บทที่ 1

บทนำ

1.1 คำนำ

ผงซักฟอก (Detergent) (6),(12) อาจนิยามได้ว่า เป็นสารประเภท Surface active agent หรือสารเคมีที่ใช้ในการขจัด ชำระสิ่งสกปรกต่าง ๆ ออกจากพื้นผิวของของแข็ง โดยทำหน้าที่ลดแรงตึงผิวปัจจุบันถือว่ามีความสำคัญมากในชีวิตประจำวันสามารถใช้ทำความสะอาดเสื้อผ้า เครื่องนุ่งห่ม ขัดล้างภาชนะในครัวเรือน หรือเครื่องยนต์กลไกต่าง ๆ จะเห็นได้ว่าปัจจุบันมีผงซักฟอกผลิตออกสู่ท้องตลาดหลายตราและหลายประเภท ทั้งที่ใช้สำหรับการซักล้างด้วยมือ และที่ใช้กับเครื่องซักผ้า หรือสำหรับทำความสะอาดเครื่องจักรโดยเฉพาะ ผงซักฟอกแต่ละตรา แต่ละชนิด มีส่วนผสมของสารเคมีแตกต่างกันออกไป จึงทำให้สมบัติและความสามารถในการทำความสะอาดแตกต่างกัน เช่น ผงซักฟอกที่เหมาะสมกับการซักล้างด้วยมือจะเติมสารช่วยทำให้เกิดฟอง (Foaming agent) ลงไปมากกว่าผงซักฟอกที่ใช้กับเครื่องซักผ้าดังนี้เป็นต้น

ก. <u>องค์ประกอบของผงซักฟอก</u> (2)

ในสมัยโบราณใช้สบู่ในการชำระล้างและทำความสะอาดต่าง ๆ ต่อมามีผู้ผลิตผงซักฟอกขึ้นใช้ โดยมีสมบัติที่ดีกว่าสบู่คือ

- ชำระล้างสิ่งสกปรกได้ดีกว่าและใช้ได้ทุกสภาวะของสารละลาย ทั้งกรด เบส และสารละลายที่เป็นกลาง ในขณะที่สบู่ทำให้เกิดกรดไขมันที่ไม่ละลายน้ำในสารละลายที่เป็นกรด
- ละลายน้ำได้ง่ายกว่า และไม่เกิดตะกอนไม่ว่าน้ำอ่อนหรือน้ำกระด้าง ในขณะที่สบู่นั้นจะทำปฏิกิริยากับ Ca^{2+} หรือ Mg^{2+} ในน้ำกระด้างให้ตะกอนที่ไม่ละลายน้ำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ข้อแตกต่างระหว่างผงซักฟอกและสบู่อีกประการหนึ่งก็คือ สบู่เป็นเกลือของกรดไขมัน(6) ซึ่งเตรียมจากกรดไขมันกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ หรือโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ ในขณะที่ผงซักฟอกเป็นผลิตภัณฑ์เคมีที่ได้จากการกลั่นน้ำมัน หรือเคมีภัณฑ์อื่น ๆ ที่เป็นสารประกอบประเภทซัลโฟเนท

วัตถุดิบในการผลิตผงซักฟอก แบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

- สารประกอบอินทรีย์ (Organic Compounds) ได้แก่เซอร์แฟคแทนท์ต่าง ๆ เช่น Linear-alkylbenzene sulphonate (LAS), Branch-chain alkylbenzene sulphonate (ABS)

- สารอนินทรีย์ (Inorganic materials) ได้แก่ พวกสารช่วยเพิ่มประสิทธิภาพต่าง ๆ เช่น โอเลียม (SO_3), ฟอสเฟต, Caustic Soda เป็นต้น

สามารถแยกเป็นองค์ประกอบย่อย ๆ ได้ ดังต่อไปนี้ คือ(3)

1. Surface active agent เป็นเซอร์แฟคแทนท์ที่ช่วยลดแรงตึงผิวของน้ำให้เข้าไปผสมกับสิ่งสกปรกต่าง ๆ ทำหน้าที่เป็นตัวละลายไขมัน มีหลายประเภท แต่ในผงซักฟอกส่วนมากเป็นพวกแอนอิออนิคเซอร์แฟคแทนท์ ได้แก่ สารประกอบของเกลือ Sodium alkyl (aryl) sulphonate สารพวกนี้เป็นส่วนประกอบ 12 - 30 %

2. ฟอสเฟต ได้แก่ เกลือไพโรฟอสเฟตหรือเกลือโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต สารเหล่านี้ไม่ทำให้สิ่งสกปรกหลุดออกโดยตรง แต่จะช่วยทำให้สารละลายของน้ำเป็นด่างซึ่งทำให้การทำงานของผงซักฟอกดีขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยยึดสิ่งสกปรกไม่ให้กลับไปจับพื้นผิวที่ทำความสะอาดแล้ว (ทำหน้าที่เป็น dirt antiredeposition agent) มีประมาณ 30 - 50 %

3. ซิลิเกต มี 5 - 10 % ทำหน้าที่ป้องกันสนิม และช่วยป้องกันไม่ให้ผงซักฟอกกัดกร่อนภาชนะ

4. Carboxy-methyl cellulose ป้องกันไม่ให้เกิดตะกอนระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ ของผงซักฟอกมีประมาณ 0.5 - 1 %

5. สารช่วยฟอกขาว เช่น โซเดียมเปอร์บอเรต มีปริมาณแตกต่างกันออกไปในผงซักฟอก แต่ละชนิด บางชนิดไม่ใส่เลย บางชนิดใส่ 25 %

6. โซเดียมซัลเฟต เป็นสารที่เกิดขึ้นในขบวนการสังเคราะห์ LAS หรือ ABS แต่ก็มักมีการเติมลงไปเพื่อเพิ่มปริมาณ มีประมาณ 5 - 25 %

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

นอกจากนี้ยังมีสารช่วยเพิ่มประสิทธิภาพอื่น ๆ ได้แก่(6)

1. Fluorescent whitening agents ทำหน้าที่ดูดกลืนอุลตราไวโอเลต (ประมาณ 360 nm) และจะปล่อยแสงที่ดูดกลืนไว้ออกมาที่ 430 - 440 nm ทำให้ผ้ามีประกายช่วยให้ผ้าดูขาวขึ้น

2. Enzyme ผงซักฟอกบางชนิดจะเติมสารพวกเอนไซม์ลงไป เรียกว่า proteolytic enzyme เพื่อหน้าที่ชำระสิ่งสกปรกที่เป็นสารพวกโปรตีน เช่น คราบเลือด คราบเหงื่อ เป็นต้น จะเติมลงไปประมาณร้อยละ 0.5

3. Foaming agent สารทำให้เกิดฟองในผงซักฟอกซึ่งสำคัญจนกระทั่งทุกวันนี้ นั่นคือ เป็นที่เชื่อว่าผงซักฟอกที่ชำระล้างด้วยมือ ถ้ามีฟองมากจะทำให้การทำความสะอาดวัตถุสะอาดกว่าผงซักฟอกที่มีฟองน้อย สารเหล่านี้ก็คือเซอร์แฟคแทนท์นั่นเอง

ข. <u>การผลิตผงซักฟอกแบบคร่าว ๆ</u>(2)

วัตถุดิบในการผลิตผงซักฟอกเป็นผลพลอยได้จากการกลั่นน้ำมัน เช่น propylene โดยมีขั้นตอนการผลิตคร่าว ๆ ดังนี้

1. Propylene tetramer ทำปฏิกิริยากับเบนซินโดยขบวนการ sulfonation

2. นำผลิตภัณฑ์ที่ได้จากข้อ 1 ไปทำปฏิกิริยากับโอเลียม ได้ผลิตภัณฑ์ขั้นที่ 2 จากนั้นนำไปทำปฏิกิริยากับ NaOH เพื่อไล่กำมะถันออก เพราะกำมะถันไม่มีผลในการซักล้าง

3. เติมสารช่วยเพิ่มประสิทธิภาพต่าง ๆ ลงไปในผลิตภัณฑ์จากข้อ 2 ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีลักษณะคล้ายแป้งเปียกผ่านผลิตภัณฑ์นี้ลงไปในหอสูงที่มีลมร้อนเป่าอยู่ จะได้ของแข็งเป็นผงละเอียด

4. นำของแข็งจากข้อ 3 ไปเติมน้ำหอม จากนั้นผ่านตะแกรงร่อนให้ได้ขนาด แล้วส่งไปตรวจสอบคุณภาพ แล้วบรรจุหีบห่อ ส่งออกสู่ท้องตลาดต่อไป

ค. <u>ผลของผงซักฟอกต่อสิ่งมีชีวิต</u>(9)

ผงซักฟอกมีทั้งประโยชน์และโทษ ประโยชน์คือการใช้ในการชำระล้างทำความสะอาด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

และแก้ปัญหาน้ำกระด้างดังกล่าวแล้ว ในเวลาเดียวกันก็มีโทษต่อมวลมนุษย์และสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ ทั้งทางตรงและทางอ้อม ดังต่อไปนี้

1. ผลต่อจุลินทรีย์

- แบคทีเรีย จะยับยั้งการเจริญเติบโต โดยประจุของผงซักฟอกจะจับกับสารบนเซลเมมเบรน ทำให้เซลเมมเบรนหลุดออก สารประกอบและน้ำภายในเซลไหลออกมา ทำให้แบคทีเรียตายในที่สุด

- สาหร่าย ทำให้สาหร่ายบางชนิดชงักการเจริญเติบโต

2. ผลต่อปลา และสัตว์น้ำอื่น ๆ

ในผงซักฟอกมีสารพวกฟอสเฟต ซึ่งเป็นปุ๋ยที่ดีสำหรับพืช เมื่อทิ้งน้ำผงซักฟอกลงแม่น้ำลำคลอง จะทำให้พืชน้ำเติบโตได้ดี เมื่อพืชน้ำตายลงจะถูกย่อยโดยแบคทีเรียซึ่งจะมีการดึงออกซิเจนในน้ำมาใช้ ทำให้น้ำเกิดการเน่าเสียขึ้น มีผลต่อการหายใจของปลา เนื่องจากขาดออกซิเจนทำให้ปลาตายได้ หรือพวกหอยจะมีการสะสมผงซักฟอกในตัว ถ้ามีปริมาณมากทำให้ตายได้

3. ผลต่อคน

เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนัง เกิดอาการแพ้เป็นผื่นแดง หรืออาจเป็นแผลเน่าเปื่อยได้ ถ้าหากเข้าสู่ร่างกายทางปาก (ซึ่งอาจติดเข้าไปกับภาชนะใส่อาหารหรือผักผลไม้) จะทำให้เกิดอาการปวดท้อง หรือ ท้องร่วง ถ้าได้รับปริมาณมาก ๆ อาการจะคล้ายกับเมื่อร่างกายได้รับสารพวกฟอสเฟตในยาฆ่าแมลง

ผลของผงซักฟอก เมื่อสะสมในร่างกายมาก ๆ จะเกิดอาการต่อไปนี้คือ

- อาการทางสมอง ทำให้มึน วิงเวียน กระสับกระส่าย ตกใจง่าย และอาจหมดสติ

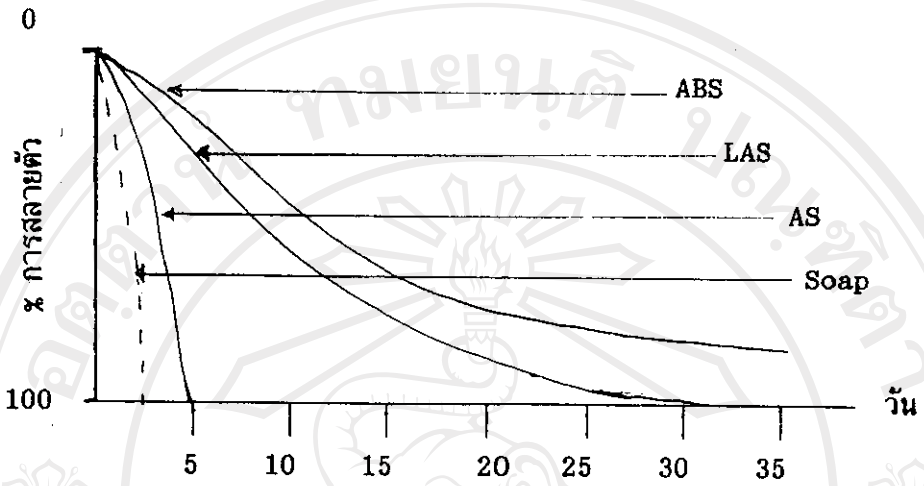
- อาการทางกล้ามเนื้อ มีการสั่น กระตุกของกล้ามเนื้อ ถ้าเป็นนานจะทำให้กล้ามเนื้ออ่อนเพลีย และอาจทำให้เป็นอัมพาตได้

- เกิดอาการกระตุกของประสาท parasympathetic ซึ่งเป็นระบบประสาทอัตโนมัติ มีผลให้ควบคุมอาการต่าง ๆ เหล่านี้ไม่ได้คือ อาการเบื่ออาหาร คลื่นไส้ อาเจียน เหงื่อออก ปวดท้อง หลอดลมอักเสบ เป็นต้น

ผงซักฟอกจึงนับว่าเป็นสารที่มีอันตราย จึงควรระมัดระวังในการใช้ เนื่องจากผงซักฟอกใช้เซอร์แฟคแทนท์ที่สลายตัวยาก เช่น ABS จากการทดลองการสลายตัวของเซอร์แฟคแทนท์บาง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ชนิด พบว่า ระยะเวลาของการสลายตัวเป็นไปตามรูป 1.1



รูปที่ 1.1 การสลายตัวของเซอร์แฟคแทนท์ (4)

1.2 <u>เซอร์แฟคแทนท์</u> (6),(12)

เป็นสารประเภท Surface active agent ทำหน้าที่ดึงดูดตัวถูกละลายหรือสิ่งสกปรกให้ขึ้นไปสู่ผิวหน้าของสารละลาย โมเลกุลของเซอร์แฟคแทนท์โดยทั่ว ๆ ไปประกอบด้วย 2 ส่วนคือ

ก. ส่วนที่เรียกว่า hydrophilic group หรือ lyophilic group แทนด้วยสัญลักษณ์ R ทำหน้าที่พาโมเลกุลของสิ่งสกปรกเข้าสู่สารละลาย

ข. ส่วนที่เรียกว่า hydrophobic group หรือ lyophobic group แทนด้วยสัญลักษณ์ X สูตรทั่วไปของเซอร์แฟคแทนท์จะเป็น RX

การแบ่งประเภทของเซอร์แฟคแทนท์ แบ่งได้หลายแบบ (12) ถ้าพิจารณาจากการที่มันเป็นสารประกอบที่มี long-chain hydrocarbon ที่มี CH_2 -group ใน chain อย่างน้อย 8 group จะแบ่งได้เป็น

1. <u>Oil-Soluble surfactant</u>

คือสารประกอบพวก surface active ที่ละลายในตัวทำละลายไฮโดรคาร์บอน สามารถแบ่งได้เป็น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- long-chain polar compounds มีแรงตึงผิวในไฮโดรคาร์บอนเหลวสูง แต่มีแรงตึงผิวต่ำใน oil-water interfacial tension จะเกิดการดูดซับบนผิวชั้น ตัวอย่าง เช่น -COOH, -OH, $-NH_2$, $-CONH_2$, -SH, $-SO_3H$ ซัลโฟเนตและเกลือของกรดคาร์บอกซิลิก ที่เป็น long-chain

- Fluorocarbon compounds ถ้าเป็นพวก short-chain จะละลายใน hydrocarbon ที่เป็นฟังก์ชั่นของเซอร์แฟคแทนท์ ถ้าเป็น fluorocarbon ที่มี long-chain ติดกับสายโซ่ไฮโดรคาร์บอนที่ยาวพอจะละลายใน hydrocarbon oil ได้

- Silicone oil มีโครงสร้างและสมบัติทาง surface active ต่างจาก 2 พวกที่กล่าวแล้ว โดยทั่วไปใช้เป็นตัวยับยั้งฟอง (Antifoaming agent) ถ้ามี M.W. ต่ำ จะละลายในตัวทำละลายไฮโดรคาร์บอน และมีแรงตึงผิวต่ำ

2. Water-Soluble surfactant

สิ่งที่น่าสนใจมากที่สุดใน surface-chemistry คือพฤติกรรมของเซอร์แฟคแทนท์ใน สารละลายน้ำ สารประกอบนับพันชนิดที่นำมาใช้จะมีสมบัติอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง ดังต่อไปนี้ คือเป็นสารทำให้เปียก, เป็นสารทำให้เกิดฟอง, ยับยั้งการเกิดฟอง, การทำให้เป็น เมือกขาว (emulsification), การไม่ทำให้เป็นเมือก (demulsification), การทำ ความสะอาด (detergent), ยับยั้งการผุกร่อน, การทำให้ลอย (flotation) และอื่น ๆ อีก มาก เราสามารถแบ่งเซอร์แฟคแทนท์ประเภทนี้ออกได้เป็น 4 พวกคือ

ก. Anionic Surfactant

เป็นสารพวก long-chain สามารถแตกตัวได้ในน้ำให้ประจุลบ ได้แก่ สบู่ และ sulphonate

สบู่ ทำจากไขมันสัตว์หรือน้ำมันพืชที่มีอะตอมของคาร์บอนตั้งแต่ 12-18 อะตอมต่อโมเลกุล เป็นเกลือของคาร์บอกซิลิกที่เป็น long-chain ส่วนสบู่ที่ทำจากกรดไขมันไม่อิ่มตัวจะมีสายโซ่สั้น ๆ มักทำจากน้ำมันมะพร้าว และมีคาร์บอนอะตอม 20-22 อะตอมในโซ่ สบู่ที่มีการเตรียมจากกรด lauric และ myristic จะละลายได้ดีและให้ฟองมากกว่าสบู่ที่เตรียมจากกรด palmitic and stearic

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ซัลโฟเนต ที่สำคัญคือ alkylbenzene sulphonate (ABS) เป็นแอนอิออนิคเซอร์แฟคแทนท์ชนิดแรกที่ผลิตเพื่อการค้า ผลิตจาก propylene นำมา polymerization เป็น tetramer หรือ dodecyl-1 จากนั้นนำมาทำปฏิกิริยากับเบนซิน โดยมี HF และ $AlCl_3$ เป็น condensing agent ซัลโฟเนตที่เตรียมจาก alkylate ที่มี M.W. สูงเหล่านี้จะใช้ทำความสะอาดได้ดีกว่าและมีฟองมากกว่า

เมื่อนำ alkylate มาซัลโฟเนตกับโอเลียม (SO_3) จะกลายเป็นกลาง และเมื่อนำมาผสมกับเกลือโซเดียมหรือโซเดียมซัลเฟตในอัตราส่วนที่เหมาะสมจะได้ Sodium dodecylbenzene sulphonate ซึ่งเป็นเซอร์แฟคแทนท์ที่มีราคาถูกใช้กันอย่างกว้างขวางในส่วนผสมของผงซักฟอก แต่มีข้อเสีย คือสลายตัวช้าใช้เวลามากกว่า 1 เดือน Linear alkylbenzene sulphonate (LAS) ได้มาจาก Kerosene จัดเป็นพวกซอล์ฟเซอร์แฟคแทนท์ สลายตัวได้เร็วกว่า ABS นับว่าเป็นสารที่สำคัญมากเพราะมีประสิทธิภาพดี ราคาถูก สมบัติของ LAS ขึ้นกับความยาวของ alkyl chain และตำแหน่งของ bezene ring ใน alkyl group ตัวอย่างของแอนอิออนิคเซอร์แฟคแทนท์ เช่น $RCON(CH_3)CH_2CH_2SO_3^-Na^+$, $RCOOCH_2CH_2SO_3^-Na^+$

ข. Cationic Surfactant

เป็น long-chain เซอร์แฟคแทนท์ที่เมื่อละลายน้ำแล้วแตกตัวให้ประจุบวก แบ่งออกเป็น 2 พวก คือ

- ละลายน้ำได้โดยเฉพาะในสารละลายที่เป็นกรดให้ประจุบวกและอิออนของเกลือ เช่น $R\text{-}NH(CH_2)_3NH_2$ เมื่อ R คือ long-chain alkyl group
- เป็นสารประกอบของแอมโมเนีย เกิดการแตกตัวเป็น long-chain group ได้ทุก ๆ ค่า pH เช่น

$[C_{17}H_{35}CONHCH_2\text{-}N$ $]^+Cl^-$ Zelan

เซอร์แฟคแทนท์ชนิดนี้ สามารถดูดซับได้อย่างแข็งแรงบนพื้นผิวของของแข็ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ที่มีประจุลบ ไม่สามารถใช้ร่วมกับแอนอิออนิคเซอร์แฟคแทนท์ได้แต่สามารถใช้ร่วมกับนอนอิออนิคเซอร์แฟคแทนท์ได้ โดยทั่วไปแล้วมีราคาแพง ใช้ทำความสะอาดได้ไม่ดี

ประโยชน์ของแคตอิออนิคมีหลายประการดังตาราง

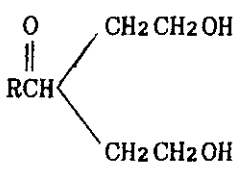
ตารางที่ 1.1 ประโยชน์ของแคตอิออนิคเซอร์แฟคแทนท์บนผิวต่าง ๆ (4)

พื้นผิวของของแข็ง	ประโยชน์
เส้นใยธรรมชาติและสังเคราะห์	ทำให้อ่อนนุ่ม
ปุ๋ย	ป้องกันมิให้แข็งเป็นก้อน
วัชชพืช	ยาฆ่าวัชพืช
แร่	แยกแร่
โลหะ	ป้องกันสนิม
พลาสติค	antistatics
aggregate	ตัวยึดเกาะติดในยางมะตอย
pigment	กระจายเม็ดสี
kerotin , ผิว	ทำให้อ่อนนุ่มและปรับสภาพผม
micro organism	น้ำยาบ้วนปาก (ทำลายพวก micro organism)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

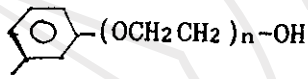
ค. Nonionic surfactant

เมื่อละลายน้ำจะไม่แสดงประจุออกมา แบ่งได้เป็น

- fatty alkanolamides เช่น 

ใช้เป็น foam stabilizing agent เซอร์แฟคแทนท์ชนิดนี้สามารถใช้ร่วมกับเซอร์แฟคแทนท์ชนิดอื่น ๆ ได้ dialkanol amides ใช้เป็นองค์ประกอบของ liquid detergent และพวก monoalkanolamide ใช้ใน Solid detergent ที่ละลายได้ในแอนอิออนิคเซอร์แฟคแทนท์

- ethylene oxide derived nonionic surfactant เป็นเซอร์แฟคแทนท์ที่มาจาก ethylene oxide เช่น alkyl phenol



$$RSCH_2CH_2(OCH_2CH_2)_nOH$$

fatty mercaptan

- Sugar Esters เป็นพวกที่มี sugar group อยู่ภายในโมเลกุล ซึ่งเป็น group ที่ชอบน้ำ (hydrophile) เตรียมได้จาก methyl ester ของ fatty acid ทำปฏิกิริยากับน้ำตาลซูโครสหรือแรฟฟิโนส โดยขบวนการ alcoholysis จะได้ตั้งแต่ monoester ขึ้นไป

นอนอิออนิคเซอร์แฟคแทนท์นี้จะมีสมบัติที่ทนต่อน้ำกระด้าง ทนต่ออิเลคโตรไลต์ละลายได้ดีในน้ำและสารอินทรีย์ ทนต่อความเป็นกรดแต่มีฟองน้อยและอาจไม่ละลายที่อุณหภูมิสูง

ง. Amphoteric surfactant

เมื่อละลายน้ำจะให้ทั้ง anionic และ cationic group หรือเป็น cationic ในสารละลายกรดและเป็น anionic ในสารละลายที่เป็นเบส เช่น

$$RNHCH_2COOH \xrightarrow{HCl} (RNH_2CH_2OOH)^+Cl^-$$

$$RNHCH_2COOH \xrightarrow{NaOH} (RNHCH_2COO)^- Na^+$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

สามารถใช้ร่วมกับเซอร์แฟคแทนท์ชนิดอื่น ๆ ได้ ถ้าสารละลายเป็นกลางไปจนถึงเป็นด่างอ่อน ๆ จะแสดงลักษณะของแอนอิออนิคเซอร์แฟคแทนท์ คือให้ฟองมาก แต่ถ้าในสภาวะทั่ว ๆ ไปจะแสดงลักษณะของแคตอิออนิคเซอร์แฟคแทนท์ และไม่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ surfactant ชนิดอื่น ๆ ที่ไม่อยู่ในพวกใดพวกหนึ่งที่กล่าวแล้ว เช่น

ก. polymeric surfactant ละลายน้ำได้ ทำหน้าที่เป็น dispersing agent และ suspending agent นอกจากนี้ยังเป็นตัวทำให้เกิดฟองที่ดีมี surface-tension ต่ำ ตัวอย่างของเซอร์แฟคแทนท์เหล่านี้ เช่น Na-carboxy methyl cellulose ใช้เป็นส่วนผสมใน heavy-duty detergent เพื่อป้องกันการกลับมาเกาะใหม่ของสิ่งสกปรก

ข. Fluorocarbon surfactant มีความสำคัญโดยที่มันสามารถละลายในน้ำกระด้างและสารละลายที่เป็นกรดได้ดีมีเสถียรภาพต่อความร้อน และการเกิด Oxidation ได้ดี

1.3 <u>สิ่งสกปรก</u> (Soil or dirt) (4), (6)

สิ่งสกปรกโดยทั่วไปมักประกอบไปด้วยสารที่เป็นไขมันหรือน้ำมัน เช่น ไขมันสัตว์ น้ำมันพืช ของเหลวอื่น ๆ และอนุภาคเล็ก ๆ ของฝุ่นละออง เขม่า ผงถ่านและอื่น ๆ ส่วนประกอบของสิ่งสกปรกขึ้นกับสิ่งแวดล้อมและลักษณะงานที่ทำ Brown พบว่าสิ่งสกปรกส่วนใหญ่เป็นส่วนผสมระหว่างไขมันหรือน้ำมันและอนุภาคของของแข็ง เช่น ผงถ่าน กราไฟต์ ฝุ่นละออง Sanders และ Lambert พบว่าอนุภาคยิ่งเล็กลงยิ่งกำจัดออกได้ยากขึ้น โดยเฉพาะอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 0.2 ไมครอน จะต้องกำจัดโดยใช้เครื่องเขย่าที่มีแรงเหวี่ยงสูง ๆ

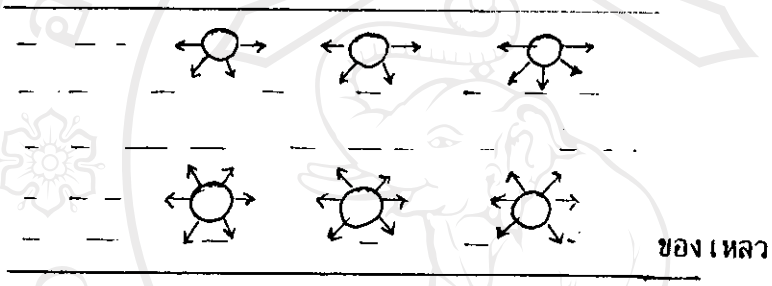
1.4 <u>กลไกการซักล้าง</u>

การซักล้างโดยทั่ว ๆ ไปจะใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย เมื่อจุ่มผ้าที่เปื้อนสิ่งสกปรกลงในน้ำ จะ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

มีสิ่งสกปรกบางส่วนหลุดออกไปได้ แต่ถ้าเติมผงซักฟอกลงไปการกำจัดสิ่งสกปรกจะใช้ระยะเวลาสั้นลง ในการกำจัดสิ่งสกปรกออกจากผ้านั้นมีปัจจัยหลายอย่างที่เกี่ยวข้อง เช่นแรงตึงผิว พื้นผิวของวัตถุ งานของแรงแอ็ดฮีชั่นและโคฮีชั่น เป็นต้น

ก. ปรากฏการณ์ของแรงตึงผิวและพื้นผิวนั้นอาจอธิบายได้ว่า โมเลกุลหนึ่ง ๆ จะมีการเคลื่อนที่ตลอดเวลาภายใต้อิทธิพลของแรงดึงดูดจากโมเลกุลข้างเคียง โมเลกุลที่อยู่ลึกเข้าไปข้างในแต่ละโมเลกุลจะถูกดึงดูดด้วยโมเลกุลด้านข้างและด้านล่างเท่านั้น โดยมีด้านหนึ่งที่เป็นอิสระแรงดึงดูดของโมเลกุลที่ผิวจะไม่สมดุล ทำให้แรงมีทิศทางเข้าสู่ภายใน ดังรูป 1.2



รูป 1.2 แสดงแรงดึงระหว่างโมเลกุลที่ผิวและโมเลกุลที่อยู่ภายในของเหลว

แรงดึงดูด ที่กระทำต่อโมเลกุลที่อยู่พื้นผิวจะลดพื้นที่ผิวของของเหลวให้เหลือน้อยที่สุด เรียกว่า "แรงตึงผิว" (surface-tension) ของเหลวสามารถเปลี่ยนรูปร่างได้ ผลจากแรงตึงผิวทำให้ของเหลวสามารถรักษารูปทรงให้มีพื้นที่ผิวน้อยที่สุดโดยเกาะกันเป็นรูปทรงกลม ส่วนของแข็งไม่สามารถเปลี่ยนรูปร่างได้ โมเลกุลที่พื้นผิวของของแข็งจึงสามารถเกาะกับโมเลกุลของก๊าซหรือของเหลวได้ เรียกว่า "การดูดซับ" (adsorption) แรงตึงผิวของของเหลว คือสมดุลระหว่างผิวหน้าของของเหลวกับอากาศในพื้นที่ผิวของของเหลวที่ยาว 1 ซม.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 1.2 ค่าแรงตึงผิวของของเหลวชนิดต่าง ๆ (6)

ของเหลว	แรงตึงผิว (ไดน์/ซม.)
น้ำ	72.6
ฟลูออโรคาร์บอน	8 - 15
ไฮโดรคาร์บอน	18 - 30
สารประกอบอินทรีย์ที่มีขั้ว	22 - 50
สารละลายของผงซักฟอก	24 - 40
แก้วเหลว	200 - 400
โลหะเหลว	350 - 1800

ข. งานแอ็ดฮีชั่นและโคฮีชั่น (6)

Harkins ได้กล่าวถึงงานโคฮีชั่นไว้ว่า เป็นงานที่เกิดจากการแยกของเหลวชนิดเดียวกันมีพื้นที่หน้าตัด 1 ตารางหน่วย ออกจากกัน ทำให้เกิดพื้นที่ผิวอิสระของของเหลวนั้น 2 ตารางหน่วย โดยแรงตึงผิวของของเหลวนั้น ใช้สัญลักษณ์ γ_A ได้งานโคฮีชั่น

$$W_c = 2\gamma_A \qquad \text{---------- (1)}$$

และถ้ามีของเหลว 2 ชนิด ที่มีพื้นที่หน้าตัดเท่ากันคือ 1 ตารางหน่วย งานแอ็ดฮีชั่นจะมีค่าเท่ากับงานที่ทำให้เกิดการแยกของของเหลว 2 ชนิดดังกล่าวออกจากกันได้พอดี

แรงตึงผิวของของเหลว A = γ_A

แรงตึงผิวของของเหลว B = γ_B

แรงตึงผิวของของเหลว A กับ B = γ_{AB}

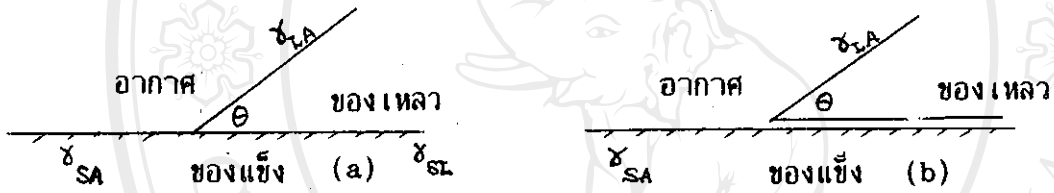
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ได้สมการของดูเปร์

$$W_a = \gamma_A + \gamma_B - \gamma_{AB} \qquad \text{——————(2)}$$

ค. มุมของการเกาะติด (Contact angle)

มุมของการเกาะติดระหว่างน้ำมันหรือไขมันกับพื้นผิวของของแข็งก็มีผลต่อการซักล้างเช่นกัน รูป 1.3



รูป 1.3 แรงแอ็ดฮีชั่นของของเหลวที่มีต่อของแข็ง (6)

รูป (a) ของเหลวที่เกาะติดกับผิวหน้าของของแข็ง

รูป (b) ของเหลวที่ไม่ได้เกาะติดกับผิวหน้าของของแข็ง

ถ้าให้ W_{SL} = เป็นงานแอ็ดฮีชั่นระหว่างของเหลวที่มีต่อของแข็ง

W_{LL} = เป็นงานแอ็ดชั่นระหว่างของเหลวกับของเหลว (W_c)

ได้สมการของยังส์ (Young's equation) ดังนี้

$$W_{SL} = \gamma_{LA}(1 + \cos\theta) \qquad \text{——————(3)}$$

เมื่อ γ_{LA} = แรงตึงผิวของของเหลวกับอากาศ

ถ้ามุม $\theta = 0^\circ$;

$$W_{SL} = 2\gamma_{LA} \qquad \text{——————(4)}$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ของเหลวจะดูดติดกับของแข็ง หรือของเหลวจะเปียกของแข็ง นั่นคือของเหลวจะดูดติดกับของแข็งมากเท่า ๆ กับที่มันดึงดูดระหว่างโมเลกุลของเหลวด้วยกัน กรณีนี้ได้

$$W_{SL} = W_C \qquad \text{——————(5)}$$

ถ้าของเหลวดึงดูดของแข็งมากกว่าที่โมเลกุลของมันดึงดูดกันเองแล้ว

$$W_{SL} > W_C$$

โดยที่มุมเกาะติดยังคงเป็น 0° อยู่มุมเกาะติดเป็นผลจากการวัดความสัมพันธ์ของแรงแอ็ดฮีชั่นของของเหลวที่มีต่อของแข็ง และของเหลวที่มีต่อของเหลว

$W_C > W_{SL}$ เมื่อ $\theta > 0°$

$W_C = W_{SL}$ เมื่อ $\theta = 0°$

$W_C < W_{SL}$ เมื่อ $\theta < 90°$

กรณีมุมเกาะติดเป็น 90° แสดงว่าแรงดึงดูดระหว่างของเหลวกับของแข็งมีค่าเป็นครึ่งหนึ่งของแรงดึงดูดระหว่างของเหลวกับของเหลว และถ้ามุม θ เป็น 180° แสดงว่าไม่มีงานแอ็ดฮีชั่นเลย การชำระล้างจะได้ผลสมบูรณ์ที่สุด แต่ในทางปฏิบัติเป็นไปไม่ได้เนื่องจากยังมีแรงดึงดูดระหว่างของแข็งกับของเหลวบ้าง ทำให้มุม θ น้อยกว่า 180°

การที่ผิวของแข็งจะเปียกได้ขึ้นกับสภาพชั้วของของแข็งและของเหลว ถ้าผิวของของแข็งเป็น hydrophilic เช่น quartz, cellulose เป็นต้น จะเปียกของเหลวที่เป็น polar มากกว่าที่เป็น non-polar และในทางตรงกันข้าม พื้นผิวของแข็งที่เป็น hydrophobic เช่น กราไฟต์ กำมะถัน จะเปียกด้วยของเหลวที่เป็น non-polar มากกว่าที่เป็น polar

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จากที่กล่าวมาแล้วถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการทำความสะอาด พอจะสรุปกลไกในการทำความสะอาดของผงซักฟอก ได้ดังนี้คือ

1. เกิดการแทนที่อากาศที่อยู่บนผิวของของแข็งและสิ่งสกปรก
2. สารทำให้เปียกที่ผสมในผงซักฟอกจะช่วยให้ของแข็งเปียกโดยตลอด
3. สิ่งสกปรกจะถูกแยกออกจากผิวหน้าของของแข็ง ในรูปของ emulsion
4. เซอร์แฟคแทนท์จะทำให้สิ่งสกปรกอยู่ในรูปของ micelle
5. micelle กลายเป็น liquid crystalline หรือ emulsion
6. polyvalent cation จะเกิดการ bridge และ hydrocarbon จะเชื่อมกับสิ่งสกปรกที่ติดอยู่บนของแข็ง และเกิดการแลกเปลี่ยนอิออนกัน จากนั้น polyvalent cation ถูกแยกออกไป
7. สิ่งสกปรกจะอยู่ในรูป suspension และไม่สามารถกลับมาเกาะบนผิวของของแข็งได้อีกระหว่างการซักล้าง

นอกจากที่กล่าวแล้วถึงปัจจัยในการซักล้าง ยังมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับกลไกในการซักล้างอีก เช่น สารช่วยให้เปียก หรือการป้องกันการกลับมาเกาะของสิ่งสกปรกรวมไปถึงสมบัติของสารที่ใช้ในการซักฟอก ซึ่งจะได้กล่าวถึงในรายละเอียดในภาคผนวกต่อไป

อนึ่งประสิทธิภาพในการชำระล้างของผงซักฟอก นอกจากจะขึ้นกับปัจจัยต่าง ๆ ที่กล่าวแล้วยังมีปัจจัยภายนอกที่เกี่ยวข้อง นั่นคือ โครงสร้างของเส้นใย หรือชนิดของผ้าที่ใช้ในการซักอีกด้วย เพราะโครงสร้างของเส้นใยแต่ละชนิดจะมีสมบัติเคมีและฟิสิกส์ไม่เหมือนกัน (ดูรายละเอียดในภาคผนวก 6)

1.5 <u>การติดตามประสิทธิภาพของผงซักฟอกโดยการใช้สารกัมมันตรังสี</u> (1),(6),(7)

การใช้สารกัมมันตรังสีในการติดตามประสิทธิภาพของผงซักฟอก เป็นวิธีที่ดี เสียค่าใช้จ่ายน้อย สามารถวัดปริมาณสิ่งสกปรกที่เป็นสารกัมมันตรังสีภายหลังการซักล้างได้มีความว่องไวสูง สามารถวัดรังสีจากการ label C-14 เพียง 1 ไมโครกรัมลงในพื้นที่สิ่งสกปรก 1 ซม.^{2} หรือสารกัมมันตรังสีอื่นที่มีพลังงานมากกว่า C-14 ก็จะใช้ปริมาณน้อยกว่า 1 ไมโครกรัม ปริมาณรังสีที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วัดได้จะบอกปริมาณสิ่งสกปรก นอกจากนี้ยังสามารถศึกษาเฉพาะส่วนของสิ่งสกปรกได้โดยใช้สารกัมมันตรังสีต่างชนิดที่ให้รังสีซึ่งมีปริมาณต่างกัน label สิ่งสกปรกก็สามารถตรวจวัดและหาปริมาณของสิ่งสกปรกเฉพาะส่วนที่สนใจได้ จากประโยชน์ข้อนี้เป็นที่สนใจในการศึกษาประสิทธิภาพของผงซักฟอก ซึ่งอาจใช้เครื่องมือที่ไม่ยุ่งยากในการติดตามรังสีได้ เช่น G.M.-counter หรือ NaI (Tl)

อาจเตรียมสิ่งสกปรกให้เป็นสารกัมมันตรังสีได้ 3 แบบ คือ

1. label สิ่งสกปรกด้วยไอโซโทปรังสี เช่น ^{14}C, ^{45}Cu, ^{32}P เป็นต้น
2. ใช้สิ่งสกปรกที่เป็น mixed fission product
3. อาบรังสีสกปรก

ในการเตรียมสิ่งสกปรกสังเคราะห์ ไม่ใช้คาร์บอน-14 เพราะมีปัญหาเกี่ยวกับขนาดของอนุภาคแต่ใช้คาร์บอนธรรมดาที่ดูดซับโคบอลต์-60 บนพื้นผิวแทนจากข้อมูลสามารถศึกษาการทำงานของผงซักฟอก ตัวอย่าง เช่น ใช้ผงซักฟอกที่เป็นสารรังสี หรือ additive ที่เป็นสารรังสี เช่น $Na_2{}^{14}CO_3$, $Na_2{}^{35}SO_4$ เป็นต้น

จากการทดลองหาประสิทธิภาพของผงซักฟอกแต่ละตรา (7) ใช้ฟอสฟอรัส-32 เป็นตัวติดตาม และใช้ Carbon black 1 กรัม ต่อสารละลายของฟอสฟอรัส-32 1 ไมโครคูรี (μCi) แต่วิธีการและสภาวะของการทดลองมีรายละเอียดไม่มากนัก รัตนา (1) จึงทำการทดลองโดยใช้ activated carbon แทน carbon black แต่ผลการทดลองไม่สามารถเปรียบเทียบ % efficiency ของผงซักฟอกได้ เนื่องจากขนาดของ activated carbon โดยทำให้เกิดปัญหาในการเกาะติดและการหลุดออกในขณะซักล้าง จึงใช้ผงกราไฟต์แทน activated carbon โดยใช้ผงกราไฟต์ 0.005 กรัม ต่อสารละลายฟอสฟอรัส-32 1 μCi คนให้สารละลายสัมผัสกับผงกราไฟต์อย่างทั่วถึง ระเหยของผสมให้แห้ง เก็บค้างคืนไว้ใน desiccater จากนั้นนำผงกราไฟต์ที่ดูดซึมฟอสฟอรัส-32 แล้ว ไปเตรียมสิ่งสกปรกโดยผสมกับน้ำมันเครื่องและน้ำมันเบนซินที่ผสมกันแล้วในอัตราส่วน 1 : 6 โดยปริมาตรจากนั้นนำผ้าที่ตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ มาทำให้เปื้อนสิ่งสกปรกดังกล่าว วัดแอคติวิตีของผ้าที่เปื้อน ซักผ้าดังกล่าวด้วยผงซักฟอกที่ต้องการศึกษาโดยใช้แรงสั่นสะเทือนเพื่อขจัดสิ่งสกปรกออกจากผ้านั้น นำผ้าที่ผ่านการซักแล้วไปวัดแอคติวิตีอีกครั้ง แล้วคำนวณหาประสิทธิภาพของผงซักฟอกได้จากสูตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

$$\% \quad E \quad = \quad \frac{A_o - A}{A_o} \times 100$$

โดย E = ประสิทธิภาพของผงซักฟอก

A_o = แอคติวิตีของผ้าก่อนซัก

A = แอคติวิตีของผ้าหลังซัก

1.6 <u>วัตถุประสงค์ของการวิจัย</u>

1. จากการทดลอง (1) ได้ใช้ฟอสฟอรัส-32 เป็นตัวติดตาม ซึ่งฟอสฟอรัส-32 นี้ต้องสั่งซื้อเป็นพิเศษ ในขณะที่ไอโอดีน-131 เป็นสารรังสีที่หาง่ายและสะดวกกว่าฟอสฟอรัส-32 มาก (ปกติไอโอดีน-131 มีใช้ประจำในรังสีทางการแพทย์ตามโรงพยาบาล) จึงน่าสนใจ ที่จะประยุกต์ใช้ไอโอดีน-131 แทนฟอสฟอรัส-32

2. ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมและนำมาศึกษาประสิทธิภาพของผงซักฟอกแต่ละตรา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved