หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เอกสารอ้างอิง

1. อัมพิกา ไกรฤทธิ์. เอกสารประกอบการฝึกอบรม "Value Engineering". ณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2524.

2. Arthur E. Mudge. Value Engineering: A Systematic Approach. New York: McGraw-Hill Book Co., 1971.

3. J.W. Greve,and F.W. Wilson Editors. Value Engineering in Manufacturing. American Sociaty of Tool and Manufacturing Engineers; Prentice Hall, 1967.

4. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น). วิศวกรรมคุณค่า. จุลสารฉบับพิเศษ ฉบับที่ 2 (พฤษภาคม 2523).

5. บริษัท เอสโซ่(ประเทศไทย)จำกัด. เอกสารน้ำมันเตา

6. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น). เทคนิคการประหยัดพลังงาน. จุลสารฉบับพิเศษ ฉบับที่ 1 (มีนาคม 2523).

7. สุชัย ศศิวิมลพันธุ์. เทคโนโลยี่ไอน้ำ. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนจำกัดสีทองกิจพิศาล(แผนกการพิมพ์), 2523.

8. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า วิทยาเขตธนบุรี. การผลิตและการใช้ไอน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ. วารสารงานแสดงนิทรรศการเทคโนโลยีครั้งที่3, 2522.

9. D.Q.Kern. procees Heat Tranfer. International Student Edition. Kogakusha: McGraw-Hill, 1950.

10. R.H. Peter. Textile Chemistry. Vol.2. London: Elsevier Publishing Company, 1967.

11. Augusta G. Matthews. Textile Fibres. Fifth Edition. New York: John Wiley and Sons, Inc., 1952.

12. AATCC. Tecnical Manual of the American Association of Textile Chemists and Colorists. AATCC test Method 89-1977, 1977.

13. E.R. Trotman. Dyeing and Chemical Technology of Textile Fibres. Fouth Edition. London: Charles Griffin and Com. 1967.

14. อัจฉราพร ไศละสูต. คู่มือการย้อมสี. กรุงเทพฯ: อักษรบัณฑิต, 2517.

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ ..กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม.....

ที่.....วันที่...7..เมษายน.2524.....

เรื่อง ..ความเห็นเกี่ยวกับวิทยานิพนธ์.....

ด้วยนายเกษม พิพัฒน์ปัญญานุกูล ได้นำเอาวิทยานิพนธ์มาปรึกษาทางด้านเทคนิค และข้าพเจ้าได้พิจารณาดูแล้วมีความเห็นว่า

1. วิธีวัดความสมบูรณ์ของกระบวนการเมอร์เซอไรเซชั่นโดยการวัดแบเรี่ยมนัมเบอร์ ตามที่ได้บรรยายในวิทยานิพนธ์นั้นเป็นวิธีที่ถูกต้องได้มาตราฐาน และ

2. ข้อเสนอในวิทยานิพนธ์ที่จะให้นำ

2.1 โซดาไฟที่เหลือจากการเมอร์เซอไรเซชั่นมาใช้ในการทำความสะอาดผ้า

2.2 น้ำย้อมสีซัลเฟอร์ที่เหลือมาใช้ในคราวต่อไป

ข้อเสนอดังกล่าวทั้งสองนี้เป็นสิ่งที่เป็นไปได้ในทางปฏิบัติ

(ดร. นันทยา ยานุเมศ)

นักวิทยาศาสตร์ 4

กองอุตสาหกรรมสิ่งทอ

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายชื่อโรงงานฟอกย้อมสิ่งทอที่ได้รับการส่งเสริมการลงทุน

ชื่อโรงงาน	วันเริ่มกิจการ	กำลังการผลิตต่อปี	ทรัพย์สินทั้งหมด (1000 บ.)	จำนวนคนงาน
1. บ.ลัคกี้เท็กซ์(ไทย)จำกัด สนง.95ราชดำริ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ รง. สมุทรปราการ	6 สิงหาคม 1961	48ล้านหลา	1,023,073	3,685
2. หสจ.รง.ทอผ้าเพชรเกษม สนง.59 ถ.เพชรเกษม อ.กระทุ่มแบน สมุทรสาคร รง. สมุทรสาคร	16ธันวาคม 1969	24 ล้านหลา	137,779	856
3. บ.รง.ฟอกย้อมผ้านำบุญ จก. สนง.101หมู่16 ซ.วัดมหาวงษ์ ต.สำโรงใต้ อ.พระประแดง สมุทรปราการ รง. สมุทรปราการ	16เมษายน 1964	3.46ล้านหลา	13,055	82
4.บ.พัตราภรณ์ไทยการย้อม จก. สนง.1-3 อาคารคุสิตธานี ชั้น7 ถ.พระราม4 กทม. รง. สมุทรปราการ	11กุมภาพันธ์ 1964	30.96ล้านหลา	77,541	256

ชื่อโรงงาน	วันเริ่มกิจการ	กำลังการผลิตต่อปี	ทรัพย์สินทั้งหมด (1,000 บ.)	จำนวนคนงาน
5. บ. รง.ฟอกย้อม(ประเทศไทย) จก. สนง.884-886ถ.ทรงวาด เขตสัมพันธวงศ์ กทม. รง. สมุทรปราการ	4ธันวาคม 1964	4 ล้านหลา	53,000	324
6. บ.สหไทยซินเธติคไฟเบอร์ สนง.796-800 ถ.พระราม 4 เขตปทุมวัน กทม. รง. นนทบุรี	2พฤษภาคม 1968	6 ล้านหลา	84,502	566
7. บ.ไทยโทเรเท็กซ์ไทล์มิลล์ สนง.62 อาคารธนิยะชั้น10 ถ.สีลม เขตบางรัก กทม. รง. นครปฐม	17พฤษภาคม 1968	6 ล้านหลา	314,394	1,221
8. บ.ไทยเหยิ่น จก. สนง.6 ตึกเดินอากาศไทย ชั้น6 ถ.หลานหลวง กทม. รง.ปทุมธานี, กรุงเทพฯ	20กรกฎาคม 1966	6 ล้านหลา	332,222	1,990
9. บ.ผ้าขนหนูไทย จก. สนง.222 ถ.ราชวงศ์ เขตสัมพันธวงศ์ กทม. รง. สมุทรสาคร	11 มีนาคม 1966	2 ล้านหลา	26,309	278

ชื่อโรงงาน	วันเริ่มกิจการ	กำลังการผลิตต่อปี	ทรัพย์สินทั้งหมด (1,000บ.)	จำนวนคนงาน
10. บ.ไทยทรีคอท จก. สนง.297ถ.สุขุมวิท ต.บางปูใหม่ สมุทรปราการ รง. สมุทรปราการ	1 มกราคม 1970	32.21ล้านหลา	187,118	690
11.บ.ไทยเกรียงปั่นทอฟอกย้อม สนง.ตึกฮั่วกี่ ชั้น6 ถ.เสือ-ป่า เขตป้อมปราบ กทม. รง. อ.พระประแดง	4 กันยายน 1968	42 ล้านหลา	1,790,205	9,674
12.หสจ. รง.บุญช่วย สนง.795 ถ.มหาจักร เขตสัมพันธวงศ์ กทม. รง. นครปฐม	1มกราคม 1971	16.7 ล้านหลา	34,714	140
13.บ.นครหลวงการทอและฟอกย้อม จก. สนง.185-195ถ.เฉลิมเขต 2 สวนมะลิ กทม. รง. นครปฐม	5 สิงหาคม 1971	11.6ล้านหลา	45,528	183
14.บ.ไทยเท็กซ์ไทล์ฟินิชชิ่ง จก. สนง.กม.23 ถ.ติวานนท์ อ.เมือง ปทุมธานี รง. ปทุมธานี	5มกราคม 1973	7ล้านหลา	125,300	311

ชื่อโรงงาน	วันเริ่มกิจการ	กำลังการผลิตต่อปี	ทรัพย์สินทั้งหมด (1,000บ.)	จำนวนคนงาน
15.บ.อุตสาหกรรมแมนคาริน-สปินนิ่ง อินดัสทรี สนง.อาคารบุญมิตร ชั้น7 138 ถ.สีลม กทม. รง. นนทบุรี	16มกราคม 1972	4.6ล้านหลา	50,000	800
16.บ.ปราบูพริ้นติ้งอินดัสตรีจก. สนง.258 คลองถม เขตสัมพันธวงศ์ กทม. รง. สมุทรปราการ	17เมษายน 1973	6ล้านหลา	55,400	405
17.บ.อุตสาหกรรมสยามซินเธ-ติคเท็กไทล์ จก. สนง.ตรอกโรงพิมพ์ เยาวราช กทม. รง. ปทุมธานี	17มีนาคม 1971	6.1ล้านหลา	161,732	728
18.หสจ. ก. สินไทยการทอ สนง.232ซ.บางเมฆขาว ถ.สุขุมวิท กม.30 อ.เมือง รง. สมุทรปราการ	1 กันยายน 1971	1 ล้านหลา	16,000	106
19.บ.สามัคคีฟอกย้อม จก. สนง.55/59ซ.เริงเลื่อน-ฤทธิ์ สำเพ็ง กทม. รง. สมุทรปราการ	22 กันยายน 1970	3.9ล้านหลา	23,140	182

ชื่อโรงงาน	วันเริ่มกิจการ	กำลังการผลิตต่อปี	ทรัพย์สินทั้งหมด (1,000บ.)	จำนวนคนงาน
20.บ.เซ็นจูรี่เท็กไทล์ จก. อาคารฮั้วกี่ 109 ถ.เสือป่า เขตป้อมปราบฯ กทม. รง. สมุทรปราการ	14 มิถุนายน 1971	1.8ล้านหลา	60,145	499
21.บ.อุตสาหกรรมผ้าห่มเอเชีย สนง.23 ถ.ราชวงศ์ เขตสัมพันธวงศ์ กทม. รง. สมุทรปราการ	1 สิงหาคม 1974	2 ล้านหลา	42,608	296
22.บ.บริติช-ไทย ซินเธติค-เท็กซ์ไทล์ จก. สนง.25/2 ศาลาแดงซ.1 สีลม เขตบางรัก กทม. รง. สมุทรสาคร	29 มีนาคม 1974	1 ล้านหลา	31,308	282
23.บ.อุตสาหกรรมผ้าธนบุรีจก. สนง.181-183ถ.ราชวงศ์ เขตสัมพันธวงศ์ กทม. รง. กรุงเทพฯ	1 เมษายน 1960	2.1ล้านหลา	56,390	570

ภาคผนวก ข

ความสัมพันธ์ระหว่างความถ่วงจำเพาะกับความเข้มข้นของโซดาไฟ

Conversion Table for Caustic Soda 15°C (Lunge)

Degrees Baumé	Degrees Twaddel	Spec. gravity	1 kg contains grams NaOH	1 l contains grams NaOH	1 l corresponds to litres acetic acid 50%	acetic acid 60%	formic acid 85%	1 l caustic soda 38° Bé = litres caustic soda
1	1.4	1.007	5.9	6.0	0.018	0.016	0.009	73.50
2	2.8	1.014	12.0	12.0	0.036	0.033	0.017	36.75
3	4.4	1.022	18.5	18.9	0.057	0.051	0.027	23.33
4	5.8	1.029	25.0	25.7	0.078	0.070	0.037	17.16
5	7.2	1.036	31.5	32.6	0.099	0.089	0.046	13.53
6	9.0	1.045	37.9	39.6	0.120	0.108	0.056	11.14
7	10.4	1.052	45.0	47.3	0.144	0.129	0.067	9.32
8	12.0	1.060	52.0	55.0	0.167	0.150	0.078	8.02
9	13.4	1.067	58.6	62.5	0.190	0.170	0.089	7.06
10	15.0	1.075	65.8	70.7	0.215	0.192	0.100	6.24
11	16.6	1.083	73.0	79.1	0.240	0.215	0.112	5.45
12	18.2	1.091	80.7	88.0	0.267	0.239	0.125	5.01
13	20.0	1.100	87.8	96.6	0.294	0.263	0.137	4.57
14	21.6	1.108	95.0	105.3	0.320	0.287	0.150	4.19
15	23.2	1.116	103.0	114.9	0.349	0.313	0.163	3.83
16	25.0	1.125	110.6	124.4	0.378	0.339	0.177	3.54
17	26.8	1.134	118.4	134.0	0.407	0.365	0.190	3.27
18	28.4	1.142	126.0	145.0	0.441	0.395	0.206	3.04
19	30.4	1.152	135.0	155.5	0.473	0.423	0.221	2.83
20	32.4	1.162	143.5	166.7	0.507	0.454	0.237	2.64
21	34.2	1.171	151.5	177.4	0.539	0.483	0.252	2.48
22	36.0	1.180	160.0	188.8	0.574	0.514	0.268	2.33
23	38.0	1.190	169.1	201.2	0.611	0.547	0.286	2.19
24	40.0	1.200	178.1	213.7	0.649	0.581	0.303	2.06
25	42.0	1.210	187.1	226.4	0.688	0.616	0.321	1.95
26	44.0	1.220	196.5	239.7	0.728	0.652	0.340	1.84
27	46.2	1.231	206.0	253.6	0.771	0.690	0.360	1.74
28	48.2	1.241	215.5	267.4	0.813	0.728	0.380	1.65
29	50.4	1.252	225.0	281.7	0.856	0.767	0.400	1.56
30	52.6	1.263	235.0	296.8	0.902	0.808	0.421	1.48
31	54.8	1.274	244.8	311.9	0.948	0.849	0.443	1.41
32	57.0	1.285	255.0	327.7	0.996	0.892	0.466	1.34
33	59.4	1.297	265.8	344.7	1.047	0.938	0.490	1.28
34	61.6	1.308	276.5	361.7	1.099	0.984	0.514	1.22
35	64.0	1.320	288.3	380.6	1.156	1.036	0.540	1.16
36	66.4	1.332	300.0	399.6	1.214	1.087	0.567	1.10
37	69.0	1.345	312.0	419.6	1.275	1.142	0.596	1.05
38	71.4	1.357	325.0	441.0	1.340	1.200	0.626	1.00
39	74.0	1.370	337.3	462.1	1.404	1.257	0.656	0.95
40	76.6	1.383	350.0	484.1	1.470	1.317	0.687	0.91
41	79.4	1.397	363.6	507.9	1.543	1.382	0.721	0.87
42	82.0	1.410	376.5	530.9	1.613	1.445	0.757	0.83
43	84.8	1.424	390.6	556.2	1.690	1.513	0.789	0.79
44	87.6	1.438	404.7	582.0	1.768	1.584	0.826	0.75
45	90.6	1.453	420.2	610.6	1.855	1.661	0.867	0.72
46	93.6	1.468	435.8	639.8	1.944	1.741	0.908	0.69
47	96.6	1.483	451.6	669.7	2.035	1.822	0.951	0.66
48	99.6	1.498	467.3	700.0	2.127	1.905	0.994	0.63
49	102.8	1.514	484.1	732.9	2.227	1.994	1.040	0.60
50	106.0	1.530	501.0	766.5	2.329	2.086	1.088	0.57

ภาคผนวก ค.

คุณสมบัติที่สำคัญของน้ำมันเตา

1. กราวิตี้ (Gravity) ระบุความหนักเบาของน้ำมันที่อุณหภูมิ 60°ฟ มี 2 สเกล ที่ใช้กันคือ

   1.1 API Gravity @ 60 °F

   1.2 Specific Gravity @ 60 °F (Sp.Gr. @ 60°F)

   โดยมีความสัมพันธ์คือ Degree API Gravity @ 60°F

$$= \frac{141.5}{\text{Sp.Gr.@ 60°F}} - 131.5$$

เป็นที่น่าสังเกตุว่าน้ำมันที่มี API Gravity ยิ่งต่ำลง Sp.Gr. จะยิ่งสูงขึ้น(มีค่าใกล้ 1 เข้าไปทุกที) น้ำมันก็ยิ่งหนักขึ้น และในทางตรงข้ามถ้าน้ำมันยิ่งเบาลง API Gravity ก็ยิ่งสูงขึ้นและ Sp.Gr. ยิ่งต่ำลงด้วย

โดยเหตุที่ผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมมักจะซื้อขายกันเป็นปริมาตร เช่น บาเรล แกลลอนหรือลิตร และแก้มาที่อุณหภูมิ 60°ฟ ด้วยการใช้ตารางที่ ค-1 ในภาคผนวก ค. ซึ่งกำหนดแฟคเตอร์ที่จะต้องเป็นตัวแก้ปริมาตรของน้ำมันมาที่อุณหภูมิ 60°ฟ

นอกจากนี้กราวิตี้ของน้ำมันยังมีส่วนสัมพันธ์กันกับ

ก. ปริมาณของไฮโดรเจนในน้ำมัน

คือ น้ำมันที่หนักขึ้น (API ต่ำลง) จะมีเปอร์เซ็นต์ของไฮโดเจนในน้ำมันน้อยลง

ข. ค่าความร้อนของน้ำมัน

คือ ค่าความร้อนของน้ำมันต่อหน่วยน้ำหนักจะลดลงเมื่อน้ำมันหนักขึ้น (API ต่ำลง) ฉะนั้นถ้าเราซื้อน้ำมันที่หนักขึ้นเป็นหน่วยปริมาตร(ลิตร) จะได้รับพลังงานความร้อนต่อหน่วยปริมาตรมากกว่าซื้อน้ำมันที่เบากว่า เพราะเหตุว่าในหน่วยปริมาตรที่เท่าๆกัน(ลิตร) เราจะได้รับน้ำหนักของน้ำมันมากกว่า หรืออาจจะกล่าวได้อีกนัยหนึ่งว่า

ค่าความร้อนของน้ำมัน/หน่วยน้ำหนัก จะลดลงเมื่อน้ำมันหนักขึ้น
ค่าความร้อนของน้ำมัน/หน่วยปริมาตร จะสูงขึ้นเมื่อน้ำมันหนักขึ้น

2. <u>จุดวาบไฟ</u> (Flash point)

น้ำมันเตาทุกเกรดมักจะระบุจุดวาบไฟของน้ำมัน เพื่อเป็นเครื่องชี้ถึงอันตรายอันจะเกิดจากไฟไหม้น้ำมัน และเพื่อกำหนดมาตราการในทางกฎหมายต่อการประกันภัย การควบคุมไฟไหม้ โดยทั่วไปแล้วน้ำมันเตาจะมีจุดวาบไฟสูง(ไม่ต่ำกว่า 150°ฟ) ฉะนั้นจึงนับได้ว่าน้ำมันเตาเป็นน้ำมันไม่มีอันตรายเพราะการเก็บ การสูบส่งน้ำมันกระทำในแบบที่มีระบบระบายอากาศ ณ อุณหภูมิบรรยากาศ ซึ่งต่ำกว่าจุดวาบไฟของน้ำมันมาก

3. <u>ความหนืด</u> (Viscosity)

เป็นคุณสมบัติที่สำคัญที่สุดของน้ำมันเตาที่จะต้องคำนึงถึงในการเก็บ การสูบส่งและการเผาไหม้ของน้ำมัน โดยทั่วไปหน่วยความหนืดของน้ำมันเตาที่ใช้กันมีหลายแบบ ได้แก่

ก. อเมริกัน ใช้ SSU @ 100°F(37.8°C) สำหรับเกรดใสๆ
SSF @ 122°F(50°C) สำหรับเกรดข้นๆ

ข. อังกฤษใช้ RW_1 @ 100°F

ค. ยุโรปใช้ E° และ/หรือ cSt @ 20°C(68°F), @ 50°C(122°F)

SSU = Saybolt Second Universal

SSF = Saybolt Second Furol

RW_1 = Redwood 1

E° = Engler Degree

cSt = Centistokes

แต่อย่างไรก็ตามแม้หน่วยความหนืดจะต่างกันและวัดที่อุณหภูมิต่างกันก็ตามก็สามารถเทียบกลับมายังหน่วยและอุณหภูมิที่ต้องการได้ โดยอาศัยกราฟน้ำมัน (รูป 4-1) ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดและอุณหภูมิ ยกตัวอย่างน้ำมันเตาที่มีความหนืด

37 cSt(5E°) @ 50°C จะมีความหนืด = 280 RW_1 @ 100°F

450 cSt(59E°) @ 50°C จะมีความหนืด = 500 RW_1 @ 100°F

ความหนืดของน้ำมันเตาเป็นคุณสมบัติที่สำคัญที่สุดที่จะคำนึงถึง หรือจะต้องนำมาพิจารณาในการใช้น้ำมันเตา ความหนืดเป็นเครื่องแสดงถึงอัตราการไหลของน้ำมันในระบบน้ำมันเชื้อเพลิงและความยากง่ายต่อการที่น้ำมันจะถูกฉีดออกจากหัวฉีดหรือหัวเบิร์นเนอร์ให้เป็นฝอยละเอียด เพราะเหตุว่าความหนืดของน้ำมันจะลดลงหรือใสขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ฉะนั้นถ้าน้ำมันเตาได้รับการอุ่นให้ร้อนขึ้นพอเหมาะการสูบส่งและการฉีดน้ำมันให้เป็นฝอยละเอียดก็จะง่ายขึ้น แต่ถ้าหากว่าไม่มีเครื่องอุปกรณ์ในการอุ่นน้ำมันเตาก็จำเป็นต้องใช้น้ำมันเตาอย่างใส ถ้าน้ำมันข้นมากเกินไป การสูบส่งน้ำมันด้วยปั๊มอาจมีปัญหาคืออัตราการสูบส่งอาจทำไม่ได้ตามต้องการ หัวฉีดไม่อาจฉีดน้ำมันให้เป็นฝอยละเอียดได้ดี และการสตาร์ทจุดติดเตายากขึ้นและอาจเกิดไฟดีกลับได้ นอกจากนี้ความหนืดของน้ำมันยังมีผลต่อปริมาณน้ำมันที่ออกจากหัวฉีดและต่อมุมของฝอยน้ำมันที่ฉีดออกไป (spray angle)

ถ้าความหนืดของน้ำมันที่หัวฉีดไม่ถูกต้อง น้ำมันที่ถูกฉีดออกจากหัวฉีดก็ไม่เป็นฝอยละเอียดเพียงพอ จะเป็นผลให้การเผาไหม้เลว เกิดควันและเขม่าในบริเวณเตา-ปล่อง หรืออาจเกิดคราบคาร์บอนเกาะสะสมที่ปลายหัวฉีดหรือเกิดโค้กหรือคาร์บอนเกาะตามผนังเตาได้ง่าย

โดยทั่วไปแล้วการสูบส่งน้ำมันด้วยปั๊มจะทำได้ง่าย ถ้าน้ำมันมีความหนืดประมาณ 5,000SSU ถ้าน้ำมันข้นกว่านี้การสูบส่งก็อาจทำได้แต่อัตราการสูบส่งจะลดลงตามส่วน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตภาคเหนือตอนหน้าหนาว อากาศเย็นจัดน้ำมันจะข้นขึ้นมาก การพิจารณาว่าจำเป็นหรือไม่ที่ถังเก็บน้ำมันและท่อทางดูด-ส่ง จะต้องมีการอุ่นให้น้ำมันร้อนขึ้นเพื่อจะสูบส่งได้ดี กราฟของน้ำมันแต่ละเกรดจะช่วยบอกได้ดีว่า ที่อุณหภูมิต่ำ ต่ำเท่าใดน้ำมันจะมีความหนืดเท่าใด

ในเรื่องการเผาไหม้ (Burning) น้ำมันเตาก่อนที่มันจะเผาไหม้ได้ มันจะต้องถูกฉีดออกเป็นฝอยละเอียดเพื่อผสมหรือรวมตัวกับออกซิเจนในอากาศได้ทั่วถึงกัน การเผาไหม้ก็จะสมบูรณ์ดี ให้ความร้อนสูง ปราศจากควันและเขม่าและประหยัดเชื้อเพลิงด้วย ฉะนั้นความหนืดของน้ำมันที่หัวฉีดจึงเป็นสิ่งสำคัญที่สุดซึ่งขึ้นอยู่กับแบบต่าง ๆ ของหัวฉีด

อาจจำแนกออกได้เป็น 4 แบบ ซึ่งแต่ละแบบต้องการความหนืดของน้ำมันที่หัวฉีดต่างๆกันคือ

แบบของหัวฉีด (Burner)	ต้องการความหนืดที่หัวฉีด, SSU
ก. แบบพ่นน้ำมันด้วยอากาศ (Air atomized)	80-90
ข. แบบพ่นน้ำมันด้วยกำลังดัน (Pressure or Mechanical atomized)	80-120
ค. แบบพ่นน้ำมันด้วยไอน้ำ (Steam atomized)	100-180
ง. แบบพ่นน้ำมันด้วยถ้วยหมุน (Rotary cup burner)	350-400

ฉะนั้นโดยอาศัยกราฟน้ำมันแต่ละเกรดที่จะใช้ เราก็สามารถทราบได้ว่าควรจะต้องอุ่นน้ำมัน (oil preheating) ให้ความร้อนประมาณเท่าใดจึงจะได้ความหนืดของน้ำมันที่หัวฉีดตามต้องการ เช่นใช้น้ำมันเตา Bunker C มีความหนืด 1,500 RW$_1$ ที่ 100°ฟ ใช้กับหัวฉีดแบบพ่นน้ำมันด้วยอากาศจำเป็นต้องอุ่นน้ำมันให้ร้อนประมาณ 105-110°ซ แต่ถ้าใช้กับหัวฉีดพ่นน้ำมันด้วยไอน้ำอุ่นน้ำมันให้ร้อนประมาณ 80-100°ซ ก็เพียงพอเป็นต้น

4. <u>จุดหยุดไหลเท</u> (Pour point)

ข้อดีอันหนึ่งของเชื้อเพลิงเหลวก็คือ ง่ายต่อการส่งหรือสูบถ่ายจากที่แห่งหนึ่งไปยังที่อีกแห่งหนึ่ง แต่ก็อาจจะมีปัญหาในภูมิประเทศเมืองหนาวที่มีอุณหภูมิอากาศต่ำมันอาจจะแข็งตัวจนหยุดไหลได้ จุดหยุดไหลเทของน้ำมันเตาจะต่ำมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับแหล่งน้ำมันดิบว่ามีขี้ผึ้ง (wax) มากหรือน้อย และยังขึ้นอยู่กับกรรมวิธีการกลั่นที่จะแยกเอาขี้ผึ้งออกหรือไม่ด้วย

น้ำมันเตาในประเทศไทยปรกติจะมีจุดหยุดไหลเทประมาณ 35-55°ฟ (5-13°ซ) ซึ่งในประเทศเมืองร้อนมักจะไม่มีปัญหา นอกจากในฤดูหนาวบางปีที่อากาศเย็นจัดในภาคเหนืออุณหภูมิอากาศลดลงจนถึงจุดหยุดไหลเท ซึ่งก็เป็นช่วงระยะเวลาสั้นๆ อนึ่งน้ำมันเกรดข้นจะมีจุดหยุดไหลเทสูงกว่าน้ำมันเตาเกรดใสเล็กน้อย

5. ปริมาณของตะกอนและน้ำ (Sediment and water content)

ตะกอน (sediment) ได้แก่สารหรือของแข็งที่ไม่ละลาย(non-soluble matter or insoluble solids) เช่น เกลือ ทราย สิ่งสกปรกและเส้นใยของสารต่างๆเป็นต้น สิ่งเหล่านี้จะติดมากับน้ำมันดิบและเหลือตกค้างอยู่กับน้ำมันเตา ส่วนน้ำอาจเกิดมีขึ้นได้ในระหว่างการขนส่งทางเรือหรือจากความชื้นในอากาศ

ตะกอนในน้ำมันเตาถ้ามีมากเกินไปอาจสะสมมากขึ้นในถังเก็บ อาจทำให้หม้อกรองน้ำมันอุดตัน รูหัวฉีดอุดตัน หรือรูหัวฉีดสึกหรอมากเกินไปได้ เป็นผลทำให้การไหลของน้ำมันจากถังไปยังหัวฉีดไม่สะดวก ส่วนน้ำถ้ามีมากจะสะสมอยู่ก้นถังมีส่วนทำให้เกิดสนิมกัดกร่อนแก่ถัง-ท่อทาง และเครื่องอุปกรณ์ต่างๆได้ นอกจากนี้น้ำกับตะกอน ถ้ามีรวมกันมากๆอาจเกิดกลายเป็นตะกอนโคลนที่เรียกว่าสลัชจ์ (sludge) ได้

โดยทั่วไปน้ำมันเตาจะระบุประมาณของน้ำและปริมาณของตะกอนรวมกันเป็นเปอร์เซ็นต์โดยปริ มาตรโดยทั่วไปน้ำมันเตาเกรดข้นที่สุดจะมีไม่เกิน 0.2% โดยปริมาตร

เพื่อขจัดปัญหาอันเนื่องมาจากตะกอนและน้ำในน้ำมันเตา ควรระบายน้ำออกจากก้นถังเก็บและถังใช้กฎรประจำวันทุกๆ 1-2 อาทิตย์ ส่วนหม้อกรองน้ำมันเตาควรทำความสะอาดทุกๆอาทิตย์หรือกว่านั้นตามความสกปรกที่ตรวจพบ ส่วนในถังเก็บและถังใช้การประจำวัน ควรมีการล้างทำความสะอาดภายในทุกๆ2 ปีเป็นอย่างน้อย

6. ปริมาณกำมะถัน (Sulfur content)

ปริมาณกำมะถันในน้ำมันเตาขึ้นอยู่กับแหล่งน้ำมันดิบและเกรดของน้ำมันเตา เกรดที่หนักที่สุดอาจมีกำมะถันถึง 5% ความสำคัญของกำมะถันก็เนื่องมาจากความจริงที่ว่า กำมะถันเมื่อเผาไหม้จะกลายเป็นกำมะถันไดออกไซด์ (SO_2) และบางส่วนของกำมะถันไดออกไซด์จะทำปฏิกริยากับออกซิเจนในอากาศที่เหลือจากการเผาไหม้กลายเป็นกำมะถันไตรออกไซด์(SO_3)ซึ่งมันอาจจะ

1) รวมตัวกับน้ำ(ความชื้น) กลายเป็นกรดกำมะถัน (H_2SO_4) ในบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำๆ ไอของกรดจะกลั่นตัวและทำให้เกิดการกัดกร่อนชิ้นส่วนโลหะของหม้อไอน้ำ เช่นในบริเวณหม้ออุ่นอากาศ(air heater) และหม้ออุ่นน้ำเข้าหม้อน้ำ(Economizer)

2) ทำปฏิกริยากับขี้เถ้า (ash) ในน้ำมันเตา เกิดเป็นแสลกกิ้ง (slagging) เกาะติดตามหลอดหม้อน้ำในบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงๆ เป็นผลทำให้เกิดการกัดกร่อนแก่หลอดหม้อไอน้ำได้และทำให้การถ่ายเทความร้อนเลวลงด้วย

ในกรณีที่ใช้น้ำมันเตาที่มีเปอร์เซ็นต์กำมะถันสูงๆ เป็นเชื้อเพลิงหนทางที่จะช่วยลดปัญหาดังกล่าวมาแล้วก็คือ พยายามให้น้ำมันเตาเผาไหม้ด้วยการใช้อากาศที่เกินน้อยที่สุด (minimum excess air) หมายความว่าในระหว่างการเผาไหม้ คาร์บอน ไฮโดรเจน และกำมะถันในน้ำมันใช้ออกซิเจนในอากาศเผาไหม้ไปจนหมดแล้วเหลือออกซิเจนเพียงเล็กน้อยที่จะทำปฏิกริยากับกำมะถันไดออกไซด์กลายเป็นกำมะถันไตรออกไซด์เป็นส่วนน้อย ก็ช่วยขจัดปัญหาลงได้มาก

อนึ่งกำมะถันในน้ำมันเตาอาจเป็นอันตรายหรือทำความเสียหายให้กับผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปในอุตสาหกรรมบางอย่างได้ เช่น เครื่องแก้ว ผลิตภัณฑ์เซอรามิคส์ กระเบื้องเคลือบ และอื่น ๆ ฉะนั้นน้ำมันเชื้อเพลิงที่จะใช้กับอุตสาหกรรมพวกนี้จะต้องพิจารณาถึงปริมาณของกำมะถันในน้ำมันด้วย

7. <u>ประมาณเถ้า</u> (Ash content)

เถ้า คือสารอนินทรีย์ (Inorganic matters) ที่เหลือตกค้างอยู่หลังจากการเผาไหม้ของน้ำมัน ซึ่งเป็นสารที่ไม่สามารถเผาไหม้ให้หมดไปได้ (non-combustible matters) สารประกอบที่จะทำให้เกิดเถ้าจะมาจากพวกเกลือของโลหะ (mettalic salt) ที่มีอยู่ในน้ำมันดิบตามธรรมชาติหรืออาจมาจากน้ำทะเลในระหว่างการขนส่งน้ำมันเตาทางทะเล หรือจากสนิมในถังน้ำมัน และจากพวกของแข็งต่างต่างที่อาจติดมากับน้ำมันเตาในระหว่างกรรมวิธีการผลิตน้ำมัน

ตามปกติปริมาณเถ้าในน้ำมันเตาจะมีน้อยกว่า 0.2% โดยน้ำหนัก ซึ่งเถ้าพวกนี้ได้แก่สารประกอบของโซเดียม (Na) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) วาเนเดี้ยม (V) นิเกิล (Ni) เหล็ก (Fe) และซิลิกอน (Si)

ผลหรืออันตรายอันจะเกิดจากเถ้าในน้ำมันเตา

1) ทำให้เกิดการกัดกร่อนหลอดหม้อน้ำในบริเวณอุณหภูมิสูงๆ เช่น ตามหลอด

ซูเปอร์ฮีท ในลักษณะแลกกิ้ง

2) อาจมีผลต่อผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปพวก แก้วและเซอรามิคส์

3) อาจทำลายอิฐทนไฟภายในเตาหม้อไอน้ำ เตาเผาได้

8. ค่าความร้อน (Heating value or calorific value)

ค่าความร้อนของน้ำมันมีหน่วยเป็น บีทียู ต่อปอนด์ (Btu./lb.) หรือกิโลแคลลอรีต่อกิโลกรัม (Kcal/Kg.) โดย 1 Kcal./Kg. = 1.8 Btu./lb. ค่าความร้อนของน้ำมันเชื้อเพลิงหาได้จากเครื่องมือในห้องแล็ป ซึ่งจะต้องให้ค่าความร้อนทั้งหมด (Gross heating value) ซึ่งหมายถึงค่าความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้รวมกับค่าความร้อนแฝงที่ได้จากการกลั่นตัวของไอน้ำอันเกิดจากไฮโดรเจนเผาไหม้กับออกซิเจนในอากาศ บางที่เรียกว่า Higher heating value (H.H.V.)

ส่วน Net heating value or Lower heating value ไม่รวมความร้อนแฝงที่ได้จากการกลั่นตัวของไอน้ำเข้ามาด้วย

แต่โดยทั่วไปแล้ว การระบุค่าความร้อนของน้ำมันหรือการใช้ค่าความร้อนของน้ำมันไปคำนวณหาประสิทธิภาพการเผาไหม้ ความสิ้นเปลืองของเชื้อเพลิงหรืออื่นๆ มักจะใช้ Gross heating value

Table 6-1

REDUCTION OF VOLUME TO 60°F (15.6°C) AGAINST API GRAVITY AT 60°F (15.6°C)

(Abridged Table)

Extracted from "ASTM-IP Petroleum Measurement Tables", 1952, Table 7*.

Observed Temperature, °F.	Group Number and API Gravity Range at 60° F.			Observed Temperature, °F.	Group Number and API Gravity Range at 60° F.			Observed Temperature, °F.	Group Number and API Gravity Range at 60° F.		
	Group 0	Group 1	Group 2		Group 0	Group 1	Group 2		Group 0	Group 1	Group 2
	0-14.9° API	15.0-34.9° API	35.0-50.9° API		0-14.9° API	15.0-34.9° API	35.0-50.9° API		0-14.9° API	15.0-34.9° API	35.0-50.9° API
	Factor for Reducing Volume to 60° F.				Factor for Reducing Volume to 60° F.				Factor for Reducing Volume to 60° F.		
0	1.0211	1.0241	1.0298	50	1.0035	1.0040	1.0050	100	0.9861	0.9842	0.9801
1	1.0208	1.0237	1.0293	51	1.0031	1.0036	1.0045	101	0.9857	0.9838	0.9796
2	1.0204	1.0233	1.0288	52	1.0028	1.0032	1.0040	102	0.9854	0.9834	0.9791
3	1.0201	1.0229	1.0283	53	1.0024	1.0028	1.0035	103	0.9851	0.9830	0.9786
4	1.0197	1.0225	1.0278	54	1.0021	1.0024	1.0030	104	0.9847	0.9826	0.9781
5	1.0194	1.0221	1.0273	55	1.0017	1.0020	1.0025	105	0.9844	0.9822	0.9776
6	1.0190	1.0217	1.0268	56	1.0014	1.0016	1.0020	106	0.9840	0.9818	0.9771
7	1.0186	1.0213	1.0263	57	1.0010	1.0012	1.0015	107	0.9837	0.9814	0.9766
8	1.0183	1.0209	1.0258	58	1.0007	1.0008	1.0010	108	0.9833	0.9810	0.9761
9	1.0179	1.0205	1.0253	59	1.0003	1.0004	1.0005	109	0.9830	0.9806	0.9756
10	1.0176	1.0201	1.0248	60	1.0000	1.0000	1.0000	110	0.9826	0.9803	0.9751
11	1.0172	1.0197	1.0243	61	0.9997	0.9996	0.9995	111	0.9823	0.9799	0.9746
12	1.0169	1.0193	1.0238	62	0.9993	0.9992	0.9990	112	0.9819	0.9795	0.9741
13	1.0165	1.0189	1.0233	63	0.9990	0.9988	0.9985	113	0.9816	0.9791	0.9736
14	1.0162	1.0185	1.0228	64	0.9986	0.9984	0.9980	114	0.9813	0.9787	0.9731
15	1.0158	1.0181	1.0223	65	0.9983	0.9980	0.9975	115	0.9809	0.9783	0.9726
16	1.0155	1.0177	1.0218	66	0.9979	0.9976	0.9970	116	0.9806	0.9779	0.9721
17	1.0151	1.0173	1.0214	67	0.9976	0.9972	0.9966	117	0.9802	0.9775	0.9716
18	1.0148	1.0168	1.0209	68	0.9972	0.9968	0.9960	118	0.9799	0.9771	0.9712
19	1.0144	1.0164	1.0204	69	0.9969	0.9964	0.9955	119	0.9795	0.9767	0.9707
20	1.0141	1.0160	1.0199	70	0.9965	0.9960	0.9950	120	0.9792	0.9763	0.9702
21	1.0137	1.0156	1.0194	71	0.9962	0.9956	0.9945	121	0.9788	0.9760	0.9697
22	1.0133	1.0152	1.0189	72	0.9958	0.9952	0.9940	122	0.9785	0.9756	0.9692
23	1.0130	1.0148	1.0184	73	0.9955	0.9948	0.9935	123	0.9782	0.9752	0.9687
24	1.0126	1.0144	1.0179	74	0.9951	0.9944	0.9930	124	0.9778	0.9748	0.9682
25	1.0123	1.0140	1.0174	75	0.9948	0.9940	0.9925	125	0.9775	0.9744	0.9677
26	1.0119	1.0136	1.0169	76	0.9944	0.9936	0.9920	126	0.9771	0.9740	0.9672
27	1.0116	1.0132	1.0164	77	0.9941	0.9932	0.9916	127	0.9768	0.9736	0.9667
28	1.0112	1.0128	1.0159	78	0.9937	0.9929	0.9911	128	0.9764	0.9732	0.9662
29	1.0109	1.0124	1.0154	79	0.9934	0.9925	0.9906	129	0.9761	0.9728	0.9657
30	1.0105	1.0120	1.0149	80	0.9930	0.9921	0.9901	130	0.9758	0.9725	0.9652
31	1.0102	1.0116	1.0144	81	0.9927	0.9917	0.9896	131	0.9754	0.9721	0.9647
32	1.0098	1.0112	1.0139	82	0.9923	0.9913	0.9891	132	0.9751	0.9717	0.9642
33	1.0095	1.0108	1.0134	83	0.9920	0.9909	0.9886	133	0.9747	0.9713	0.9637
34	1.0091	1.0104	1.0129	84	0.9916	0.9905	0.9881	134	0.9744	0.9709	0.9632
35	1.0088	1.0100	1.0124	85	0.9913	0.9901	0.9876	135	0.9740	0.9705	0.9627
36	1.0084	1.0096	1.0119	86	0.9909	0.9897	0.9871	136	0.9737	0.9701	0.9622
37	1.0081	1.0092	1.0114	87	0.9906	0.9893	0.9866	137	0.9734	0.9697	0.9617
38	1.0077	1.0088	1.0109	88	0.9902	0.9889	0.9861	138	0.9730	0.9693	0.9612
39	1.0074	1.0084	1.0104	89	0.9899	0.9885	0.9856	139	0.9727	0.9690	0.9607
40	1.0070	1.0080	1.0099	90	0.9896	0.9881	0.9851	140	0.9723	0.9686	0.9602
41	1.0067	1.0076	1.0094	91	0.9892	0.9877	0.9846	141	0.9720	0.9682	0.9597
42	1.0063	1.0072	1.0089	92	0.9889	0.9873	0.9841	142	0.9716	0.9678	0.9592
43	1.0060	1.0068	1.0084	93	0.9885	0.9869	0.9836	143	0.9713	0.9674	0.9587
44	1.0056	1.0064	1.0079	94	0.9882	0.9865	0.9831	144	0.9710	0.9670	0.9582
45	1.0053	1.0060	1.0074	95	0.9878	0.9861	0.9826	145	0.9706	0.9666	0.9577
46	1.0049	1.0056	1.0070	96	0.9875	0.9857	0.9821	146	0.9703	0.9662	0.9572
47	1.0046	1.0052	1.0065	97	0.9871	0.9854	0.9816	147	0.9699	0.9659	0.9567
48	1.0042	1.0048	1.0060	98	0.9868	0.9850	0.9811	148	0.9696	0.9655	0.9562
49	1.0038	1.0044	1.0055	99	0.9864	0.9846	0.9806	149	0.9693	0.9651	0.9557

* THE ABOVE GROUPS, GRAVITY RANGES, COEFFICIENTS OF EXPANSION AND API GRAVITY ARE AS FOLLOWS:

Group Number	Range of Group API Gravity at 60° F.	Coefficient of Expansion per °F. at 60° F.	Corresponding API Gravity at 60° F.
0	0 to 14.9	0.00035	6.0
1	15.0 to 34.9	0.00040	22.0
2	35.0 to 50.9	0.00050	44.0

Issued jointly by the American Society for Testing Materials and the Institute of Petroleum (Great Britain). These tables are intended to supersede "National Standard Petroleum Oil Tables", Circular C410 (National Bureau of Standards) and the "Tables for Measurement of Oil" (Institute of Petroleum). See reference on Page 3.

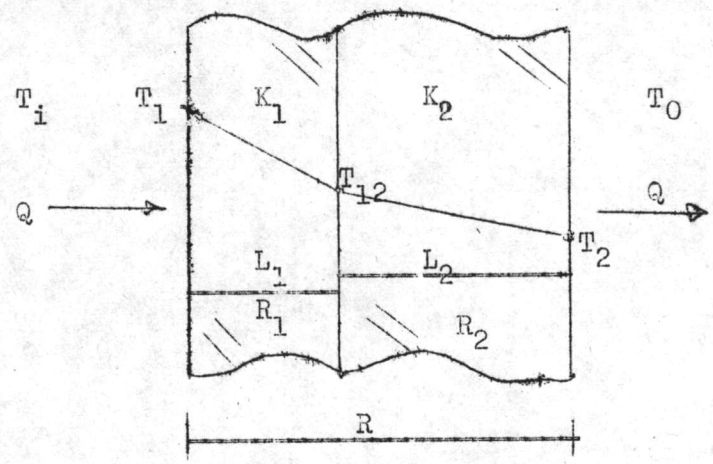
ภาคผนวก ง

การกำหนดฉนวนความร้อน (Thermal Insulation)

การหุ้มฉนวนความร้อนทำขึ้นเพื่อป้องกันไม่ให้ความร้อนจากไอน้ำสูญเสียให้กับบรรยากาศมากเกินไปซึ่งจะเป็นผลทำให้ไอน้ำกลั่นตัวมาก การไหลของความร้อนผ่านระบบจะขึ้นอยู่กับลักษณะของระบบ

ก. <u>การไหลของความร้อนผ่านผนังขนานหลายชั้น</u>

(Flow of Heat trough a Composite Wall : Resistance in Series)



รูปที่ ง-1 ความร้อนไหลผ่านผนังขนานหลายชั้น

ลักษณะเช่นนี้จะมีการไหลของความร้อน 2 ลักษณะคือ การพา (convection) และการนำ (conduction)

การไหลของความร้อนในลักษณะการพาหาได้จากสมการของนิวตัน

$$Q = h \cdot A (T_{fluid} - T_{solid}) \quad \text{--- (ก)}$$

การไหลของความร้อนในลักษณะการนำหาได้จากสมการของฟูเรีย

$$Q = kA \Delta T/L \; ; \text{ ให้ } R = L/kA$$

$$\therefore \quad Q = \Delta T/R \quad \text{--- (ข)}$$

เมื่อ Q = ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเท, Btu./h.

h = ส.ป.ส.ของการถ่ายเทความร้อน, Btu./h. ft.^{2} °F

(Coefficient of heat transfer)

k = ค่าการนำความร้อน, Btu./h. ft.^{2} °F/ft.

(Thermal conductivity)

A = พื้นที่ที่มีการถ่ายเทความร้อน, ft.^{2}

L = ระยะทางหรือความหนาของวัตถุที่มีการถ่ายเทความร้อน, ft.

ΔT = อุณหภูมิแตกต่าง, °F

R = ความต้านทานการไหลของความร้อน, (h.)°F/Btu.

เพราะฉะนั้นลักษณะดังรูปที่ 9-1 จะเขียนสมการได้ 4 สมการคือ

การไหลของความร้อนจากของไหลอุณหภูมิ T_i ไปยังผนังอุณหภูมิ T_1 จากสมการ (ก)

$$Q_1 = (T_i - T_1) \Big/ \left[\frac{1}{h_i A_i}\right] \qquad \text{--- (1)}$$

การไหลของความร้อนจากผนังอุณหภูมิ T_1 ไปยังผนังอุณหภูมิ T_{12} จากสมการ (ข)

$$Q_2 = (T_1 - T_{12})/R_1 \qquad \text{--- (2)}$$

การไหลของความร้อนจากผนังอุณหภูมิ T_{12} ไปยังผนังอุณหภูมิ T_2 จากสมการ (ข)

$$Q_3 = (T_{12} - T_2)/R_2 \qquad \text{--- (3)}$$

และการไหลของความร้อนจากผนังอุณหภูมิ T_2 ไปยังอากาศอุณหภูมิ T_o จากสมการ (ก)

$$Q_4 = (T_2 - T_o) \Big/ \left[\frac{1}{h_o A_o}\right] \qquad \text{--- (4)}$$

สมการ(1)+(2)+(3)+(4) และเขียนใหม่ได้

$$Q_1\left[\frac{1}{h_i A_i}\right] + Q_2 R_1 + Q_3 R_2 + Q_4\left[\frac{1}{h_o A_o}\right]$$

$$= T_i - T_1 + T_1 - T_{12} + T_{12} - T_2 + T_2 - T_o$$

$$= T_i - T_o \qquad \text{--- (5)}$$

ค่าการไหลของความร้อนผ่านผนังทางด้านซ้ายมือจะเท่ากับค่าความร้อนที่ไหลออกทางด้านขวามือ

$$\therefore\ Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q_4 = Q$$

และพื้นที่การถ่ายเทความร้อนของผนังเท่ากัน

$$\therefore \quad A_i = A_1 = A_2 = A_o = A$$

จากสมการ (5) จะได้

$$\frac{Q}{A}\left[\frac{1}{h_i} + \frac{L_1}{k_1} + \frac{L_2}{k_2} + \frac{1}{h_o}\right] = T_i - T_o$$

$$\therefore Q = \frac{A\,(T_i - T_o)}{\frac{1}{h_i} + \frac{L_1}{k_1} + \frac{L_2}{k_2} + \frac{1}{h_o}}$$

$$\text{let } U_o = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{L_1}{k_1} + \frac{L_2}{K_2} + \frac{1}{h_o}}$$

U_o = Overall coefficient of heat transfer, Btu./h.ft.^{2}.F

$$\therefore \quad Q = U_o A\,(T_i - T_o) \qquad \text{---} (\text{ค})$$

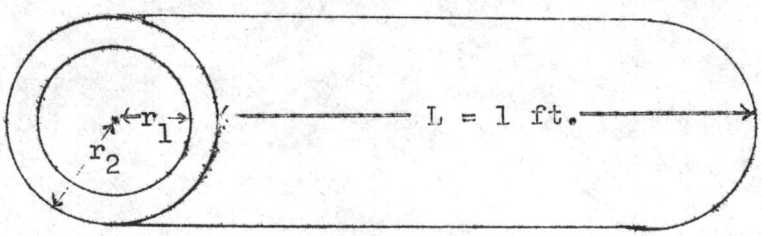
ค่า ส.ป.ส.ของการถ่ายเทความร้อน(h) ที่กำหนดโดย ASHRAE(American Society of Heating,Refrigerating and Air-condition Engineer) มีดังนี้

ภายในอาคาร , อากาศนิ่ง $h = 1.65$ Btu./h.ft.^{2}.

ภายนอกอาคาร , ความเร็วลม 15 ไมล์/ช.ม. $h = 6.00$ "

ไอน้ำไหลภายในท่อ $h = 2000$ "

ข. <u>การไหลของความร้อนผ่านผนังท่อ</u>



รูปที่ ง-2 ความร้อนไหลผ่านผนังท่อ

รูปที่ ง-2 แสดงถึงท่อที่มีความยาว 1 หน่วย มีพื้นที่ที่ให้ความร้อนไหลผ่านเพิ่มขึ้นจากระยะทาง r_1 ถึง r_2 พื้นที่ท่อรัศมี r = $2\pi rl$ และถ้าความร้อนไหลออกไปข้างนอกท่อด้วยระยะทาง dr ความร้อนลดลง = dt/dr ดังนั้นจากสมการ

$$Q = \frac{kA}{L}\Delta t$$

จะกลายเป็น $$Q = 2\pi rk\left(-\frac{dt}{dr}\right) \quad \text{Btu./h.lin.ft.}$$

อินทิเกรท ได้ $$t = -\frac{Q}{2\pi k}\ln r + C_1$$

เมื่อ $r = r_i$, $t = t_i$ และเมื่อ $r = r_o$, $t = t_o$; ซึ่ง i และ O คือผิวด้านในและนอกของท่อตามลำดับ

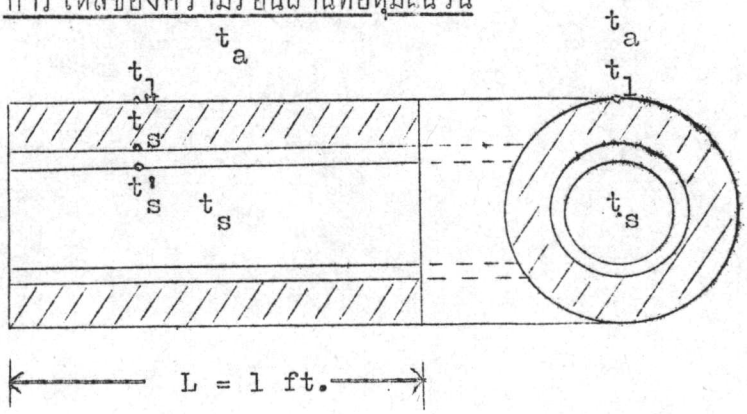
จะได้ $$Q = \frac{2\pi k\,(t_i - t_o)}{\ln r_o/r_i}$$

ถ้า D เป็นเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ

จะได้ $$\frac{r_o}{r_i} = \frac{D_o}{D_i}$$

$$\therefore\ Q = \frac{2\pi k\,(t_i - t_o)}{2.3 \log D_o/D_i}$$

ค. <u>การไหลของความร้อนผ่านท่อหุ้มฉนวน</u>



รูปที่ ง-3 ความร้อนสูญเสียจากท่อหุ้มฉนวน

รูปที่ ง-3 เป็นท่อไอน้ำหุ้มฉนวน ไอน้ำมีอุณหภูมิ t_s อุณหภูมิของบรรยากาศรอบ ๆ เป็น t_a ดังนั้นอุณหภูมิที่แตกต่างกันเป็น $t_s - t_a$ มีความต้านทานต่อการไหลของความร้อนเป็นดังนี้คือ

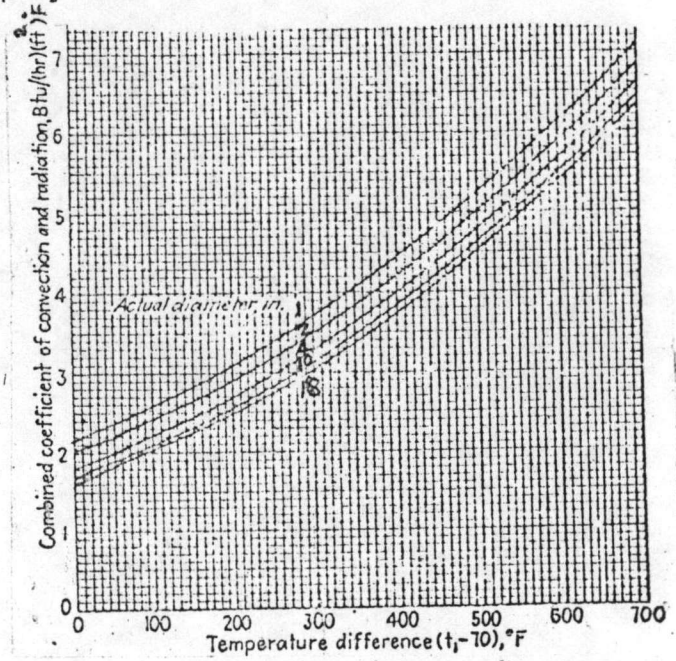
1. ความต้านทานที่เกิดจากไอน้ำกลั่นตัวและถ่ายความร้อนให้แก่ผิวด้านในของท่อ จากการทดลองพบว่าความต้านทานนี้น้อยมาก ดังนั้น t_s และ t_s' มีค่าเกือบเท่ากัน

2. ความต้านทานของเนื้อโลหะของท่อซึ่งมีค่าน้อยมาก ยกเว้นท่อที่หนามาก ๆ ดังนั้น t_s' และ t_s'' มีค่าเกือบเท่ากัน

3. ความต้านทานของฉนวนหุ้มท่อ มีอุณหภูมิที่ผิวด้านนอก t_1

4. ความต้านทานของบรรยากาศรอบท่อที่ถ่ายเทความร้อนออกไปจากผิวนอกของท่อ ความต้านทานนี้ขึ้นอยู่กับผลต่างของอุณหภูมิที่ผิวท่อกับอุณหภูมิของบรรยากาศขณะนั้น

รูปที่ ง-4 เป็นกราฟแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่าง ส.ป.ส.การถ่ายเทความร้อนเท่ากับผลต่างของอุณหภูมิผิวท่อและบรรยากาศ



รูปที่ ง-4 การถ่ายเทความร้อนโดยการพาและแผ่รังสีจากท่อในแนวนอนที่อุณหภูมิ t_1 ถึงอากาศที่ 70° ฟ.

ความต้านทานการไหลของความร้อนทั้ง 4 กรณี เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

การกลั่นตัวของไอน้ำ : $Q = h_s \pi D_s' (t_s - t_s')$ --- (1)

ผนังท่อ : $Q = \frac{2\pi k_b}{2.3 \log D_s''/D_s} (t_s' - t_s'')$ --- (2)

ฉนวนหุ้มท่อ : $Q = \frac{2\pi k_c}{2.3 \log D_1/D_s''} (t_s'' - t_1)$ --- (3)

การพาและการแผ่รังสีให้กับอากาศ : $Q = h_a \pi D_1 (t_1 - t_a)$ --- (4)

สมการ (1) + (2) + (3) + (4) จะได้

$$t_s - t_a = Q \left(\frac{1}{h_g \pi D_s'} + \frac{2.3}{2\pi k_b} \log \frac{D_s''}{D_s'} + \frac{2.3}{2\pi k_c} \log \frac{D_1}{D_s''} + \frac{1}{h_a \pi D_1} \right)$$

เทอมที่ 1 และ 2 ในวงเล็บมีค่าน้อยมากสามารถตัดทิ้งได้

$$\therefore \boxed{Q = \frac{\pi (t_s - t_a)}{\frac{2.3}{2k_c} \log \frac{D_1}{D_s''} + \frac{1}{h_a D_1}}} \quad \text{---- (ง)}$$

เมื่อ t_s = อุณหภูมิของไอน้ำ

t_a = อุณหภูมิของบรรยากาศ

D_1 = เส้นผ่าศูนย์กลางรอบนอกของฉนวน

D_s'' = เส้นผ่าศูนย์กลางรอบนอกของท่อไอน้ำ

k_c = ค่าการนำความร้อนของฉนวน

h_a = ส.ป.ส.การถ่ายเทความร้อนของอากาศ

<u>ตัวอย่างที่ 9-1</u> การหาความร้อนที่สูญเสียไปของท่อหุ้มฉนวนสู่อากาศ

ท่อสตีลขนาด 2 นิ้ว ใช้นำไอน้ำอุณหภูมิ 300°ฟ. หุ้มด้วยฉนวนหนา 1/2 นิ้ว มีค่า $k = 0.033$ และอากาศรอบ ๆ มีอุณหภูมิ 70°ฟ. ความร้อนสูญเสียไปเท่าไรต่อความยาว 1 ฟุต

สมมุติ $t_1 = 150°F$, $t_1 - 70 = 80°F$

จากรูปที่ 9-4 ได้ $h_a = 2.23$ Btu./h.ft.^{2}·F

สูตร $$Q = \frac{\pi (t_s - t_a)}{\frac{2.3}{2k_c}\log(D_1/D_s'') + \frac{1}{h_a D_1}}$$

จากตารางที่ 9-1 เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกของท่อ 2" = 2.375 = D_s''

และ $D_1 = \frac{1}{2}" + 2.375" + \frac{1}{2} = 3.375"$

$$\therefore Q = \frac{3.14(300-70)}{\frac{2.3}{2 \times 0.033} \log \frac{3.375}{2.375} + \frac{1}{2.23 \times 3.375/12}}$$

$$= 104.8 \text{ Btu./h.lin.ft.}$$

ตรวจสอบค่าระหว่าง t_s และ t_1 จาก $\Delta t/R = \Delta t_c/R_c$

$$Q = 104.8 = \frac{2 \times 3.14 \times 0.033(300 - t_1)}{2.3 \log 3.375/2.375}$$

$t_1 = 123.5°$ฟ. ไม่ตรงกับที่สมมุติไว้

สมมุติใหม่ให้ $t_1 = 125°F$, $t_1 - 70 = 55°F$

ได้ $h_a = 2.10$ Btu./h.ft.^{2}·F

$$\therefore Q = \frac{3.14 (300-70)}{\frac{2.3}{2 \times 0.033} \log \frac{3.375}{2.375} + \frac{1}{2.10 \times 3.375/12}}$$

$$= 103.2 \text{ Btu./h. lin.ft.}$$

ตรวจสอบค่าระหว่าง t_s กับ t_1

$$Q = 103.2 = \frac{2 \times 3.14 \times 0.033 \ (300 - t_1)}{2.3 \log 3.375/2.375}$$

t_1 = 125.8°ฟ. ได้ใกล้เคียงกับที่สมมุติไว้

∴ท่อเมื่อหุ้มฉนวนแล้วจะมีอุณหภูมิที่ผิว = 125°ฟ.

สูญเสียความร้อน = 103 Btu. / h. lin.ft. ตอบ

ตารางที่ ง-1 ขนาดท่อมาตราฐานในทางการค้าที่นิยมใช้กันบางค่า

ขนาดท่อปกติ(นิ้ว)	1/8	1/4	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2
เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก	0.405	0.540	0.675	0.840	1.050	1.315	1.660	1.900
ขนาดท่อปกติ(นิ้ว)	2	2 1/2	3	3 1/2	4	5	6	8
เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก	2.375	2.875	3.500	4.000	4.500	5.563	6.625	8.625

ภาคผนวก จ

การทดสอบหาแบเรียมนัมเบอร์(Barium Number)

ตามระบบของเอเอทีซีซี (AATCC)

(American Association of Textile Chemists and Colorists)

การทดสอบผ้าเมอร์เซอไรส์ทำได้หลายวิธี แต่วิธีของเอเอทีซีซีเป็นที่นิยมใช้กันมาก เพราะว่าสามารถบอกออกมาเป็นตัวเลขได้

การทดสอบหาแบเรียมนัมเบอร์

สารเคมีที่ใช้

1. สารละลายแบเรียมไฮดรอกไซด์ 0.25 นอร์มอล

ชั่งสารมาให้เกินกว่าที่คำนวณได้เล็กน้อย ละลายด้วยน้ำกลั่นแล้วปิดจุกทิ้งค้างคืนเอาไว้ ดูดเอาส่วนที่ใสไปใช้

2. ฟีนอล์ฟธาลีน อินดิเกเตอร์

3. กรดเกลือมาตรฐาน 0.1 นอร์มอล

การทดสอบ

1. ตัดชิ้นตัวอย่างที่แห้ง 2 กรัมใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร ที่แห้งและมีจุกปิด

2. เติมแบเรียมไฮดรอกไซด์ 0.25 นอร์มอลจำนวน 30 มิลลิลิตรลงในขวดรูปชมพู่ที่ใส่ชิ้นตัวอย่าง และในขวดเปล่าอีก 2 ใบเพื่อทำ blank determination

3. ปิดจุกทันทีที่เติมแบเรียมไฮดรอกไซด์ เก็บไว้เป็นเวลา 2 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง ต้องคอยเขย่าอย่างสม่ำเสมอ

4. หลังจากครบ 2 ชั่วโมงแล้ว แต่ละขวดดูดเอาสารละลายออกมา 10 มล. ใส่ในขวดเปล่าแต่ละใบ ศิเตรทด้วยกรดเกลือมาตราฐาน 0.1 นอร์มอล โดยใช้ฟีนอล์ฟชาลีนเป็นอินดิเกเตอร์ ทำการศิเตรทซ้ำ 2 ครั้ง บันทึกผลเอาไว้

5. คำนวณหาแบเรียมนัมเบอร์

$$\text{แบเรียมนัมเบอร์} = \frac{\text{แบเรียมไฮดรอกไซด์ที่ถูกดูดซึมโดยผ้าที่ทำเมอร์เซอไรส์}}{\text{แบเรียมไฮดรอกไซด์ที่ถูกดูดซึมโดยผ้าที่ไม่ทำเมอร์เซอไรส์}} \times 100$$

ถ้าค่าแบเรียมนัมเบอร์อยู่ในช่วง 100-105 แสดงว่า ไม่มีการเมอร์เซอไรส์

" " มากกว่า 150 " ฝ่ายทำเมอร์เซอไรส์ได้สมบูรณ์

" " อยู่ระหว่าง 106-150 " การทำเมอร์เซอไรส์ยังไม่สมบูรณ์

ผ้าที่ทำการทดสอบต้องทำอย่างน้อย 2 ชุด แล้วหาค่าแบเรียมนัมเบอร์เฉลี่ย ค่าที่หาได้ต้องต่างกันไม่เกิน 4 ถ้าเกินให้ทำใหม่

<u>ตัวอย่างการคำนวณ</u>

10 มล.ของแบเรียมไฮดรอกไซด์จากแบลงค์
ใช้กรดเกลือมาตราฐาน 0.1 นอร์มอล = 24.80 มล.

10 มล.ของแบเรียมไฮดรอกไซด์จากผ้าเมอร์เซอไรส์
ใช้กรดเกลือมาตราฐาน 0.1 นอร์มอล = 21.80 มล.

10 มล.ของแบเรียมไฮดรอกไซด์จากผ้าไม่เมอร์เซอไรส์
ใช้กรดเกลือมาตราฐาน 0.1 นอร์มอล = 22.10 มล.

$$\text{แบเรียมนัมเบอร์} = \frac{24.80-21.80}{24.80-22.10} \times 100$$

$$= 111.11$$

การเตรียมผ้าฝ้ายฟอกขาว

ผ้าฝ้ายฟอกขาวเตรียมได้จากการนำผ้าดิบ (Grey cloth) มาทำการลอกแป้ง ต้มทำความสะอาดและฟอกขาว โดยมีรายละเอียดดังนี้

การลอกแป้ง (desizing) แบบใช้เอ็นไซม์คือใช้

- ไบโอเลส เอ็ฟ.แอล. 1.67 กรัมต่อลิตร
- สบู่เทียม 2 กรัมต่อลิตร
- pH 6 ปรับค่าให้เป็นกรดด้วยกรดมด
- อัตราส่วนน้ำต่อผ้า 30 : 1
- อุณหภูมิ 70°ซ.
- เวลา 30 นาที

การต้มทำความสะอาดผ้า (scouring) โดยใช้

- โซดาไฟ 5% ของน้ำหนักผ้า
- โซดาแอช 0.5 กรัมต่อลิตร
- สบู่เทียม 1 กรัมต่อลิตร
- อัตราส่วนน้ำต่อผ้า 30 : 1
- อุณหภูมิ 100°ซ.
- เวลา 2 ชั่วโมง

การฟอกขาว (bleaching) โดยใช้

- ไฮโดรเจนเปอออกไซด์(35% w/w) 4% ของน้ำหนักผ้า
- โซดาแอช 1% ของน้ำหนักผ้า
- โซเดียมซิลิแกท 1% ของน้ำหนักผ้า
- อัตราส่วนน้ำต่อผ้า 30:1
- อุณหภูมิ 90-95°ซ.
- เวลา 1 ชั่วโมง

การทดลองทำเมอร์เซอไรส์เพื่อหาแบเรียมนัมเบอร์

1. ตัดผ้าฝ้ายฟอกขาวขนาดกว้าง 3 1/2 นิ้ว ยาว 9 นิ้ว จำนวน 8 ผืน แต่ละผืนมีขนาดที่เข้าเครื่องแสตนเตอร์ได้พอดี

2. นำผ้าฝ้ายที่ตัดไว้แล้วมา 1 ผืนขึงลงบนแสตนเตอร์ซึ่งเป็นกรอบไว้สี่เหลี่ยมผืนผ้า มีเข็มตอกไว้ 2 ด้านตรงข้ามกันสำหรับขึงผ้า ขึงผ้าให้ตึงเท่ากันทุก ๆ ส่วน

3. เตรียมสารละลายโซดาไฟให้มีความเข้มข้นต่าง ๆ กันคือ 8%, 10%, 14%, 16%, 18%, 20%, 25% และ 30% โดยที่ความเข้มข้นคิดเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เตรียมทีละชุดแล้วปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง (32°ซ.)

4. นำสารละลายโซดาไฟเข้มข้น 8% ที่เตรียมไว้เทลงในถาดแสตนเลสที่มีขนาดพอเหมาะกับแสตนเตอร์ นำแสตนเตอร์ที่ขึงผ้าไว้แล้วจุ่มลงในสารละลายเป็นเวลา 2 นาทีที่อุณหภูมิห้อง

5. เมื่อครบเวลาแล้วนำผ้าออกจากแสตนเตอร์ไปบีบเอาสารละลายโซดาไฟส่วนเกินออกโดยใช้ลูกกลิ้งยางบีบ นำผ้าไปล้างด้วยน้ำร้อนเพื่อขจัดโซดาไฟ จากนั้นล้างด้วยน้ำเย็นจนโซดาไฟหมด

6. เพื่อให้แน่ใจว่าหมดโซดาไฟแล้ว นำผ้าไปทำให้จุ่มในสารละลายกรดมดเจือจาง (0.5%) โดยแช่ไว้นาน 5 นาที นำผ้าไปล้างให้สะอาดอีกครั้งหนึ่งจนแน่ใจว่าผ้าเป็นกลาง แล้วนำไปอบแห้ง

7. ในทำนองเดียวกันนำผ้าที่เหลือขึงลงบนแสตนเตอร์ทีละผืน ทำเมอร์เซอไรส์โดยเปลี่ยนความเข้มข้นของโซดาไฟเป็น 10%, 14%, 16%, 18%, 20%, 25% และ 30% ตามลำดับก็จะได้ผ้าเมอร์เซอไรส์ 1 ชุด 8 ผืน

ในการทดลองเตรียมผ้าได้เตรียมผ้าขึ้น 2 ชุดไว้สำหรับหาแบเรียมนัมเบอร์

ภาคผนวก ฉ

สีซัลเฟอร์

สีซัลเฟอร์เป็นสีที่ใช้ย้อมเส้นใยเซลลูโลสประเภทหนึ่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งใช้ย้อมผ้าฝ้ายให้ความคงทนต่อสภาวะต่าง ๆ ดี ลักษณะที่สำคัญของสีในกลุ่มนี้คือทุกตัวมี "กำมะถันเป็นตัวเชื่อม" อยู่ภายในโมเลกุล ปกติสีประเภทนี้ไม่ละลายน้ำหรือละลายได้บ้างเพียงเล็กน้อย แต่ละลายได้ในสารละลายของโซเดียมซัลไฟด์ที่มีโซดาแอชอยู่ด้วย โซเดียมซัลไฟด์ทำหน้าที่เป็นตัวรีดิวซ์ให้โมเลกุลของสีแตกออกตรงตัวเชื่อมกำมะถันเป็นองค์ประกอบย่อยที่ละลายน้ำและย้อมติดเส้นใยเซลลูโลสได้ ดังสมการ

$$\underset{\text{Sulphur dye}}{\text{Dye} \cdot \text{S}\!-\!\text{S} \cdot \text{Dyo}} + 2\,\text{H} \longrightarrow \underset{\text{Thiol compound}}{2\ \text{Dye} \cdot \text{SH}}$$

เมื่อ Thiols ซึ่งประกอบด้วยกลุ่ม -SH ดูดติดอยู่บนเส้นใย ถูกอ๊อกซิไดส์ด้วยอากาศ หรือสารอ๊อกซิไดส์ให้กลับมาเป็นสีซัลเฟอร์เดิมที่ไม่ละลายน้ำ ดังสมการ

$$\underset{\text{Thiols component}}{\text{Dye} \cdot \text{SH}} + \underset{\text{Oxidising agen}}{\text{HS} \cdot \text{Dye} + \hat{\text{O}}} \longrightarrow \underset{\text{Sulphur dye}}{\text{Dye} \cdot \text{S}\!-\!\text{S} \cdot \text{Dye}} + \underset{\text{Water}}{\text{H}_2\text{O}}$$

<u>คุณสมบัติทั่วไปของสีซัลเฟอร์</u>

สีซัลเฟอร์มีราคาถูกและกรรมวิธีการย้อมง่าย มีความคงทนต่อน้ำดีมาก ต่อแสงปานกลางและต่อคลอรีนต่ำ ดังนั้นถ้าผ้าฟอกขาวด้วยสารไฮโปคลอไรท์ก่อนนำไปย้อมต้องแน่ใจว่าไม่มีคลอรีนเหลืออยู่ ระดับสีมีค่อนข้างจำกัด เช่นมีสีดำ สีน้ำตาล กรมท่า ม่วง เหลือง เขียว ส้ม สีที่ย้อมได้ค่อนข้างทึบและด้าน ในสภาวะที่ถูกรีดิวส์ให้อยู่ในรูปลิวโคมีคุณสมบัติในการย้อมคล้ายกับสีไดเร็กท์ การดูดซึมสีจะดีขึ้นเมื่อ

ใช้อิเล็คโตไลท์ และเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิที่ใช้ย้อม สลายตัวด้วยกรดให้กาซไฮโดรเจนซัลไฟด์และตะกอนที่ไม่ละลายน้ำ

สีซัลเฟอร์เหมือนสีวัตถุที่ไม่ละลายน้ำ แต่ถูกรีดิ้วส์เป็นลิวโคที่ละลายน้ำได้สารรีดิ้วส์ที่ใช้มีโซเดียมซัลไฟด์กับโซดาแอชหรือโซเดียมไฮโดรซัลไฟด์กับโซดาไฟคู่แรกมีราคาถูกกว่าและยังช่วยป้องกันการเกิดรีดิ้วส์ที่มากเกินไปด้วย แต่มีข้อเสียคือทำให้สารละลายเป็นด่างแก่ทำให้คุณสมบัติทางกายภาพของเส้นใยเสียได้โดยเฉพาะกับเส้นใยวิสโคสเรยอน

ปกติการออกซิไดส์ด้วยอากาศเป็นการเพียงพอที่จะทำให้สีย้อมกลับเป็นสีเดิม แต่บางกรณีที่ต้องการความรวดเร็วก็ใช้สารออกซิไดส์ซึ่งสารบางตัวทำให้สีสดใสขึ้นเพิ่มความคงทนต่อการซักด้วย

สีซัลเฟอร์ดูดซึมติดเส้นใยไม่ดีนักโดยเฉพาะสีเข้ม ควรเลือกเครื่องย้อมที่ใช้อัตราส่วนน้ำย้อมต่ำ สีดำมักเก็บน้ำย้อมไว้ใช้คราวต่อไปได้คือ หลังจากย้อมถังแรกแล้วเติมสี โซเดียมซัลไฟด์และโซดาแอช 50-75% ของน้ำหนักเดิมที่ใช้ โดยทำการละลายสีต่างหากแล้วเทลงในถังย้อมแรกทำการย้อมต่อไป ทำเช่นนี้ได้หลายครั้งแต่ไม่จำเป็นต้องเติมเกลือในถังหลัง ๆ (2,3...) ถ้าความถ่วงจำเพาะของน้ำย้อมสูงกว่า 1.05 ควรเทน้ำย้อมทิ้งหรือทำให้เจือจางลง ถ้าปรากฏว่ามีละอองกำมะถันลอยเป็นฝ้า ต้องเติมโซเดียมซัลไฟด์ลงไปจนกระทั่งฝ้าที่ลอยอยู่นั้นหายไป

ประวัติ

นาย เกษม พิพัฒน์ปัญญานุกูล เกิดวันที่ 28 ธันวาคม พ.ศ. 2494 กรุงเทพมหานคร ได้รับการศึกษาในคณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อพ.ศ.2515 และสำเร็จการศึกษาขั้นปริญญาตรี สาขาวัสดุศาสตร์ เมื่อ พ.ศ.2519 ปัจจุบันเป็นอาจารย์ประจำแผนกวิชาเคมีสิ่งทอ วิทยาเขตเทคนิค กรุงเทพฯ กระทรวงศึกษาธิการ

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย