

## บทที่ 2 การฟอกขาวและการทำมันเส้นใยสิ่งทอ



เอกสารประกอบการสอนคม 362 กระบวนการทางเคมีสิ่งทอ โดยรศ.ดร.อรุณี คงดี อัลเดรด

1

## การ Pretreatment สิ่งทอ

- เป็นกระบวนการ treatment วัสดุสิ่งทอก่อนทำกระบวนการอื่น เช่น การย้อม หรือพิมพ์ หรือตกแต่งสำเร็จ ต่อไป
  - การทำความสะอาด (Scouring)
  - การฟอกขาว (Bleaching)
  - การชุบมัน (Mercerization)
- ทั้งสามกระบวนการเป็น wet process

2

## การฟอกขาว (bleaching)

### 2.1 วัตถุประสงค์

- เพื่อ กำจัดสี ที่มีอยู่ตามธรรมชาติในวัสดุออก

### 2.2 วิธีการฟอกขาว

- การตากแดด
- แช่ในสารละลายต่างที่มีอยู่ในธรรมชาติ(ใช้ในอดีต)
- ใช้ สารเคมี ซึ่งให้ผลรวดเร็วกว่า แต่ขณะเดียวกันก็ทำให้เส้นใยเปื่อยสูญเสียความแข็งแรงได้

3

สารฟอกขาว	สูตรเคมี
<b>กลุ่ม 1 Chlorine Oxidants</b>	
Sodium hypochlorite	NaOCl
Sodium chlorite	NaOCl <sub>2</sub>
Sodium dichloroisocyanurate	N,N'-dichloro compound
<b>กลุ่ม 2 Inorganic peroxide Oxidants</b>	
Hydrogen peroxide	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
Ozone	O <sub>3</sub>
Sulfur dioxide	SO <sub>2</sub>
Sodium perborate	NaBO <sub>2</sub> ·H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ·3H <sub>2</sub> O
Potassium permanganate	KMnO <sub>4</sub>
Sodium percarbonate	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ·3H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
Sodium bromate	NaBrO <sub>3</sub>
Sodium bromite	NaBrO <sub>2</sub>
Potassium peroxydiphosphate	K <sub>4</sub> P <sub>2</sub> O <sub>8</sub>
Ammonium perdisulfate	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>8</sub>
Ammonium hydrogen permonosulfate	NH <sub>4</sub> HSO <sub>5</sub>
Tetra-acetylenediamine / hydrogen peroxide	Generates CH <sub>3</sub> CO-OOH

4

สารฟอกขาว	สูตรเคมี
<b>กลุ่ม 3 Organic peroxide Oxidants</b>	
Peracetic acid	CH <sub>3</sub> CO-OOH
Peroxydodecanedionic acid	HOO-CO-(CH <sub>2</sub> ) <sub>10</sub> -COOH
Tetra-acetythylenediamine / hydrogen peroxide	Generates CH <sub>3</sub> CO-OOH
<b>กลุ่ม 4 Reductant</b>	
Sulfur dioxide	SO <sub>2</sub>
Sulfuric acid	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Sodium bisulfite	NaHSO <sub>3</sub>
Sodium sulfite	NaH <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>
Sodium hydrosulfite (Sulfoxylate, dithionite)	NaO <sub>2</sub> SSO <sub>2</sub> Na
Sodium formaldehyde sulfoxylate (sodium hydroxylmethanesulfinate)	HOCH <sub>2</sub> SO <sub>2</sub> Na
Sodium borohydride	NaBH <sub>4</sub>
Thiourea dioxide (formamidine sulfonic acid)	H <sub>2</sub> NC(=NH)SO <sub>2</sub> H
Sodium sulfinate	HSO <sub>2</sub> Na
Trisodium trithioisocyanurate / hydrogen peroxide	Generates HSO <sub>2</sub> Na

5

## Oxidative bleaching agents

Peroxide system	Chlorine system
Hydrogen peroxide	Bleaching powder
Sodium peroxide	Sodium hypochlorite
Sodium perborate	Sodium chloride
Peracetic acid	

## Reductive bleaching agents

Sulfur dioxide  
Sodium hydrosulphite  
Sulphoxylates  
Sodium bisulphite

6

## 2.3 สูตรของสารละลายที่ใช้ในการฟอกขาว

- สารฟอกขาว
- บัฟเฟอร์
- สารลดแรงตึงผิว
- สารจับโลหะ เช่น ซิลิเกต ฟอสเฟต ออกซาเลต ซึ่งจะไปจับกับไอออนของโลหะเพื่อป้องกันการเกิดฟรีแรดิกัลที่จะเข้าไปทำลายเส้นใย
- สารทำให้ขาว (optical brightening agent) เต็มในบางสูตร
- สารฟอกขาวบางสูตรเรียกว่า เมทัลชอลท์ จากการมี โซเดียมไฮดรอกไซด์ แอมโมเนีย โซเดียมไนเตรด เป็นส่วนประกอบ

7

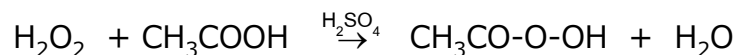
## 2.4 สารฟอกขาวที่สำคัญ

### 2.4.1 ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์

- เป็นสารออกซิไดซ์ที่นิยมใช้ในการฟอกเส้นใยมากที่สุด
- แยกตัวได้ดีในสารละลายที่มีค่าพีเอชสูง เช่นที่พีเอช 11.5 ซึ่งสามารถปรับด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์และโซเดียมคาร์บอเนตสำหรับฝ้าย แอมโมเนียและเตตราโซเดียมไพโรฟอสเฟตสำหรับเส้นใยขนสัตว์ ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์แตกตัวให้ไฮโดรเจนไอออน และเพอร์ไฮดรอกซิลไอออน (HOO<sup>-</sup>) แต่การฟอกที่ภาวะนี้จะทำให้ฝ้ายเกิดความเสียหายได้

8

การใช้สารกลุ่มเปอร์แอซิด เช่น กรดเพอร์อะซิติก ช่วยในการฟอกขาว และมีกรดซัลฟูริกเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาความขาวของเส้นใย ฝ้ายด้วยไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ได้ที่ อุณหภูมิต่ำ

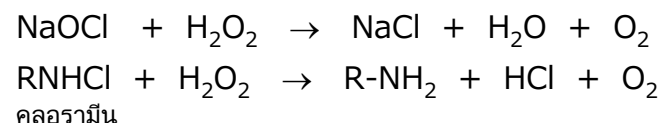


### 2.4.2 สารประกอบไฮโปคลอไรท์

- เป็น สารออกซิไดซ์ที่รุนแรง
- ใช้ฟอกขาวได้ดีที่อุณหภูมิต่ำ มีความเสถียรที่พีเอช 10
- โซเดียมไฮโปคลอไรท์อยู่ในรูปของเหลว
- แคลเซียมคลอไรท์อยู่ในรูปของแข็ง
- สารประกอบคลอไรท์จะแตกตัวให้ ก๊าซคลอรีน และไฮดรอกซิลไอออนที่ทำให้เกิดการฟอกขาวได้
- การเติมกรดเพื่อลดค่าพีเอชให้อยู่ในช่วง 5.0-8.5 จะทำให้เกิดกรดไฮโปคลอรัส

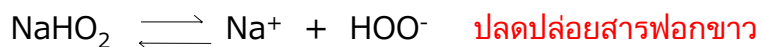
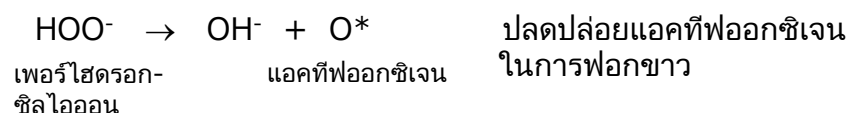
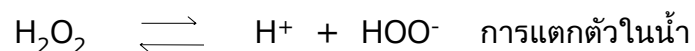
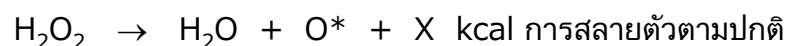
9

- การฟอกขาวด้วยสารประกอบไฮโปคลอไรท์จะทำให้เส้นใยเปื่อยง่ายและมีสีเหลือง โดยเฉพาะกับเส้นใยโปรตีนหรือไนลอน
- หลังการฟอกจึงต้องล้างคลอรีนที่ตกค้างออกด้วยสารรีดิวซ์ เช่น โซเดียมไบซัลไฟท์ โซเดียมไทโอซัลเฟต หรือไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ แล้วปรับสภาพให้ผ้ามีความเป็นกลางเรียกว่า การต้านคลอรีน (anti-chlor)
- จะเกิดปฏิกิริยาขึ้นระหว่างแอกทีฟคลอรีน และคลอรามิน (RNHCl ซึ่งเกิดขึ้นจากการที่เส้นใยโปรตีนทำปฏิกิริยากับสารประกอบไฮโปคลอไรท์) กับไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์



10

### ปฏิกิริยาการฟอกขาวของไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์



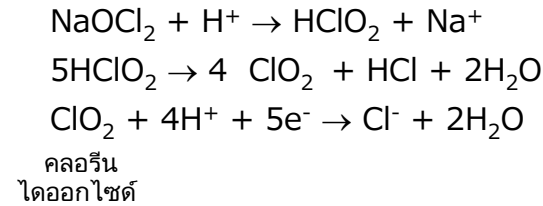
11

- ที่พีเอช 10.5 - 11.5 ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์แตกตัวกลายเป็นออกซิเจนได้อย่างรวดเร็ว
- ทำให้ผ้าฝ้ายเสียหายจึงต้องเติม สารเพิ่มความคงตัว (stabilizer) เช่น EDTA หรือโซเดียมซิลิเกต หรือกรดเพอร์อะซิติกที่มีกรดซัลฟูริกเป็นตัวเร่ง เพื่อให้ปฏิกิริยาการแตกตัวเกิดขึ้นช้าลง
- โดยทั่วไปจะใช้สารเพิ่มความคงตัว 10-20 % ของปริมาณไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ที่ใช้

12

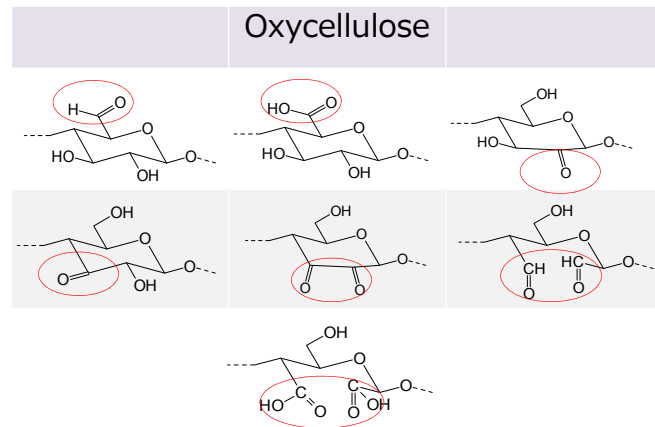
### 2.4.3 สารประกอบคลอไรท์

สารประกอบคลอไรท์ เช่น โซเดียมคลอไรท์ มีลักษณะเป็นของแข็งสามารถก่อให้เกิด คลอรีนไดออกไซด์ (ClO<sub>2</sub>) ที่สลายตัวง่ายแล้วทำให้เกิดการฟอกขาวขึ้น



### 2.4.4 คลอรีนไดออกไซด์

- เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการฟอกขาวเป็นสารอันตราย
- กัดกร่อนโลหะ ที่เป็นส่วนประกอบของเครื่องจักรได้
- การฟอกขาวด้วยโซเดียมคลอไรท์ทำได้ที่พีเอช 3.5-4.0 ในสารละลายบัฟเฟอร์ เช่น โซเดียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต การฟอกฝ้ายที่พีเอชในช่วง 1.76-6.05 ที่ 20°C
- การฟอกขาวด้วยคลอรีนไดออกไซด์ทำให้เกิด ออกซีเซลลูโลส (oxycellulose) ได้ง่าย
- ออกซีเซลลูโลสเกิดจาก ปฏิกิริยาออกซิเดชัน ของเซลลูโลสเมื่อฟอกขาวด้วยสารกลุ่มออกซิแดนท์เช่นกัน
- ทำให้ หมู่ไฮดรอกซิล ของเซลลูโลสกลายเป็น หมู่อัลดีไฮด์ คีโตน และคาร์บอกซิล



- สามารถตรวจสอบการเกิดออกซีเซลลูโลสได้จาก
  - การลดลงของความหนืดของสารละลาย
  - การลดลงของความแข็งแรงของเส้นใย
  - การเพิ่มขึ้นของจำนวนหมู่คาร์บอนิล

### 2.4.5 Peracetic acid

- เป็นสารออกซิไดซ์ที่แรง
- เป็นสารออกซิไดซ์ที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าคลอรีนและคลอรีนไดออกไซด์

ข้อดี	ข้อเสีย
• เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม	• ความเข้มข้นสูงถึง 35-40% ทำให้ระเหิดได้
• ฟอกขาวเส้นใยไนลอนได้ดี	• ราคาแพงเมื่อเทียบกับ H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
• ทำให้เส้นใยขาวมากและเส้นใยไม่เสียหาย	• ความเสถียรต่ำกว่า H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>

## เปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของการฟอกขาวด้วยสารต่างชนิด

สารฟอกขาว	ข้อดี	ข้อเสีย
ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์	ผ้าเกิดการเหลือง (yellowing) ใช้กับเส้นใยโปรตีนได้ ไม่เป็นพิษ ปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม	ทำให้ผ้าเป็นรู (pinholes) ได้ถ้าน้ำที่ใช้ฟอกมีไอออนของเหล็กปนอยู่ กัดกร่อนผิวหนัง ทำให้เกิดการติดไฟได้
สารประกอบไฮโปคลอไรท์	ราคาถูก ประสิทธิภาพการฟอกสูง ใช้งานง่าย	ให้ก๊าซที่เป็นพิษที่กัดกร่อนโลหะ เนื้อเยื่อร่างกาย ใช้กับเส้นใยโปรตีนไม่ได้ เกิดการสลายตัวอย่างรวดเร็ว ในขณะที่การเก็บรักษา
สารประกอบคลอไรท์	ไม่ทำให้ผ้าเป็นรู ไม่ทำลายเส้นใยเซลลูโลส ประสิทธิภาพการฟอกสูง ใช้งานในสภาวะกรด	มีกลิ่นฉุน ใช้กับเส้นใยโปรตีนไม่ได้ ให้ก๊าซที่เป็นพิษที่กัดกร่อนโลหะ เนื้อเยื่อร่างกาย สูงมาก เกิดมลภาวะจากก๊าซคลอรีน

## คั้นการฟอกขาวด้วย sod. bisulfite

18

### Typical recipe for BATCH production

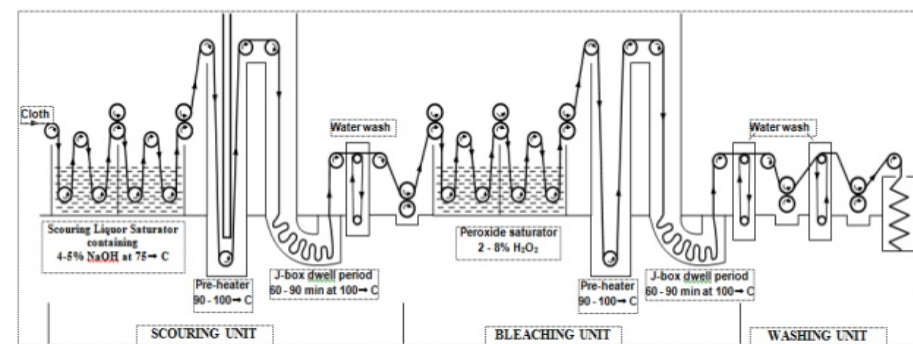
Hydrogen peroxide (35% by weight)	1-2 % (owf)	T= 85 – 90 °C
Sodium silicate	2 % (owf)	T = 1 – 6 hr
Sodium hydroxide	0.25 % (owf)	
Soda ash (Sodium carbonate)	1 % (owf)	

### Typical recipe for semi-continuous production

Hydrogen peroxide (35% by weight)	2 – 8 % (owf)	T= 85 – 90 °C
Sodium silicate	3 % (owf)	T = 1 – 6 hr
Sodium hydroxide	0.4 – 0.6 % (owf)	pH 10.5 – 11.5
Soda ash (Sodium carbonate)	0.8 – 6 % (owf)	

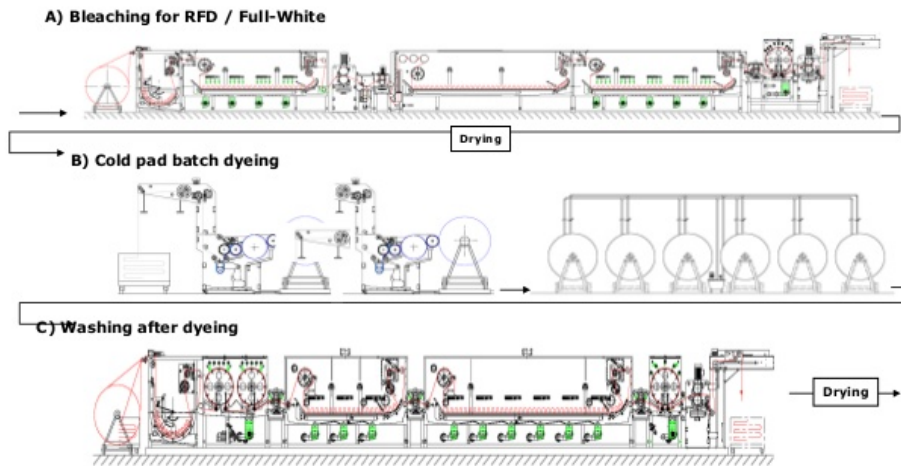
19

### Continuous Scouring and Bleaching by J box



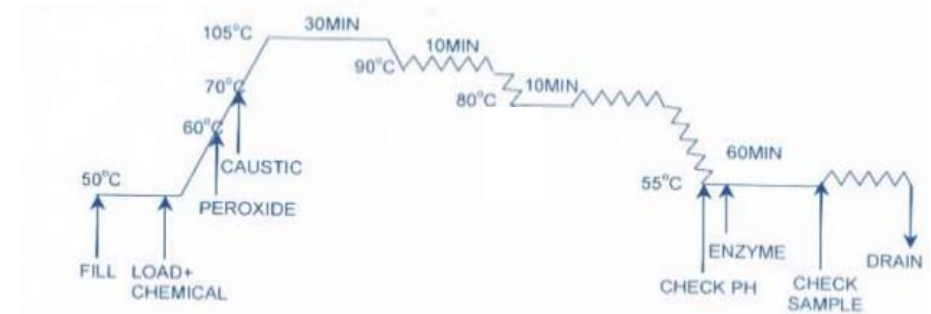
20

## Complete Process Cycle In A Continuous Processing



21

## Process curve of single stage cotton scouring & bleaching process



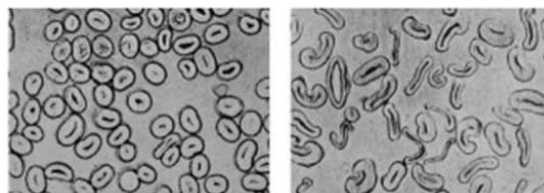
22

## 2.5 การทำมันหรือการชุบมัน (Mercerization)



John Mercer  
(1791 - 1866)

- John Mercer จด สิทธิบัตร กระบวนการเมอร์เซอไรเซชันในปี 1890
- แช่ใน NaOH soln เข้มข้น 16 - 24 %
- การชุบมันสามารถทำหลังจาก desizing
- การชุบมันสามารถทำหลังจาก desizing และ scouring
- การชุบมันสามารถทำหลังจาก bleaching
- การชุบมันสามารถทำหลังจาก dyeing

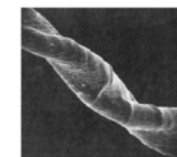


Mercerised cotton

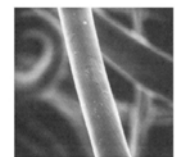
Not mercerised cotton

### 2.5.1 ผลของความเข้มข้น NaOH ต่อลักษณะเส้นใยฝ้าย

NaOH	Behavior of cotton fiber
15 deg	No change
16 - 18 deg	In complete untwisting
26 deg	Rapid untwisting
35 deg	Untwisting followed by swelling
40 deg	Untwisting and swelling together

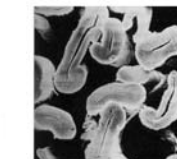


Enlarged fiber segment showing the wrinkled primary wall surface

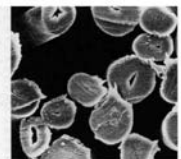


Tubular mercerized cotton fiber, showing a smoother surface.

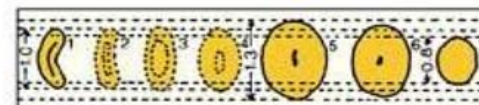
1. Before mercerizing
- 2-5. Swelling stage with 18% sodium hydroxide
6. Washing stage after mercerization
7. Final state



UNTREATED COTTON



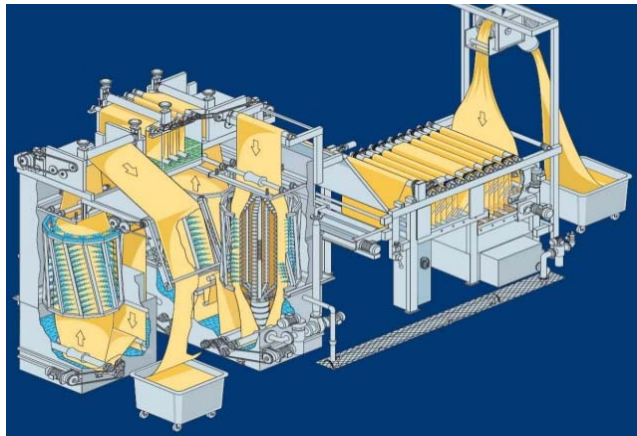
MERCERIZED COTTON



24





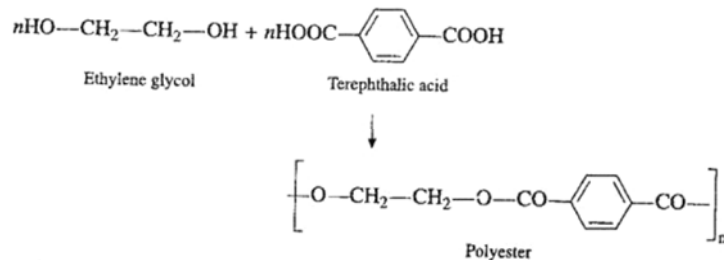


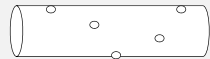

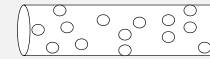
Estimation of Mercerization ➔ Adsorption of Ba(OH)<sub>2</sub>

## 2.6 NH<sub>3</sub> treatment

## 2.7 การ treatment พอลิเอสเทอร์

- มีการปรับปรุงด้านการสัมผัสโดยการลดน้ำหนัก (weight reduction) ด้วย NaOH เนื่องจาก NaOH เข้าไปทำลาย ester linkage
- ผ้าพอลิเอสเทอร์หลัง treatment มีสมบัติเปลี่ยนไปดังนี้
  - สัมผัสนุ่ม
  - ทิ้งตัวดี
  - มีความเงางามคล้ายไหม



Wt. reduction	ลักษณะของเส้นใยพอลิเอสเทอร์
5-10	พื้นผิวขรุขระ พื้นทีภาคตัดขวางเส้นใยลดลง ผ้าบางเบา ทิ้งตัวดี 
10-20 %	พื้นผิวขรุขระมากขึ้น 
30 %	พื้นผิวขรุขระมากขึ้น เป็นแอ่งลึกทำให้สะท้อนแสงได้ดี 

ลักษณะการสะท้อนของแสงขึ้นอยู่กับลักษณะภาคตัดขวางของเส้นใย

