



방수 관련 화학 기술

Marix

Marix Technology



1. 들어가며

2. 윤활특성과 이형 특성

2.1. 윤활 특성

2.1.1. 마찰계수

일정한 무게(W)를 갖는 물체를 딱딱한 표면 위에서 끌어당길때 필요한 힘(F)는 표면과의 마찰에 의해서 다음과 같은 관계식을 갖는다.

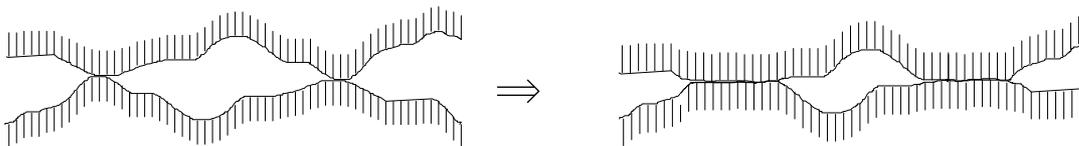


[그림 4] Amontons's law

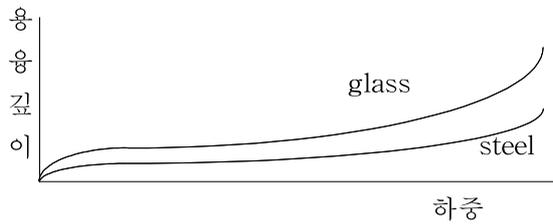
$$F = \mu W \quad \text{or} \quad \mu = \frac{F}{W}$$

(1)

이것을 Amontons's law라 하며, 이때의 계수 μ 를 마찰계수라 한다. 마찰계수는 위의 관계식에서 알 수 있듯이 접촉면의 넓이와는 상관없이 하지만, 실제 접촉면의 넓이에 따라 약간씩의 차이를 보이는데, 이것은 두 개의 물체가 접하고 있을 때 실제로 접촉하고 있는 면은 아래의 그림과같이 아주 작은 부분으로 이루어진다. 따라서 실제로 접촉하고 있는 작은 면으로 전체 하중(W)이 걸리기 때문에 부분압이 물체의 용융점 이상으로 증가하게 된다. 따라서 그 부분에서의 용융에 따른 흐름현상으로 접촉면이 넓어지게 되고, 이와 같은 용융의 깊이는 그림 3에서와 같이 물체에 따라 다르게 나타난다.



[그림 2] 두 물체의 실제 접촉면에서의 용융상태

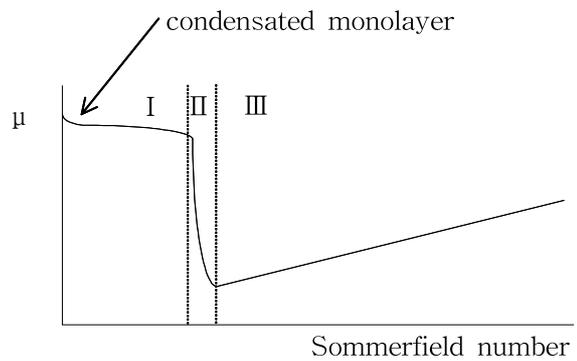


[그림 3] 하중에 따른 물체의 용융 깊이

2.1.2. 경계 윤활과 유체 윤활

윤활 이형체의 점도(η), 물체가 접촉면 위로 미끄러지는 속도(v)와 하중(W)와의 사이의 관계에서 Sommerfield number(N_s)를 얻을 수 있으며, Sommerfield number(N_s)에 따른 마찰계수는 다음의 그림 4와 같다.

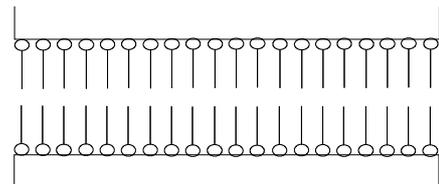
$$N_s = \frac{\eta v}{W} \tag{2}$$



[그림 3] Stribeck curve

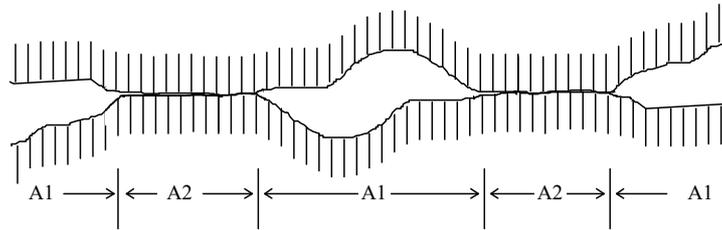
이때의 I 영역을 경계윤활(boundary lubrication), III영역을 유체 윤활(full film lubrication)이라하고, 두 영역 사이(II)를 전이 영역(transition region)이라 한다.

다음의 Hardy's model에서와 같이 두 개의 물체 사이에 충분한 양의 윤활제가 첨가되면, 물체 사이의 접촉면은 전혀 없어지고, 이때의 윤활 특성은 두 물체의 특성에 의존하기 보다는 가해진 윤활제의 유체 역학적 특성(hydrodynamic property)에 따르게 된다. 이때의 윤활을 유체 윤활이라 한다.



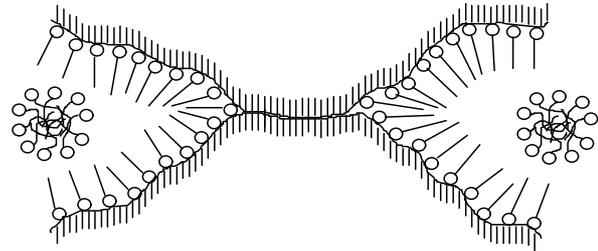
[그림 4] Hardy's model

그러나 윤활제의 양이 감소, 물체의 하중 증가 및 물체가 접촉면에서 미끄러지는 속도가 증가함에 따라 윤활제의 필름 두께는 얇아지게 되어 그림 6에서와 같이 접촉면(A2)이 발생하게 된다. 이러한 경우의 윤활을 경계윤활이라 하며, 대부분의 실제 경우에서 발생하는 윤활의 특성이다.



[그림 5] 실제 두 물체의 접촉면

경계 윤활에서 물체의 접촉면(A2)에서는 부분압이 어느 한계 - 용융점, 임계압이라 한다 - 를 넘어서서 용융된 상태로 흐름이 발생하게 된다. 하지만 윤활제에 첨가된 계면활성제가 condensed monolayer 이상의 층을 형성하고 있을 경우 그림 7에서와 같이 계면활성제가 작용하게 되어 두 물체가 접촉하고 있는 부분 보다는 윤활제 필름에(pressurized film)에 의해



[그림 6] 경계 윤활에서의 계면활성제

서 떠 있는 부분(그림6의 A1)에 의해 마찰계수는 영향을 받게 되기 때문에 condensed monolayer 이상의 층을 형성하고 있는 동안에는 Stribeck 곡선에서 나타나듯이 마찰계수 값에는 큰 변화를 보이지 않으며, 마찰계수(μ)는 다음의 식에서 Amonton's law가 적용될 수 있음을 보여준다.

$$\mu = \frac{\tau S_f}{\pi} \tag{3}$$

단, τ : thickness of the condensed film

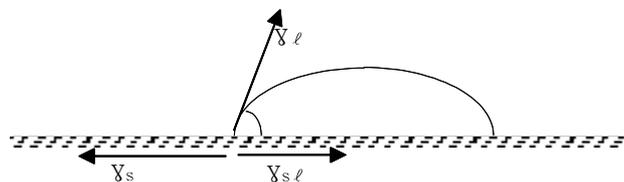
S_f : shear strength of film-film contact

π : pressure of the film

2.2. 이형 특성

2.2.1. Young's equation

그림에서와 같이 고체 위에 떨어져 있는 액체 방울에서 작용하는 계면 장력 사이에는 다음과 같은 관계식이 성립한다.

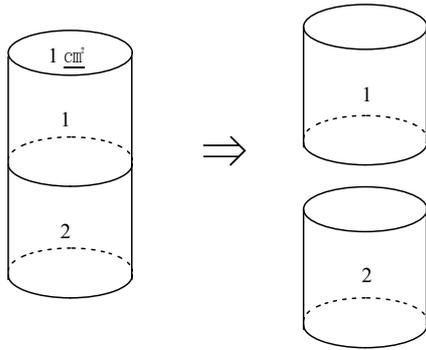


[그림 7] 고체 표면의 액적에 작용하는 계면장력

$$\gamma_s = \gamma_{sl} + \gamma_l \cos \theta \tag{4}$$



2.2.2. Wetting



서로 섞이지 않는 액체가 다음과 같이 붙어 있을 때 두 액체를 서로 떨어뜨리는데 필요한 힘(W_a)은,

$$W_a = \gamma_1 + \gamma_2 - \gamma_{12} \quad (5)$$

와 같다. 여기서 한 쪽이 고체일 경우 위 Young의 식을 이용하면,

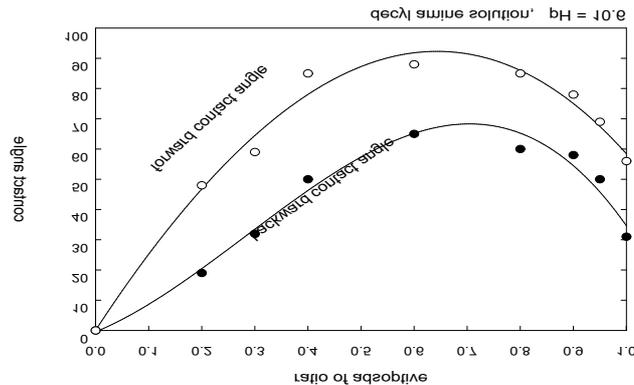
$$W_a = \frac{\gamma_l}{\gamma_s} (1 + \cos \theta) \gamma_{sl} \quad (6)$$

[그림 8] 두 액체 사이의 이형성

과 같이 된다.

따라서 파라핀과 같은 비극성 고체 표면에 계면활성제 포함된 액체 방울이 떨어지면 계면활성제의 소수기가 고체 표면을 향하여 배열함에 따라 젖음(wetting)성이 좋아지게 된다. 반대로 금속 산화물이나 유리와 같은 극성 고체면에서는 계면활성제의 극성기가 고체면으로 향하여 배열하기 때문에 이형성이 좋아지게 된다.

이러한 성질을 이용하여 접착제, 인쇄시 잉크가 종이로 이동하는 현상, 방수 가공, 이형 작용, 발수성, 수증기 응결 등에 이용될 수 있다.



[그림 9] 백금에 대한 계면활성제 수용액의 접촉각



[표 2] 각종 액체의 표면 장력

액체	기체	온도 (°C)	표면 장력 (dyne/cm)
수은	공기	20	475.00
물	"	20	72.75
물	"	25	71.96
에틸 알코올	"	0	24.30
에틸 알코올	질소	20	22.55
옥탄	옥탄 증기	20	21.70
벤젠	공기	20	28.90
올리브유	"	18	33.10

[표 3] 물에 대한 각종 물질의 젖음

물질	접촉각	습윤장력 (dyne/cm)	물질	접촉각	습윤장력 (dyne/cm)
파라핀	108	-22.5	아세트 아미드	15	70.3
벤젠	105	-19.4	아조 벤젠	64	31.8
나프탈렌	62	34.2	α-베라콘 산	49	47.8
안트라센	92	-2.5	라우린 산	111	-26.1
디페닐 메탄	62	34.2	α-펜타 데칸 산	73	21.2
트리페닐 메탄	45	51.4	파르미칠 산	111	-26.1
테트라페틸 메탄	15	70.4	스테아린 산	106	-20.1
미리스틸 알콜	60	36.4	세로틴 산	116	-31.8
세틸 알코올	46	50.5	ヒトロケイ皮酸	63	33.0
벤조 페논	65	30.8	安息香酸	65	30.8
β-나프톨	38	57.3	트리 스테아린	110	-24.9
디페닐 아민	80	12.7	스테아린산 아연	135	-51.4

[표 4] 각종 물질에 대한 물의 접촉각

물질	접촉각(°)		물질	형상	접촉각(°)	
	전진	후진			전진	후진
은	7 ~ 10	0	폴리에틸렌	섬유	83	49
금	6 ~ 7	0		실	25	16
백금	56	25	나일론	섬유	83	60
무수규산	0 ~ 10	0		실	55	33
방해석	0 ~ 10	0	다크론	섬유	79	74
탈크	69 ~ 77	52		실	49	20
석영	55 ~ 60	59	양모	섬유	85	34
유리	0 ~ 5	0		실	108	21

2.2.3. 임계 표면 장력



유기 화합물이나 고분자 재료 등에 같은 종류의 유기 액체에 대한 표면 장력을 측정하여 접촉각과 함께 그래프로 나타내면 직선식(Zisman Plot)이 얻어지며, 이 직선이 $\cos\theta = 1$ 과 만나는 점을 임계 표면장력으로 정의하였다. 따라서 임계 표면장력 보다 낮은 표면 장력을 갖는 액체는 플라스틱 표면에 완전히 젖을 수 있고, 임계 표면장력 이상의 값을 갖는 액체는 완전히 젖지 못하고 접촉각을 갖게 된다. 따라서 임계 표면장력 보다 큰 값을 갖는 액체일수록 고체에 대한 이형성이 좋다고 할 수 있다.

[표 5] 각종 물질의 임계 표면장력

고체	임계표면장력 (dyne/cm)	고체	임계표면장력 (dyne/cm)
테프론	18.5	셀룰로오스	45.5
폴리 불소화 비닐	28	나일론 66	46
폴리 스티렌	33	에폭시 수지	50
폴리 비닐 알코올	37	파라핀 왁스	26
폴리 에틸렌	32	구리	44
폴리 프로필렌	31	알루미늄	45
폴리 메틸메타아크릴레이트	39	건조 소다 석영 유리	47
폴리 염화 비닐	39	습윤 소다 석영 유리	31
폴리 염화 비닐리딘	40	용융 실리카	78
PET	43	산화철	107
전분	39	산화 메탄	110
SBR	33	카세인	37

3. 금속 비누

3.1. 개요

금속 비누란 일반적인 알칼리토류 비누와는 달리 소수성인 지방산이 체인 길이가 길고, 여기에 Ca, Mg, Al, Fe, Zn 등의 금속이 결합하여 비수계에 주로 사용되는 물질이다. 주로 라우린산 이상의 탄소수를 갖는 소수기에 의한 발수성, 유허성, 이형성과, 친수기에 의한 촉매작용, 생물 조해작용, 산 포획 작용, 그리고 소수기 및 친수기의 조합에 의한 분산 작용, 유화 작용의 성질을 갖는다.

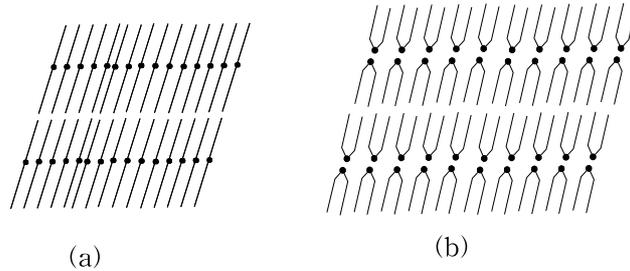
제조 방법으로는 크게 수용매나 알코올 용매에서 알칼리 비누와 금속염을 반응시키는 복분해법(간접법)과 금속 (수)산화물을 용융 온도 이상에서 반응시켜 물을 제거하는 직접법이 있다. 복분해법의 경우 작은 입자의 고순도 제품을 얻을 수 있어 발수제, 유허제로 이용할 때 유리하다. 반응속도는 빠르지만, 다량의 물을 사용하고 폐수가 많이 발생하는 단점이 있다. 복분해법과는 반



대로 직접법의 경우 공정 및 조작이 간편한 반면에 반응시간이 길어지고, 제품의 입자가 커서 플라스틱 가공의 안정제(예;Pb-soap)와 폴리머 윤활제로 사용될 수 있다.

3.2. 물리적 특성

상온에서의 결정구조는 다음 그림과 같이 층상 구조를 갖기 때문에 윤활성이 좋으며, 일반적인 용매에 대하여 불용이다.



[그림 10] 금속 비누의 결정 구조

3.3. 발수성

3.3.1. 금속 비누의 접촉각

금속 비누의 금속에 따른 접촉각의 크기는 $Zn > Ba > Ca > Mg$ 순이며, 실례로 Ca-St는 110° , Al-St는 120° , Pb-St는 130° 이다. 일반적으로 $110 \sim 130^\circ$ 의 접촉각을 갖는 금속 비누는 젖음 현상이 일어나기 어렵기 때문에 건축용 방수제, 종이 제품의 방수제, 폭약·화학 염료·세제와 같은 흡습성 물질의 내수 방지제 등으로 사용된다.

3.3.2. 발수제로서의 특성

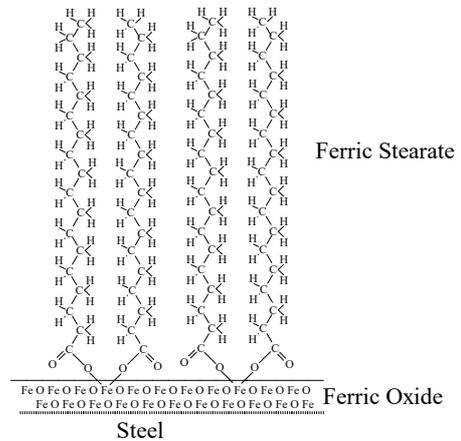
- 분말 상태로 흡습성 물질에 단순 혼합해 주는 것만으로도 효과를 볼 수 있다.
- 흡습성 물질에 소량 가하면, 흡습성 물질은 물을 흡수해도 금속 비누는 물을 흡수하지 않기 때문에 발수제용 윤활제로도 이용할 수 있고, 따라서 caking 방지와 유동성 유지가 가능하다.
- 폴리머계 발수제와 같이 물질의 표면을 완전히 도막하는 것이 아니라, 섬유 표면에 코팅되기 때문에 직물은 섬유 상이의 공간을 얻어 통기성 있는 방수성 표면을 얻을 수 있다.
- 금속 비누가 극성 물질 표면에 배열하여 단분자막을 형성할 경우 소량으로도 우수한 발수성을 갖기 때문에, 이러한 방법으로 금속 비누를 용매에 녹이거나 분말을 도포 후 가열 용융시키는 방법을 사용할 수 있다.

3.4. 윤활성

- 결정이 층상 구조를 이루고 있으며, 표면은 낮은 응집 에너지를 갖는 CH_3 가 규칙적으로 배열된다. 또한 외부 힘에 의해 층간의 미끄러짐이 쉽게 일어나 마찰력이나 부착력을 감소시킨다.



b. 경계 마찰시 금속 표면(응집 에너지가 높은 표면)에 흡착 배열되어 금속간의 접촉을 억제한다. 플라스틱 가공의 경우 지방산과 금속에 따라 폴리머와의 친화력이 미묘하게 변화하는데, 금속 비누는 폴리머에서 밀려나와 금속 표면에 극성 부분이 배열되고, 금속 표면은 표면 응집 에너지가 낮은 CH₃로 변하게 된다. 따라서 폴리머나 가공기의 벽사이에 마찰이 저하되고 이형성이 향상된다.



[그림 11] 철 표면에서의 흡착

3.5. 세라믹 산업에서의 윤활제

보통 세라믹 소재가 건식 분말로 가압 성형되는 경우 광물유나 파라핀의 이물질, 칼슘이나 알루미늄 스테아레이트 같은 금속 비누를 내부 윤활제로 사용할 수 있는데, 다음은 세라믹 산업에 이용될 수 있는 물질의 성능을 비교한 것이다.

[표 6] 각 물질의 윤활 능력 비교

종류	압력 전달	유동성	부착 방지
Mg-St	5	2	2
Ca-St	4	0	2
SS	4	0	2
talc	2	4	5
진분	0	5	4
PEG-4000	3	3	2

5 (효과가 우수)

↑ ↓

0 (효과가 없음)

3.6. 지·기록 재료

3.6.1. 도공지용 윤활제

도공지용 윤활제로서의 금속비누의 역할은 다음에 자세히 설명된다.

3.6.2. 감열지용 윤활제

- a. sticking 방지제 외에 증감제, 안정화제 등으로 이용된다.
- b. sticking 방지제 : 보통 Zn-St를 주로 하여 CaCO₃, Al(OH)₂, talc, clay, wax, amide 등이 함께 이용된다.
- c. Zn-St : 발수성이 강하여 계면 활성제를 사용하여 물에 분산시켜 사용하나, 계면활성제의 영향으로 발색이 일어나거나, thermal head에 부착이 일어나는 수가 있어 methyl cellulose 등의 수용성 고분자를 사용하여 분산시킨다.
- d. 감열 기록지 제조법

다음의 용액에 poly vinyl alcohol 수용액을 30%가 되게 주입하여 혼합한다.



[표 7] 감열 기록지 제조 예

A 액 5%		B 액 40%		C 액 15%	
crystal violet (발색제)	20%	bisphenol A (현색제)	10%	zinc stearate	20%
10% poly vinyl alcohol	50%	CaCO ₃	20%	10% casein sol'n	20%
물	30%	10% poly vinyl alcohol	50%	water	60%
		물	20%		

3.7. 윤활유 첨가제

금속비누가 고체 표면에서 윤활막(흡착막)을 형성하여 마찰이나 마모를 감소시킨다.

[표 8] 지방산과의 비교

첨가제	첨가량 (%)	내마모성 (kg/min)	내하중성 (kg)
oleic acid	5.0	36	120
oleic acid	1.0	30	120
palmitic acid	5.0	38	120
stearic acid	1.0	40	120
ethyl oleate	5.0	24	120
ethyl stearate	5.0	28	120
Na-oleate	1.0	18	-
Ca-oleate	1.0	24	120
Mg-oleate	2.5	22	140
Al-oleate	5.0	21	160
Zn-oleate	5.0	120	160120
Fe-oleate	5.0	90	200
Sn-oleate	5.0	110	200
Cu-oleate	5.0	220	200
Pb-oleate	5.0	280	200

4. 윤활제의 종류

지금부터는 설명의 범위를 제지에 관한 것으로 축소하고, 먼저 제지용으로 사용되고 있는 윤활제를 알아 보면 다음과 같은 것들이 있다.

4.1. insoluble soaps and dispersions → C-104, C-155S, A-350, Z-200K

- 다양한 금속 비누 중에서 calcium stearate가 널리 이용되며, 이것은 경제성이나 유용성, 성능, 사용에 편리성 등에서 선택된다.
- 칼슘과 스테아린 산이 쉽게 얻을 수 있는 짝 물질이고, Ca-St는 용점이 160°C로 건조나 마무리 작업에서 코팅되는 종이나 paperboard의 온도보다 높아 윤활성을 갖는다.
- Ca-St는 코팅된 표면 위로 쉽게 이동할 수 있다.
- Ca-St의 분산된 형태의 입자는 용융되거나 비결정형의 입자에 비하여 크레이와 입자의 형태가



유사하기 때문에 좀더 uniform한 코팅 표면을 얻을 수 있다.

- e. 융점이 높은 Ca-St는 코팅 표면에서 윤활제로 작용하지만, 융점이 낮은 것은 plasticizer로 작용할 수 있다.

[표 9] Antidusting and gloss effects of various lubricants

lubricants	gloss(Hunter, 75°)	dusting index ^b
control (no lubricant)	47	10
poly ethylene glycol (low mol wt.)	52	9
poly ethylene glycol (high mol wt.)	49	10
calcium stearate dispersion (platelet)	53	2
calcium stearate dispersion (fused)	53	4
sodium stearate	49	5
ammonium stearate dispersion	50	5
fatty amide dispersion	55	5
sulfated castor oil	48	9
polyethylene emulsion	54	7
wax emulsion	50	5
PEG 400 monooleate	47	8
calcium stearate, fatty amide dispersion	54	4
calcium stearate, polyethylene dispersion	54	4

a. Lab trailing blade coated publication grade paper: 90/10 No.2 clay, calcium carbonate pigment, all oxidized starch binder (15% on pigment): coat wt. : 4.5 ~ 5.0 lb/side-ream; calender pressure: 1500 P.L.I (3 passes)

b. 1 = no dust, 10 = most dust (heavy ring)

4.2. water soluble soap

- a. NH₄-St, Na-St, K-oleate와 같은 물질이 있다.
- b. 수용성 액상으로 존재하기 때문에 antidusting agent나 surface lubricant 보다는 plasticizer로 작용하며, starch-bound coating에서 점도를 향상시키기도 한다.



[표 10] various effects of various lubricants

lubricants	Brookfield Viscosity (at 100 rpm) , cps	
	gloss(Hunter, 75°)	dusting index ^b
control (no lubricant)	760	2200
poly ethylene glycol (low mol wt.)	880	1920
poly ethylene glycol (high mol wt.)	700	2000
calcium stearate dispersion (platelet)	1260	1840
calcium stearate dispersion (fused)	2400	2000
sodium stearate	3600	1875
ammonium stearate dispersion	3200	1840
fatty amide dispersion	1760	1875
sulfated castor oil	2000	1760
polyethylene emulsion	880	1960
wax emulsion	960	2000
PEG 400 monooleate	2800	1840

a. coating formula #1; 60% solids, 90/10 #2 clay, calcium carbonate pigment, all starch binder (15% on pigment), 0.2% TSPP (on pigment)

b. coating formula #2; 60% solids, 50 parts No.1 clay, 40 parts high gloss clay, 10 parts TiO₂, 8% medium viscosity protein and 8% SBR latex (on pigment), ammonia to pH 9.0, 0.2% TSPP (on pigment)

4.3. sulfated and sulfonated oils

- a. 주요물질 ; turkey red oil (sulfated caster oil), sulfated red oil (sulfated oleic acid), sulfated sperm oil, etc
- b. 상온에서 액체이기 때문에 water soluble soap처럼 윤활제를 코팅하는데 이용된다.
- c. 보통 plasticizer, fold, leveling effect를 위해서 사용한다.
- d. 대부분의 latex-bound coatings와 protein-bound coating에서 감점제로 작용하기도 한다.

4.4. fatty esters → DC-110AD

- a. 주요물질 ; polyoxyethylene fatty acid esters 외
- b. plasticizer와 fold-improving agent로 이용
- c. 간혹 윤활제로도 이용된다.
- d. 우리 회사의 경우 종이 사이즈제로 사용되고 있다.

4.5. wax, polyethylene and other hydrocarbon emulsions → PEM-17, PW-40M

- a. hydrocarbon oil이나 wax emulsion ;
 - size press나 calender water box application에 최근 이용
 - 표면 사이즈제와 특수한 윤활제로 이용



→ plasticizing과 fold 특성이 좋다.

→ base sheet 속으로 분산되기 때문에 antidusting이나 pick resistance는 좋지 않다.

b. polyethylene ; 광택성에 좋으나, antidusting은 soluble soap 보다도 좋지 않다.

c. hydrocarbon emulsion ; 점도에 영향이 거의 없어 leveling agent로는 좋지 않다.

4.6. fatty amine and amide (synthetic waxes)

a. 윤활제로서 코팅 표면에서 좋은 광택성을 갖는다.

b. insoluble soap 만큼의 antidusting을 갖지는 못한다.

4.7. Polyglycols and Polyglycol Ethers

a. 주요물질 ; polyethylene glycol, polypropylene glycol, polyethylene glycol alcohol ether

b. 코팅에서 광택성은 좋지만, antidusting과 pick resistance에는 효과가 없다.

4.8. Blends of Various Lubricants

그밖에 다음과 같이 두가지 이상의 물질을 혼합하여 사용하기도 한다.

a. calcium stearate, polyethylene dispersion

b. calcium stearate, polyglycol dispersion

c. calcium stearate, fatty amide dispersion

d. calcium stearate, fatty ester, polyethylene dispersion

e. calcium stearate, wax dispersion

f. calcium stearate, sulfated oil dispersion

g. polyethylene, fatty ester dispersion

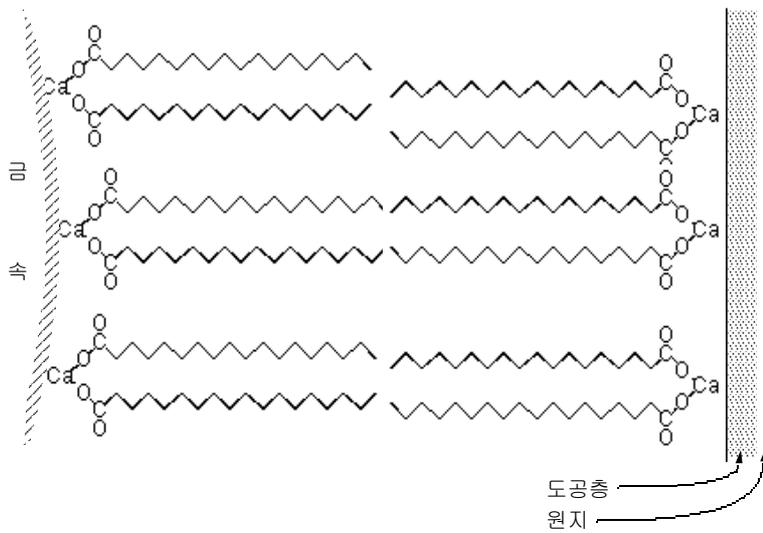
5. 도공에서 윤활제의 작용구조

5.1. 이형성에 영향을 미치는 인자

a. 이형성 혹은 이형에 요구되는 힘(접착력)은 임계 표면장력에 비례한다.(표 4 참조) 즉 임계 표면장력이 큰 금속에 대해서 임계 표면장력이 작은 조성물이 도공층이나 물의 표면에 흡착됨에 따라 임계 표면장력이 낮아지므로 이형성이 향상된다.

b. 칼슘 스테아레이트와 같은 금속 비누의 친수기는 금속 물 표면에 피복하기 쉽고, 그 피복에 의하여 바인더 등의 부착을 억제할 수 있다.

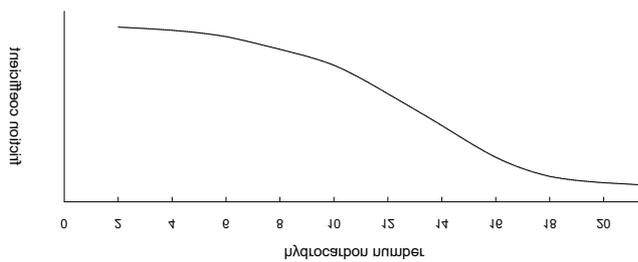
c. 또한 금속 표면에 흡착된 금속 비누는 바인더 성분 등과의 수소 결합을 억제한다.



[그림 12] 도공 롤 표면에서의 윤활제

5.2. 마찰 계수

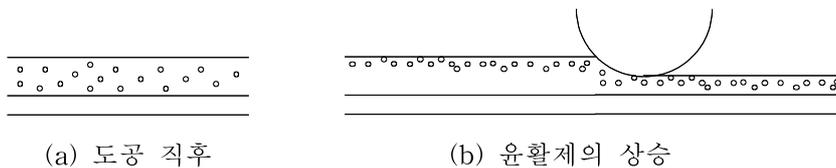
탄소수(hydrocarbon group)의 길이와 마찰계수와의 관계는 대략 다음과 같고, 탄소수의 길이가 마찰계수의 감소에 영향을 미치는 것으로 보인다.



[그림 13] 탄소수에 따른 마찰계수

5.3. 발수성

금속 비누의 발수성에 의해 다음의 그림에서와 같이 도공 직후에 코팅 칼라에 고루 분포되어 있던 윤활제 입자(a)는 잠시 후에 표면으로 떠올라 코팅 칼라의 표면에서 막을 형성(b)하게 된다. 이러한 윤활 이형제의 막에 의해서 코팅 칼라의 윤활성이나 이형성이 더욱 향상된다.



[그림 14] 윤활제의 코팅 칼라에서의 분포

6. 윤활제의 역할

6.1. 윤활제를 사용함에 따른 효과



윤활제는 사용되는 코팅 칼라의 치방이나 도공 방식에 따라 효과의 차이는 나지만, 보통 다음과 같은 효과를 얻을 수 있다.

- a. 수퍼 칼렌다 처리시에 더스팅을 억제 또는 방지한다.
- b. 도공 주행시의 활성을 부여하고, 가이드 롤 등의 오염이나 먼지 발생을 억제한다.
- c. 블레이드 코팅시 블레이드의 윤활을 유지하고, 블레이드에 코팅이나 피그먼트, 섬유 등이 묻는 것을 방지하여 최종 코팅에서 scratch나 streak가 생기는 것을 막는다.
- e. 코팅 칼라에 점성, 활성을 부여하고, 코팅 칼라의 유동성을 개선한다.
- f. 평활한 도공면을 얻을 수 있다.
- g. 도공지의 광택을 향상시킨다.
- h. 도공지의 인쇄 적성을 향상시킨다.
- i. 도공층에 일종의 가소성을 부여함에 따라 clocking이나 peel의 발생을 억제한다.

6.2. 더스팅(dusting)

더스팅은 주로 켈린더나 수퍼 켈린더 처리시 발생하며, 특히 전분 혹은 전분-라테스 코팅에서 나타나며, 이러한 더스팅 다음과 같은 것들이 복합되어 발생한다. 하지만, 이러한 모든 문제를 동시에 해결할 수 있는 윤활제의 종류나 양은 없으며, 최적의 윤활제와 함량을 설정하여 사용하여야 한다.

- a. coating formulation이나 dry coating 표면에서의 바인더가 부족할때
- b. raw stock 속으로 바인더가 지나치게 침투(penetration)되어 표면에서 바인더가 부족할때
- c. 부적절한 코팅, 불충분한 screening 혹은 바인더에서 충분히 분산되지 못하고, 응집이 일어날 수 있을 정도로 분산제가 적게 들어갈때
- d. 시트가 지나치게 건조되어 수분이 부족할때
- e. base sheet machine, coater speed, coating profile, 건조 속도 등이 일정하게 조업되지 못해서 종이 표면에 코팅된 양이 일정하지 못할 때
- f. 바인더의 열경화에 의한 점착화에 따라 롤 표면에 바인더가 부착하는 binder sticking으로, 경화 점이 낮은 바인더를 고레벨로 사용하는 경우에 발생하기 쉽다.

7. 최종제품에 미치는 영향

7.1. Uniformity

인쇄기술의 발달로 uniformity의 중요성이 줄어들기도 하며, 그 특성은 측정하기도 어렵지만, 대개 사용자의 불평과 비례한다고 할 수 있다.

7.2. Pick Strength



보통 윤활제를 코팅함으로써 프린트된 잉크의 탈착을 막을 수 있는데, 이러한 pick strength의 향상은 특별한 코팅제에 의해 pick resistance를 향상시키는 것으로 대신하거나 혹은 그 만큼의 바인더 양을 줄여서 코팅해도 된다. 하지만, dry pigment 대비 1%의 lubricant를 사용함으로써 20%의 binder 감소 효과를 보는 경우도 있다.

pick strength는 IGT test로 실험실에서도 측정할 수 있다.

7.3. Gloss, Gloss Ink Hold-Out and Other Optical

윤활제의 주요 작용이 광택의 향상이고, 이에 따라 gloss ink hold-out과 같은 특성이 나타난다.

7.4. Coefficient of Friction and Related Properties

마찰계수의 감소는 윤활제 주입의 주요 목적으로, 이 주입량을 보통 2%에서 더이상 변화를 보이지 않는다.

7.5. Wet Pick and Wet Rub

윤활제는 보통 우레아나 멜라민 포름 알데히드, 글리옥살과 같은 wet rub agents와 반응성이 있기 때문에 오프셋 인쇄와 같은 경우 wet prick 특성을 감소시킨다.

offset sheet에서 더스트를 발생시키는 것이 아니라, pigment particle 간의 결합을 약하게 하기 때문에 sheet abrade off (종이가 비벼서 닳는것)가 발생하여 print시 redeposite가 발생하는 문제를 일으킨다.

7.6. Fold and Bending Resistance

모든 코팅은 최종 folding이나 bending을 요구하는데, 이때 윤활제는 surface lubricator이기 보다는 plasticizer로 작용한다. 이를 위하여는 주입된 윤활제가 전부 코팅 속에 분산되거나 녹아서는 안된다. 표면에 분산되어 있어야 한다.

8. 테스트 방법

8.1. 제지용 윤활제의 적용시 고려 사항

8.1.1. Wet Coating Effects

대부분의 윤활제는 coating formulation의 물성에 의한 영향을 받는다.

8.1.2. Coater Runnability



윤활제가 들어있는 코팅을 실험실에서 테스트하여 바라는 coating weight나 raw stock 속으로 침투되는 정도의 변화, 건조 속도의 변화 등을 확인해야 한다.

8.1.3. Finishing Effect

coating test가 끝난 후에 연속 공정의 lab test를 시행하여 antidusting이나 sticking을 high pressure나 steam rate에서 확인할 수 있다.

8.2. Tests on the Finished Sheet

- a. Antidusting ; Sutherland dry rub tester
- b. Gloss and gloss ink hold-out ; Photovolt and Hunter instrument
- c. Printability ; IGT printer tester
- d. Wet Pick and Wet Rub ; modified IGT tester
- e. Other dry tests ; fold, coefficient of friction, blocking, smoothness, opacity, glueability 등

9. 성능 평가의 예

9.1. 자사의 제품과 정우 제품과의 비교

항 목		윤활제 첨가량 (%)	Nopcote C-104		Supercote 500	
			0.8	1.5	0.8	1.5
오 프	칼 라 처 방	low shear viscosity ¹⁾ , 6rpm (cps)	19500	20500	22800	24800
		low shear viscosity ¹⁾ , 60 rpm (cps)	2950	3200	3220	3150
		high shear viscosity ²⁾ , 8800 rpm (cps)	(36.9)	39.1	38.4	38.7
셀 치 방	도 공 지 물 성	백색도 (%)	79.8	79.7	79.9	79.8
		백지 광택 (%)	43.0	43.0	42.0	40.7
		투기도(透氣度) (sec)	7370	8170	7430	8170
		평활도 (sec)	2030	1980	1940	1960
		인쇄 광택 (%)	75.9	75.1	73.8	73.9
		dry pick (10점법)	8.5	8.5	8.5	8.5
		wet pick (10점법)	7.0	7.0	6.7	6.5
		K&N 잉크 수리성 (%)	12.8	12.5	12.3	12.5
그라 비아	도공지 물성	dry pick (10점법)	8.0		8.3	
		망점 (%)	2.7		2.3	
처방	이형성	박리 강도 (gr/cm)	400		450	

9.2. 홍원제지에서 분석한 윤활제의 성능 비교



9.2.1. 칼라 배합

pigment	betagloss	29 %	NH4OH pigment	대비	0.1%
	hydrasperse	29 %	분산제 pigment	대비	0.16 %
	brilliant	12 %	starch pigment	대비	1.95 %
	omyalite	30 %	latex pigment	대비	11.82 %
NaOH	pigment	대비	내수제 pigment	대비	0.52 %
윤활제	pigment	대비	0.79 %	---	blank, C-104, C-155S, S-500, L-50

9.2.2. 칼라 물성

측정항목 \ 약품명	blank	C-104	C-155S	Supercot 500	Lubrex 50
pH	9.34	9.46	9.45	9.52	9.54
viscosity (cps)	642	618	632	612	600
24시간 후 점도 (cps)	776	668	692	700	650
보수성 (sec)	184	205	192	175	202
점도 안정지수	1.21	1.08	1.09	1.14	1.08

9.2.3. 코트지 특성

측정항목 \ 약품명	blank	C-104	C-155S	Supercot 500	Lubrex 50
편면 코팅량 (g/m ²)	14.8	14.8	14.8	14.8	14.8
supergloss (%)	72.5	71.1	69.9	70.5	69.9
1도인쇄gloss (%)	81.5	81.8	83.2	80.6	80.8
2도인쇄gloss (%)	86.9	84.9	82.4	81.8	80.9
brightness (%)	81.9	82.3	82.15	80.05	80.1
whiteness (%)	65.2	66.7	66.1	66.6	66.1
opacity (%)	93.8	92.6	92.8	95.19	95.38
K&N잉크흡수성 (%)	16.7	16.4	16.37	13.55	14.2

9.2.4. RI 테스트 결과

측정항목 \ 약품명	blank	C-104	C-155S	Supercot 500	Lubrex 50
dry pick	4.3	3.5	3.8	3.5	3.5
wet pick	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
착 육 성	3.5	3.8	3.5	4.0	3.8
ink set	3.3	3.3	3.5	3.3	3.5

Copyright 2011 Marix Technology. All rights reserved.

마릭스 기술연구소