โดยมีการเติมแอมโมเนียมอะซิเทต หรือแอมโมเนียมซัลเฟต สีเชิงซ้อนโครมที่มีอัตราส่วน 1:2 จึงเป็นเหมือนสีแอซิดที่เป็น
สีซุปเปอร์มิลลิง

Lone pair e-

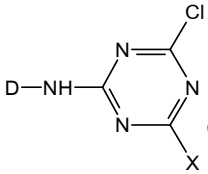
ประจุลบ

5.2 การย้อมเส้นใยโปรตีนด้วยสีรีแอคทีฟ

- สีรีแอคทีฟสามารถใช้ย้อมเส้นใยเซลลูโลสและเส้นใยโปรตีนได้
- เส้นใยขนแกะจะมีหมู่ฟังก์ชันที่สีรีแอคทีฟสามารถเข้าทำปฏิกิริยาได้ เช่น หมู่อะมิโน ไฮดรอกซิล และไทออล



ทบทวนกรดอะมิโนที่เป็นส่วนประกอบในโปรตีน!



คลอโรไตรเอซีล

$D\text{-}SO_2\text{-}CH{=}CH_2$

ไวนิลซัลโฟน

ตัวอย่างชื่อทางการค้าของสีรีแอคทีฟ

ชนิดของสี	ชื่อทางการค้าของสี
Monofunctional	
Dichlorotriazine	Procion MX (DyStar)
Aminochlorotriazine	Procion H (DyStar)
Aminofluorotriazine	Cibacron F (Ciba)
Trichloropyrimidine	Drimarene X (Clariant)
Chlorodifluoropyrimidine	Drimarene K (Clariant)
Dichloroquinoxaline	Levafix E (DyStar)
Sulphatoethylsulphone	Remazol (DyStar)
Sulphatoethylsulphonamide	Remazol D (DyStar)
Bifunctional	
Bis (aminochlorotriazine)	Procion H-E (DyStar)
Bis (aminonicotintriazine)	Kayacelon Direct (Nippon Kayaku)
Aminochlorotriazine-sulphatoethysulphone	Sumifix Supra (Sumitomo)
Aminofluorotriazine-sulphatoethysulphone	Cibacron C (Ciba)

ส่วนการย้อมสีรีแอคทีฟแบบต่อเนื่อง สามารถทำได้หลายวิธี ดังนี้

- จุ่มอัด-อบแห้ง-จุ่มอัด-อบไอน้ำ (pad-dry-pad-steam) เอาผ้าจุ่มลงไปในสีย้อมแล้วทำให้แห้ง แล้วจุ่มผ้าลงไปในสารละลายที่มีเกลือและอัล-คาไล แล้วทำอบด้วยไอน้ำ ล้างอีกครั้งด้วยน้ำ เทคนิคนี้สามารถใช้ในการย้อมเส้นใยผสมของพอลิเอสเทอร์และฝ้าย ด้วยสีดิสเพิร์สผสมกับสีรีแอคทีฟ

-จุ่มอัด-อบแห้ง-ผนึก (pad-dry-cure) ผ้าถูกจุ่มลงไปในสารละลายที่มีไบคาร์บอเนต และยูเรีย การผนึกที่อุณหภูมิสูงหลังจากทำให้แห้ง จะทำให้ไบคาร์บอเนตกลาย เป็นคาร์บอเนต น้ำจะถูกยูเรียจับไว้ ทำให้ระบบเป็นด่าง จึงทำให้โมเลกุลสีกับโมเลกุลเส้นใยทำปฏิกิริยากัน

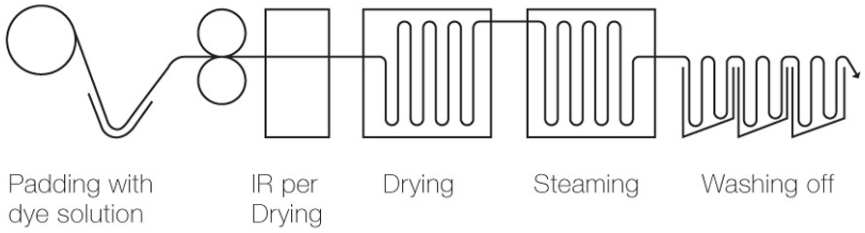
การย้อมแบบแช่ (batch)

การจุ่มอัด (padding)

batch

continuous

การย้อมแบบต่อเนื่อง



https://www.youtube.com/watch?v=NS7E6HYWaos

- การย้อมแบบจุ่มอัด-หมัก (pad-batch) เป็นเทคนิคที่ลงทุนต่ำที่สุดในการย้อมสีเส้นใยเซลลูโลสแบบเย็น (cold dyeing) จึงเหมาะกับการย้อมสีรีแอคทีฟที่มีความว่องไวต่อปฏิกิริยามาก
- การย้อมแบบจุ่มอัด-หมักสามารถทำได้โดยเอาผ้าจุ่มลงไปในอ่างที่มีสีรีแอคทีฟและอัลคาไล ให้มีพิ๊คอัพ (pick up) สูงประมาณ 135% จากนั้นห่อด้วยแผ่นพลาสติกเพื่อกันน้ำระเหยออก และไม่ให้อัลคาไลทำปฏิกิริยากับคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศ
- แล้วเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 ถึง 45 ชั่วโมง (ส่วนใหญ่ 24 ชั่วโมง)
- ซึ่งขึ้นอยู่กับความว่องไวต่อปฏิกิริยาของสีย้อม หลังจากนั้นล้างด้วยน้ำเย็น หรือน้ำร้อนก็ได้
- เทคนิคนี้สามารถใช้ย้อมเส้นใยผสมของพอลิเอสเทอร์กับเส้นใยฝ้ายได้

การย้อมสีรีแอคทีฟแบบจุ่มอัด-หมัก (pad-batch)

$$\%WPU = \frac{(W_p - W_i)}{W_i} \times 100$$

$\%WPU$ คือ เปอร์เซนต์เวทพิ๊กอัพ

W_p คือ น้ำหนักผ้าเปียกหลังจุ่มในสารละลายตกแต่งสำเร็จ

W_i คือ น้ำหนักผ้าแห้งก่อนการตกแต่งสำเร็จ

5.3 การย้อมสีเส้นใยสังเคราะห์และเส้นใยอื่นๆ

- ถึงแม้เส้นใยสังเคราะห์จะมีสิ่งสกปรกจากธรรมชาติเจือปนน้อยกว่าเส้นใยธรรมชาติ แต่ควรทำความสะอาดเส้นใยให้ปราศจากสารหล่อลื่น
- จากกระบวนการผลิตและสิ่งสกปรกที่ยังตกค้างอยู่ เส้นใยที่ค่อนข้างเหลืองอย่างเส้นใยอะคริลิกควรมีการฟอกด้วยเพอร์ออกไซด์ก่อนย้อม
- เส้นใยสังเคราะห์ ส่วนใหญ่สามารถย้อมได้ด้วย สีดิสเพิร์ส โดยเฉพาะอย่างยิ่งเส้นใยพอลิเอสเทอร์และเซลลูโลสไตรอะซิเทต
- พอลิเอไมด์ สามารถย้อมได้ด้วยสีแอซิด สีโลหะเชิงซ้อน และสีโครมมอร์แดนท์ได้ เนื่องจากมีหมู่อะมิโนและหมู่คาร์บอกซิลิกเช่นเดียวกับไหมและขนแกะ

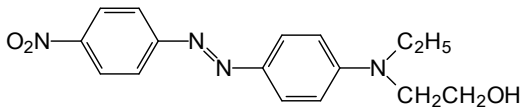
- เส้นใยอะคริลิก ซึ่งมีประจุลบสามารถย้อมได้ด้วยสีเบสิค ในบางครั้งมีการใช้สีอาโซอิกและสีแวทในการย้อมเส้นใยสังเคราะห์ด้วย
- เส้นใยพอลิพรอพิลีน ย้อมยาก แต่อาจย้อมได้ด้วยวิธีดังนี้
  - การใช้สารเติมแต่ง (additive)
  - การใช้ สีดิสเพิร์ส ย้อมที่อุณหภูมิสูงหรือย้อมด้วยเทคนิคคาร์บอนไดออกไซด์เหลวยิ่งยวด (supercritical carbon dioxide, $scCO_2$)
- เส้นใยพรอพิลีนที่มีปรับปรุงให้มีหมู่แคทไอออนิก (cationic group) สามารถย้อมได้ด้วยสีแอซิด
- หรือถ้ามีการเติมสารประกอบของนิกเกิลในเส้นใยเพื่อเป็นสารเพิ่มความเสถียร (stabilizer) ขณะปั่นเส้นใย จะสามารถใช้สีดิสเพิร์สย้อมได้ (ซึ่งคล้ายกับการย้อมเส้นใยที่ผ่านการมอร์แดนท์)

5.3 การย้อมสีดิสเพิร์ส

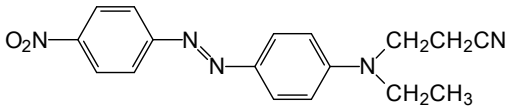
- สีดิสเพิร์สเป็นสีที่ ลอยกระจายตัวอยู่ในน้ำ เนื่องจากไม่ละลายน้ำได้
- สีดิสเพิร์สให้หลายเฉดสี แต่ไม่สดใสเท่ากับสีกลุ่มอื่น และเป็นสีที่ให้ค่าความคงทนต่อการซักและแสงสูง
- สีดิสเพิร์สอาจจะจัดเป็นสีเอโซ แอนทราควิโนน หรือไนโตรฟีนิลามีน ก็ได้ตามหมู่เคมีที่เป็นส่วนประกอบในโมเลกุล
- ถึงแม้จะมีหมู่เคมีที่มีขั้วในโมเลกุลบ้าง แต่สีดิสเพิร์สก็ไม่สามารถละลายน้ำหรือละลายได้น้อยมาก
- การย้อมสีดิสเพิร์สโดยทั่วไปทำได้โดย การแช่ (exhaustion) หรือการย้อมด้วย การผนึกด้วยความร้อนสูง (thermofixation หรือ thermosol)
- ในอ่างย้อมแบบแช่ประกอบด้วยสีดิสเพิร์สและสารช่วยย้อม ได้แก่ สารช่วยกระจายตัวและตัวพา (carrier) โดยที่สารช่วยกระจายตัวช่วยให้ขนาดของอนุภาคสีลดลง และทำให้ย้อมได้สีสม่ำเสมอ

การย้อมแบบแช่

ตัวอย่างของสีดิสเพิร์ส

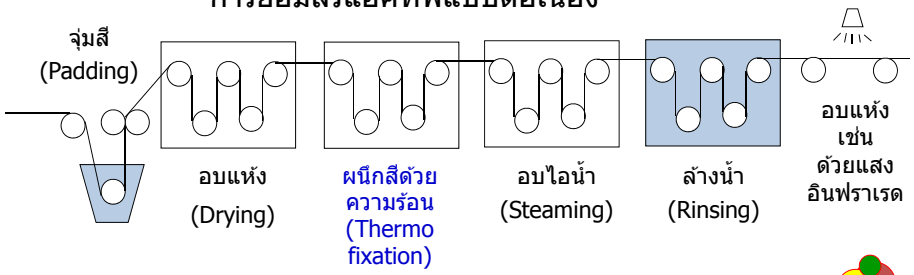


C.I. Disperse Red 1

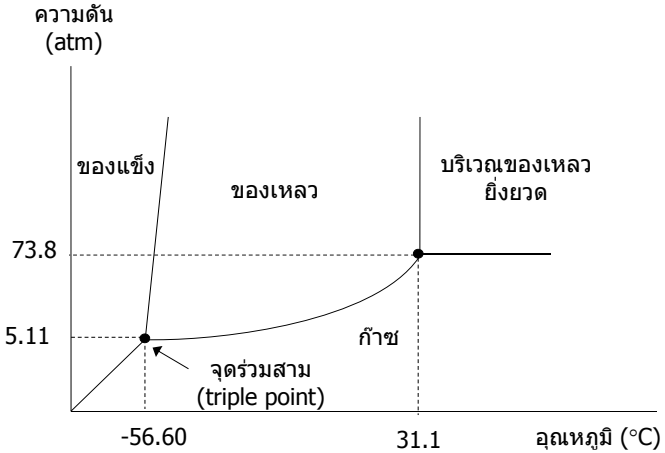


C.I. Disperse Orange 25

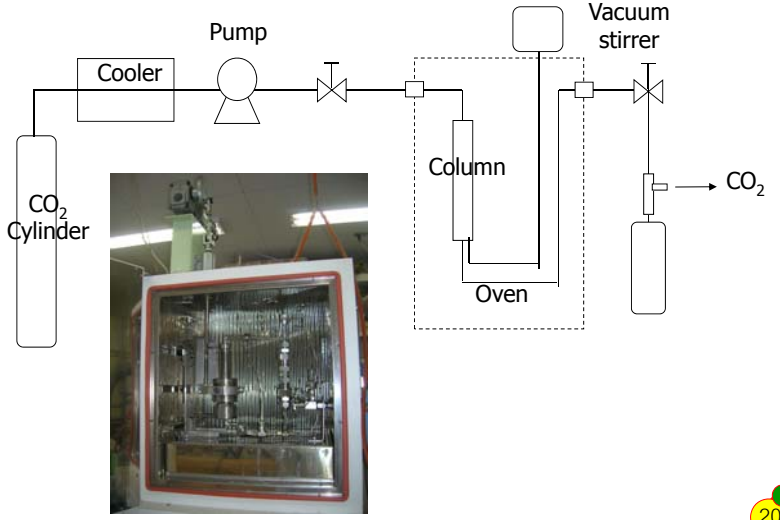
การย้อมสีรีแอคทีฟแบบต่อเนื่อง



- เทคนิคคาร์บอนไดออกไซด์เหลวยิ่งยวด ($scCO_2$) ใช้ย้อม เส้นใยที่ไม่ชอบน้ำ เช่น PET PP ด้วย สีดิสเพิร์ส



รูปแสดงส่วนประกอบของเครื่องคาร์บอนไดออกไซด์เหลวยิ่งยวด



$scCO_2$ ถูกใช้ในการปรับปรุงพื้นผิวพอลิเอสเทอร์ด้วยโปรตีนไหมเซริซีน ให้พอลิเอสเทอร์ดูดซึมน้ำได้ดียิ่งขึ้น เนื่องจากเกิดหมู่คาร์บอกซิลิก และหมู่ไฮดรอกซิลเกิดขึ้นที่พื้นผิวพอลิเอสเทอร์ ทำให้พอลิเอสเทอร์สามารถดูดซึมเมทิลีนบลู และสีแอซิดได้มากขึ้น

Impregnation of Silk Sericin into Polyester Fibers Using Supercritical Carbon Dioxide

Arunee Kongdee,[1] Satoko Okubayashi,[2] Isao Tabata,[3] Teruo Hori[4]

[1]*Department of Chemistry, Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290*
[2]*Venture Business Laboratory, University of Fukui, Bunkyo 3-9-1, Fukui 910-8507, Japan*
[3]*Technical Division, University of Fukui, Bunkyo 3-9-1, Fukui 910-8507, Japan*
[4]*Fiber Amenity Engineering Course, Graduate school of Engineering, University of Fukui, Bunkyo 3-9-1, Fukui 910-8507, Japan*

Received 17 May 2006; accepted 29 January 2007
DOI 10.1002/app.26314
Published online 3 May 2007 in Wiley InterScience (www.interscience.wiley.com).

ABSTRACT: Silk sericin was impregnated into polyester fabric using supercritical carbon dioxide ($SCCO_2$) to overcome polyester hydrophobicity. The effects of sericin molecular weight, pH of sericin, solution and cosolvent types on sericin impregnation were investigated. Enzyme-hydrolyzed, acid-, based-hydrolyzed sericin in $SCCO_2$, and a 30 kDa sericin in $SCCO_2$ modified with cosolvents such as water, methanol, 1-propanol, and acetone; and a modifier: sodium hydroxide solution were used in this work. Impregnation of sericin in polyester was indicated by Fourier transform infrared spectrophotometry (FTIR) and dyeing with acid dye. Degradation of polyester fibers during $SCCO_2$ process was indicated by scanning electron microscopy (SEM). Methylene blue dyeing was used to realize carboxyl group in polyester. The results showed no impregnation of sericin into polyester by using $SCCO_2$ modified with cosolvents. However, sericin was impregnated into modified surface polyester since hydrophilic groups such as carboxyl and hydroxyl groups were regenerated by alkaline hydrolysis. Samples impregnated with hydrolyzed sericin showed high color strength of Supranolechtbordeaux B acid dye. © 2007 Wiley Periodicals, Inc. J Appl Polym Sci 105: 2091–2097, 2007

Key words: polyester; fiber modification; supercritical carbon dioxide; sericin

21

การย้อมเส้นใยคอมพอสิท PET/co-PP ด้วยเทคนิคคาร์บอน-ไดออกไซด์เหลวยิ่งยวด

Dyes and Pigments 105 (2014) 163–166

Contents lists available at ScienceDirect

Dyes and Pigments

journal homepage: www.elsevier.com/locate/dyepig

Dyeing of PET/co-PP composite fibers using supercritical carbon dioxide

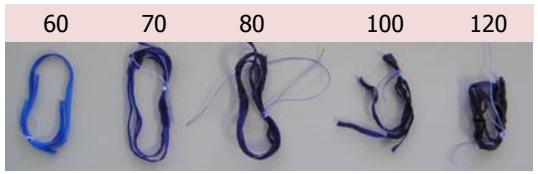
T. Hori [a], A. Kongdee [b,*]

[a] *Headquarters for Innovative Society-Academia Cooperation, University of Fukui, Bunkyo 3-9-1, Fukui 910-8507, Japan*
[b] *Program in Chemistry, Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai 50290, Thailand*

22

T = 60 70 80 100 120

T = 60 70 80 100 120



T = 60 70 80 100 120

23

ปริมาณสีเพิ่มขึ้น เมื่อ
- อุณหภูมิ การย้อมเพิ่มขึ้น
- ความดัน การย้อมเพิ่มขึ้น

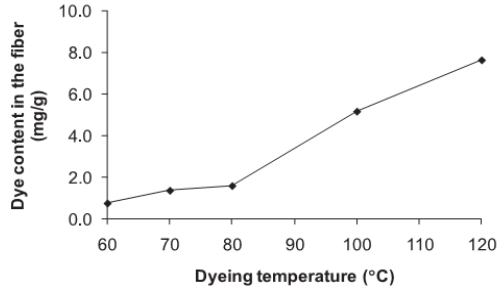


Fig. 4. Dye content in the fiber dyed with red dye at 60, 70, 80, 100 and 120 °C.

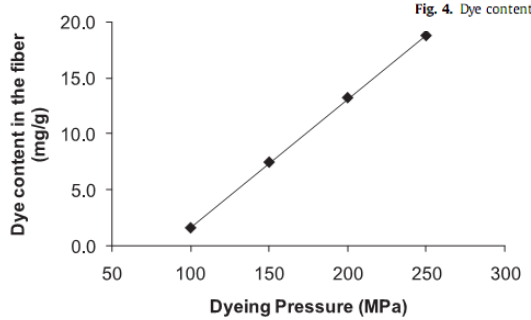


Fig. 7. Dye content in the fibers dyed with red dye at various pressures.

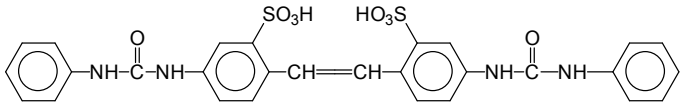
24

5.4 สารเรืองแสง

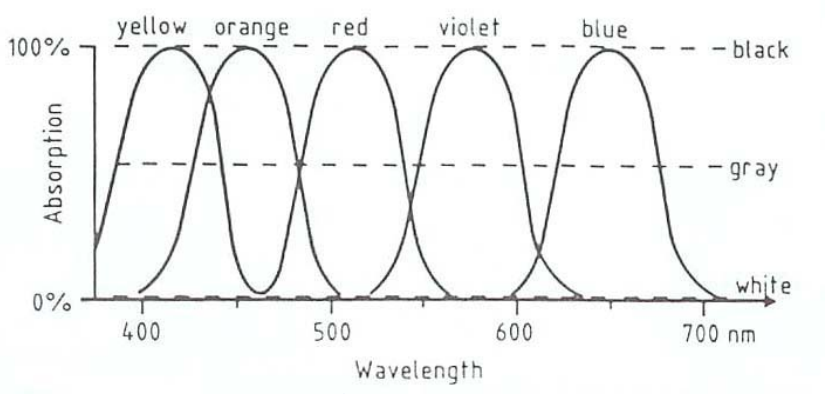
การเติมสารเรืองแสง (fluorescent brightening agent, FBA หรือ optical brightening agent, OPA)

- ทำให้ผ้าเกิดการสะท้อนแสงสว่างจ้ากว่าปกติ สังเกตได้ง่าย
- ใช้ย้อมหรือเคลือบลงบนชุดคนทำงาน ด้านความปลอดภัย เช่น ชุดนิรภัย ชุดนักดับเพลิง ชุดตำรวจจราจร
- เสื้อผ้าทั่วไปใส่เพื่อ ความสวยงาม ดึงดูดความสนใจ
- และช่วยกลบสีเหลือง ทำให้ดูขาว ดูเหมือนใหม่

25

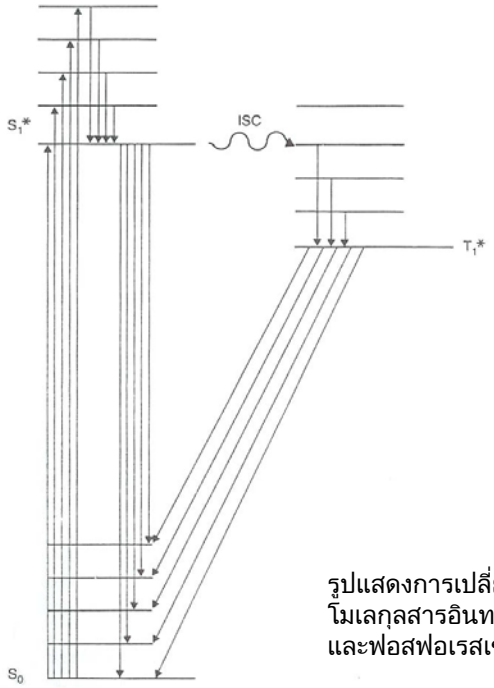


สารเรืองแสงแบลนโคฟอร์ (blancophor)



การดูดกลืนแสงของแสงสีต่างๆ ในช่วง 400 ถึง 700 นาโนเมตร

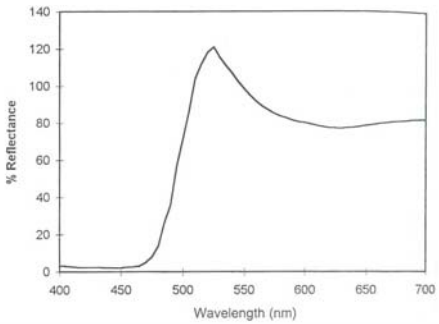
26



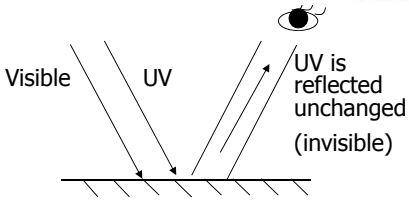
สารประกอบอินทรีย์สามารถเกิดปรากฏการณ์ฟลูออเรส-เซนส์ (fluorescence) และฟอสฟอเรสเซนส์ (phosphorescence) ได้ ซึ่งอธิบายด้วยแผนภาพของจา บลอนสกี้ (Jablonski diagram) ปรากฏการณ์ฟลูออเรสเซนส์ และฟอสฟอเรสเซนส์เกิดขึ้นเนื่องจากการดูดกลืนแสงของโมเลกุลสารประกอบอินทรีย์ แล้วเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาวะอิเลกตรอน

รูปแสดงการเปลี่ยนแปลงสภาวะของอิเลกตรอนของโมเลกุลสารอินทรีย์ที่ทำให้เกิดฟลูออเรสเซนส์และฟอสฟอเรสเซนส์

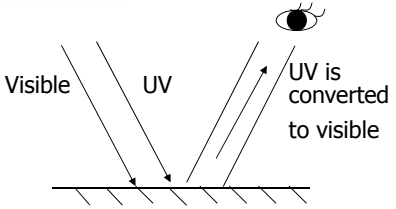
27



สเปกตรัมการสะท้อนแสงของวัสดุสีเขียวอมเหลืองที่เติมสารเรืองแสง



การมองเห็นสิ่งทอที่ไม่เติมสารเรืองแสง สิ่งทอจะมีความสว่างเท่าเดิมเนื่องจากแสงยูวีไม่ถูกเปลี่ยนไปเป็นแสงวิซิเบิล



การมองเห็นสิ่งทอที่เติมสารเรืองแสง สิ่งทอมีความสว่างมากขึ้นเนื่องจาก

ที่มีความเข้มสูง

28

5.5 เครื่องย้อมสี
Machinery for Dyeing Textiles

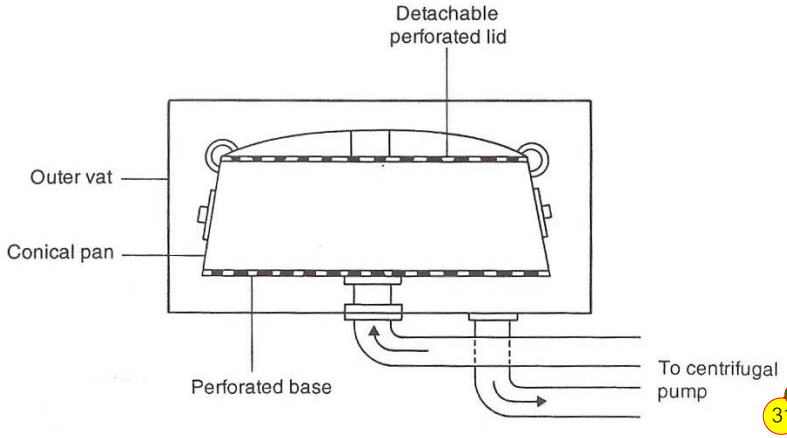
• เป้าหมายในการย้อมสี คือ เพื่อให้เกิดการย้ายโมเลกุลสีจากน้ำย้อมไปยังเส้นใยอย่างสม่ำเสมอและมากเพียงพอ
• ดังนั้นจึงมีการออกแบบเครื่องย้อมสิ่งทอใน 3 ลักษณะ ดังนี้
  - ให้วัสดุย้อมเคลื่อนที่ผ่านน้ำย้อม
  - ตรึงวัสดุย้อมให้อยู่นิ่ง แต่ปั๊มน้ำย้อมให้เคลื่อนที่ผ่านวัสดุย้อม
  - ให้ทั้งวัสดุย้อมและน้ำย้อมเคลื่อนที่
• โดยที่เครื่องมือย้อมที่ดีจะต้องมีการหมุนเวียนน้ำย้อมและวัสดุย้อมได้ดี ควบคุมอุณหภูมิได้ถูกต้อง และสม่ำเสมอ
• มีอัตราส่วนน้ำย้อมต่อวัสดุต่ำ เพื่อการประหยัดน้ำ พลังงาน สีย้อม และสารช่วยย้อม

• นอกจากนั้นเครื่องย้อมต้อง ทนต่อความร้อนและความดัน ทนต่อการกัดกร่อน ของสารช่วยย้อม สารลอกแป้ง สารทำความสะอาด กรด เบส ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ คอปเปอร์ไอออน เฟอร์ริกไอออน
• ย้อมวัสดุสิ่งทอได้หลายรูปแบบ คือ เส้นใยหลวม เส้นด้าย ผืนผ้า และผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป

5.5.1 การย้อมเส้นใย

• เมื่อวัสดุย้อมเป็น เส้นใยเกาะตัวแบบหลวมๆ (loose form fiber) จะต้องทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของน้ำย้อมผ่านไปยังเส้นใย มักใช้กับการย้อมเส้นใยขนแกะมากกว่าฝ้าย หรือเส้นใยสังเคราะห์
• เครื่องมือที่ใช้ย้อมมักมีรูปทรงคล้ายลูกชมพู่ (conical pan) หรือลูกแพร์ (pear-shaped)

เครื่องจะยึดเส้นใยไว้ แล้วปั๊มน้ำย้อมผ่านเส้นใยเบาๆ ให้มีความดันต่ำๆ การเคลื่อนที่ของน้ำย้อมจะทำให้เส้นใยกระแทกกับผนังเครื่องย้อม จากนั้นน้ำย้อมจะไหลผ่านไปยังแผ่นบน (top plate) แล้วตกลงมายังส่วนล่างของเครื่อง ในบางครั้งอาจมีทิศทางการไหลของน้ำย้อมสวนทางกัน และมีการให้ความร้อนทางด้านล่างของเครื่อง

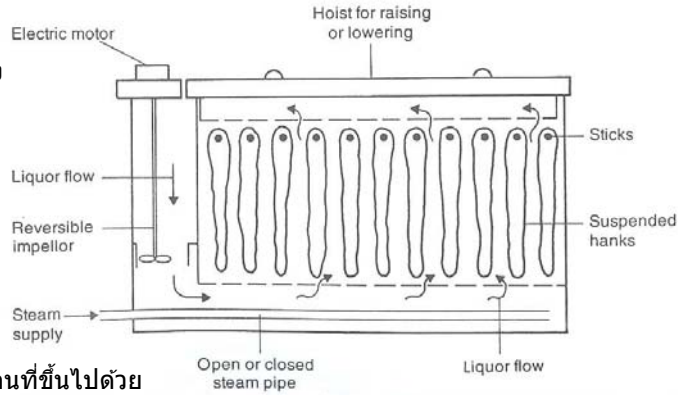


5.5.2 การย้อมเส้นด้าย

1. เครื่องย้อมเส้นด้ายเป็นไจ

การย้อมเส้นด้าย (hank dyeing) จะใช้เครื่องย้อมที่ไม่ซับซ้อน ควบคุมง่าย ให้คุณภาพการย้อมคงที่ เครื่องฮัสซอง (Hussong) เป็นเครื่องที่ใช้กันอยู่ทั่วไป

ด้ายเป็นเข็ดหรือไจ (hank) ประมาณครึ่งกิโลกรัมแขวนอยู่บนสติ๊ก (1 สติ๊กต่อ 1 ไจ) ไจด้ายจะจุ่มอยู่ในน้ำย้อม มีการให้ความร้อนจากด้านล่างของเครื่อง การเคลื่อนที่ของน้ำย้อมขึ้นด้านบนจะทำให้ไจด้ายเคลื่อนที่ขึ้นไปด้วย มีการออกแบบให้ไจด้ายเกิดความเสียหาย และไม่เกี่ยวกัน



อย่างไรก็ตาม มีการใช้แรงงานมากในการ ใส่ไจด้ายเข้าไปในเครื่องและเอาไจด้ายออกจากเครื่อง จึงกลายเป็นข้อด้อยของเครื่องย้อมชนิดนี้

2. เครื่องย้อมเส้นด้ายเป็นม้วน

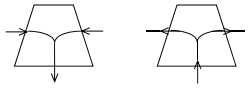
เส้นด้ายที่มีลักษณะเป็น ม้วน สามารถย้อมได้สะดวก และปริมาณการย้อมสูง เนื่องจากสามารถย้อมได้ทีละหลายๆ ม้วนด้วยเครื่องย้อม การย้อมแบบนี้เรียกว่า การย้อมแบบแพ็คเกท (package dyeing) ก่อนการย้อมเส้นด้ายจะมีการกรอเส้นด้ายใส่แกนย้อม (support) ที่มีรูเล็กๆ ก่อน

• แกนย้อมอาจด้วย พลาสติก หรือโลหะที่มีลักษณะเป็น โคน (cone) หรือทรงกระบอก (cylindrical) แกนย้อมที่เป็นพลาสติกราคาถูกกว่าโลหะ แต่อายุการใช้งานสั้นกว่า และอาจมีสีย้อมติดอยู่ได้ซึ่งจะทำให้เปรอะเปื้อนวัสดุย้อมเมื่อย้อมครั้งต่อไป

โคนด้าย

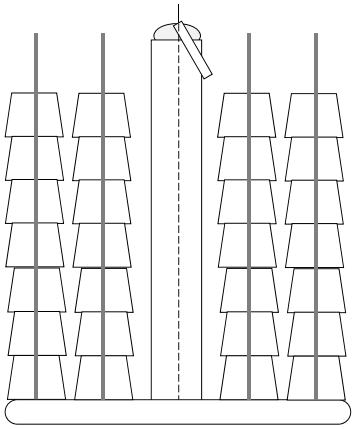
• แต่แกนย้อมพลาสติกไม่เป็นสนิมเหมือนกับแกนย้อมโลหะ
• การกรอด้าย (winding) ใส่แกนย้อมจะต้องสม่ำเสมอ แน่นเท่ากันทั้งม้วน และไม่แน่นเกินไป ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความสม่ำเสมอในการไหลของน้ำย้อมผ่านเส้นด้าย

เครื่องย้อมแบบโคน
(Cone dyeing machine)



เข้านอก-ออกใน

เข้าใน-ออกนอก



เครื่องย้อมแบบชีส
Cheese dyeing machine

https://www.youtube.com/watch?v=X7k3D0Mq7dc

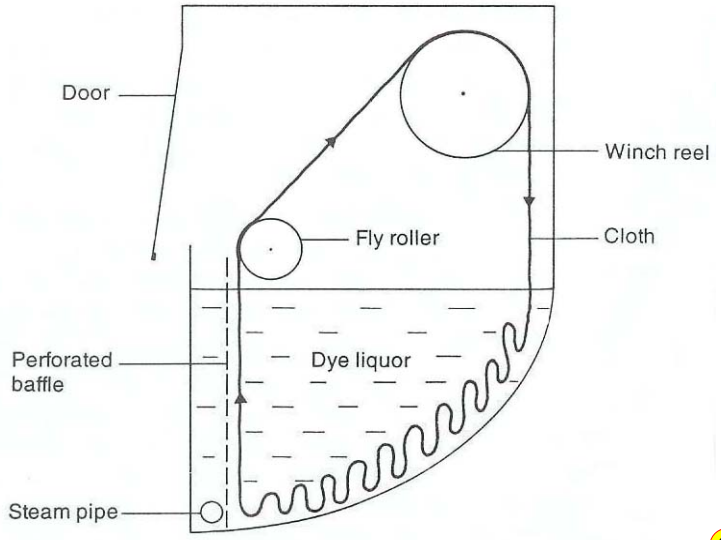
5.5.3 การย้อมผืนผ้า

การย้อมผืนผ้า (dyeing for woven and knitted fabric) เป็นครั้งๆ อย่างไม่ต่อเนื่อง (batch dyeing machine) ได้แก่ การย้อมด้วยเครื่องวินช์ จิ๊กเกอร์ บีม หรือเจ็ท

1. เครื่องวินช์

เครื่องวินช์ (winch) เป็นเครื่องย้อมที่นิยมใช้กัน เนื่องจาก ใช้ง่าย ราคาถูก เครื่องจะมีส่วนประกอบเป็นถังลึกเพื่อใส่น้ำย้อม ด้านบนของเครื่องจะมีลูกกลิ้งสองอัน ผ้าผืนจะถูกเย็บต่อปลายเข้าด้วยกัน และถูกรวบเข้าด้วยกันตามหน้ากว้างของผ้าให้มีลักษณะเป็นโรพ (rope form) วางพาดอยู่บนลูกกลิ้งด้านบน (winch reel) จะมีมอเตอร์ไว้คอยลำเลียงผ้าให้ผ่านน้ำย้อม เสมือนว่าน้ำย้อมถูกกวนตลอดเวลา ขณะผ้าที่ผ่านน้ำย้อมแล้วเคลื่อนที่ในแนวตั้งขึ้นไปที่โรลด้านบน จะมีแรงกดจากผ้าเปียก ทำให้น้ำย้อมที่ถูกขังไว้ภายในโรพไหลออกมาจากผ้า ผ้าจะคลี่ตัวออกเพื่อที่จะลงไปสัมผัสน้ำย้อมด้านล่างใหม่ แล้วเคลื่อนที่ไปด้านหน้าของเครื่อง วนเป็น cycle ไปเรื่อยๆ

ภาพตัดขวางของเครื่องวินช์



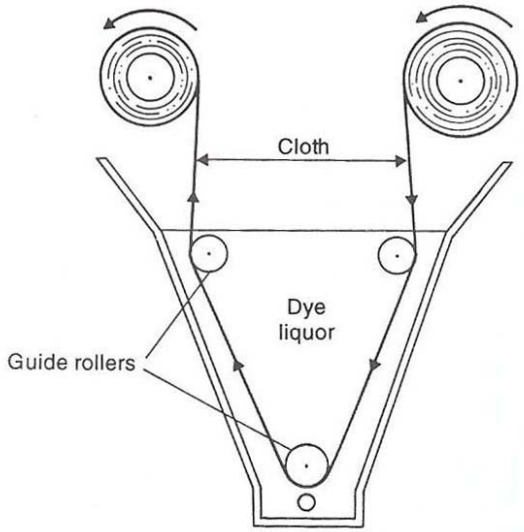
- ผ้าในเครื่องย้อมมีลักษณะเป็น rope จึงอาจเกิด การด่าง (uneveness) ได้ ถ้าผ้าไม่คลี่ตัวออกเมื่อเคลื่อนที่ลงมาจุ่มในน้ำย้อม
- แต่สามารถแก้ปัญหาได้โดยการใช้มือคลี่ผ้าออกเมื่อผ้าเคลื่อนที่ไปยังลูกกลิ้งด้านบน
- นอกจากนี้ การย้อมด้วยเครื่องวินซ์จะใช้น้ำย้อมปริมาณมาก มีอัตราส่วนน้ำย้อมต่อผ้าสูง คือ 20–40 : 1 จึงสิ้นเปลืองพลังงานความร้อน สี สารช่วยย้อม และน้ำ
- นอกจากเครื่องวินช์จะใช้ในการย้อมสีแล้วสามารถใช้ใน desizing, scouring, bleaching และ rinsing ได้

https://www.youtube.com/watch?v=UIwOoVSfUMg

2. เครื่องจิ๊กเกอร์

- เครื่องจิ๊กเกอร์ (jigger) ประกอบด้วยลูกกลิ้งอยู่ด้านบน 2 อัน อยู่คนละด้านของเครื่อง และลูกกลิ้งเล็กอยู่ในอ่างย้อม ผ้าจะถูกม้วนที่ลูกกลิ้งด้านบนด้านหนึ่ง แล้วผ้าจะผ่านเข้าไปในสีย้อมในเครื่อง แล้วถูกม้วนเก็บไว้ที่ลูกกลิ้งด้านบนอีกด้าน เมื่อผ้าเคลื่อนตัวออกจากลูกกลิ้งอันแรกจนหมด
- ลูกกลิ้งจะนำผ้าที่ผ่านน้ำย้อมรอบแรกเคลื่อนที่ย้อนกลับมาที่น้ำย้อมอีก
- เครื่องจิ๊กเกอร์ใช้ ย้อมสีแวท ได้ดี เนื่องจากผ้าถูกม้วนแน่นที่ลูกกลิ้ง โอกาสที่สีแวทจะสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศจึงมีน้อย
- อัตราส่วนน้ำย้อมต่อผ้าของเครื่องจิ๊กเกอร์อยู่ในช่วง 1.5:1 ถึง 1:1
- ผ้าที่อยู่ตรงกลางของม้วนจะมีสีเข้มกว่าผ้าที่อยู่ตรงปลายม้วน

เครื่องจิ๊กเกอร์ (Jigger)



3. เครื่องบีม (beam dyeing)

- ผ้าจะถูกม้วนไว้กับ บีมที่มีผ้าฝ้ายตาข่ายม้วน อยู่ก่อนเพื่อกรองเศษต่างๆ เช่น สีที่ไม่ละลายน้ำ และนอกจากนั้นตาข่ายยังทำให้เกิดการไหลอย่างสม่ำเสมอของน้ำย้อม
- ส่วนบีมเองจะมีรูให้น้ำย้อมไหลผ่าน
- จากนั้นบีมจะถูกนำไปประกอบกับเครื่องในถังย้อม (vessel) ในแนวนอน ที่มีความทนทานต่อแรงดันและอุณหภูมิสูง จึงย้อมได้ที่ 130–135 ° C
- บีมที่ใช้อาจยาวถึง 4.5 เมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 2 เมตร ซึ่งสามารถทำให้ย้อมผ้าผืนยาวถึง 7,000 เมตรได้
- มีอัตราส่วนน้ำย้อมต่อผ้าประมาณ 15:1

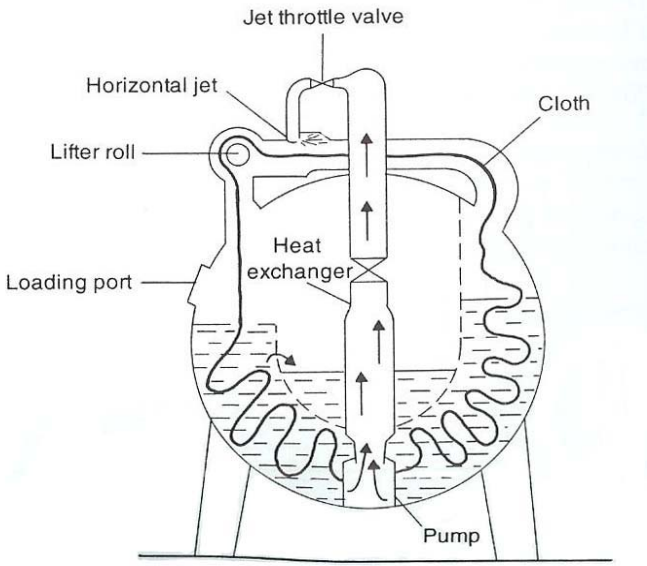
Beam dyeing machine

Dyed beam

4. เครื่องเจ็ท

- ผ้าจะเคลื่อนที่ผ่านน้ำย้อมที่ พ่นออกมาจากหัวเจ็ท ผ้าจะเคลื่อนที่หมุนเป็นวงรอบๆแล้วเกิดการดูดซึมสีย้อม
- จากนั้นผ้าจะผ่านไปยังหัวเจ็ทที่อยู่ด้านบนของเครื่อง
- การพ่นน้ำย้อมเข้าไปในผ้าจึงทำให้อัตราการย้อมสูง ผ้ามีความเข้มสีสม่ำเสมอ
- ผ้าใช้เวลาน้อยในการผ่านหัวเจ็ทน้อยกว่า 1 วินาที และการย้อม 1 รอบใช้เวลาประมาณ 1 นาที

Jet dyeing machine

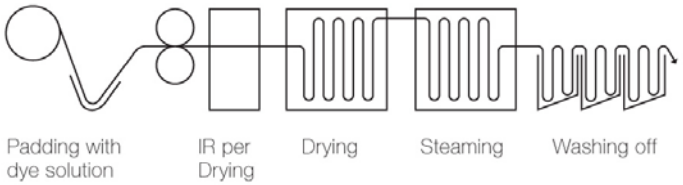


5. เครื่องย้อมแบบต่อเนื่อง

• การย้อมแบบต่อเนื่อง (continuous dyeing) มีข้อดีมากกว่าการย้อมเป็นครั้งๆ ในแง่ความสม่ำเสมอของสี ความเข้มสีผ้าเมื่อย้อมคนละครั้ง และย้อมผ้าได้ในปริมาณมาก เช่น ย้อมผ้าที่มีความยาวสูงถึง 10,000 ถึง 15,000 เมตร

• ชนิดของผ้า ที่จะนำมาย้อมแบบต่อเนื่องเช่น ฝ้าย เส้นใยผสมพอลิเอสเทอร์/ฝ้าย (ทีซี) เส้นใยผสมพอลิเอสเทอร์/วิสคอส (ทีอาร์) ใช้ย้อมสีรีแอคทีฟ แวท ซัลเฟอร์ ไดเรก อาโซอิก และสีดิสเพิร์สสำหรับพอลิเอสเทอร์

• เครื่องที่ใช้ย้อมผ้าแบบต่อเนื่อง อาจจะใช้ในการทำความสะอาด ฟอกขาว หรือตกแต่งสำเร็จได้



3.5.4 การย้อมผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป

การย้อมผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปเริ่มเข้ามามีบทบาทมากขึ้นในปัจจุบัน เนื่องจากความต้องการในการตัดสินใจขั้นสุดท้ายเพื่อเลือกสีให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ที่ ออกแบบมาตามสมัยนิยม หรือความต้องการในการ ย้อมสีเดิมตามการสั่งซื้อที่เพิ่มมากขึ้น

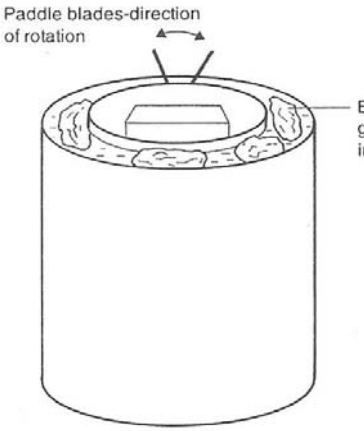
• การย้อมสีผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปจึงช่วยลดปริมาณผ้าม้วนที่ย้อมไว้เป็นปริมาณมากแต่เฉดสีนั้นไม่ได้รับความนิยมในเวลาต่อมา

• ใช้ย้อมผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป เช่น ถุงเท้า ถุงน่อง หมวก เสื้อกันหนาว หรือผลิตภัณฑ์จากการทอก็ได้

• ย้อมได้กับเส้นใยทุกชนิดตั้งแต่ฝ้าย เส้นใยผสม/พอลิเอสเทอร์ หรือวิสคอส

• อย่างไรก็ตาม การไหลเวียนของน้ำย้อมในเครื่องต้องไม่แรงเกินไป เนื่องจากจะทำให้ผ้าเสียหายได้ และทำให้ผ้าหดตัวได้

•ได้มีการออกแบบเครื่องย้อมให้สามารถย้อมผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปที่อุณหภูมิห้องสำหรับเส้นใยทั่วไป และอุณหภูมิสูงสำหรับเส้นใยพอลิเอสเทอร์



เครื่องย้อมใบพัดด้านข้าง

Tumbler dyeing machine