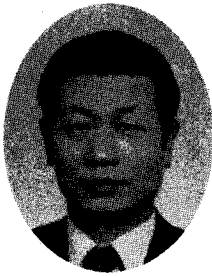


潤 滑 研 究



腐敗와 Water Soluble Fluids

韓田油化工業株式會社
常務理事 金 柱 恒

1. 서 론

부패(腐敗)라고 하는 뜻은 여러 의미로 해석되지만 일반적으로 식품이나 동물(動物)의 시체 등이 미생물작용에 의하여 분해(分解)하는 것을 총칭한다.

그러나 이를 학문적으로 해석하여 보면 유기물이 산소가 없는 조건하에서 생육(生育)하는 세균(細菌), 즉 혐기성세균(嫌氣性細菌)에 의해 불안정하게 분해된 결과 황화수소(黃化水素), Amine, Indole (C₈H₇N) 등의 악취물질이 발생하는 현상을 뜻하고 있다.

또한 Water Soluble Fluids라고 하는 윤활제는 Emulsion Type의 Hydraulic oil을 비롯하여 Rolling Oil, Soluble Cutting & Grinding Oil, Drawing Oil, Polymer Quenchants, Metal Processing등을 들 수 있으나 본 논고에서는 특히 근간에 있어서 가장 Crose up되고 있는 수용성절삭유제에 관하여 부패방지 대책을 중심으로 간략하게 기술하고자 한다.

2. 절삭유제

표 1 및 표 2에서 보는 바와 같이 한국공업규격(KSM 2173)¹⁾ 으로서는 비수용성과 수용성으로 구분하고, 전자의 경우는 광유와 동식물유 또

는 광유와 에스테르유로 제조된 것을 1종으로 하고, 극압첨가제를 가한것을 2종으로, 1종은 동점도 및 지방유분에 따라 1-6호의 6종류로 세분하고, 2종은 동점도, 지방유분, 염소분, 동판부식에 따라 1~6호 및 11-17호의 13종류로 하고 있다.

또한 후자의 경우는 희석액에 외관 및 광유와 계면활성제의 비율에 따라 W1종 및 2종으로 분류하며, 물에 가하여 희석하면 W1종은 백탁으로 되고, W2종은 투명 또는 반투명되는 것으로 각각 PH, 염소분, 금속부식에 따라 1~3호로 세분하고 있다.

따라서 이의 대의적 의미로서는 금속재료에 절삭공구(切削工具)를 눌러서 절삭(切削), 절단(切斷), 연마(研磨)등 절설(Chip)을 수단으로 성형가공(成型加工)하는 경우에 가공면에 주가(注加)하여 그의 마찰을 감소시키고 마모열을 제거하고 Chip을 씻어냄과 동시에 Chip의 Bite면의 용착(Welding)을 방지하고 동시에 마찰면을 평활하게 하는 것을 절삭유제라 하나 때로는 선반유(旋盤油), 냉각유(coolant), 또는 공작유(Machining Oil)등으로도 불리워진다.²⁾

1. 수용성절삭유(Soluble Cutting Oil)

수용성절삭유는 감마제(減摩劑)라기 보다는 냉각제(冷却劑)로서 역할과 기능을 많이하고 있

표 1. 비수용성 질삭유제의 품질 및 성상

종 류	성 상	동 점 도 mm ² /s (cSt) (40℃)	지방 유분 %	염 소 분 %	전 유 황 분 %	동 판 부 식		인 화 점 ℃	유동점 ℃	내하중 성능 MPa (kgf/cm ²)		
						100℃ 1h	150℃ 1h					
비수용성	1종	1호	10미만	3이상 8미만	-	-	-	1이하	70이상	0.10 {1.0} 이상		
		2호		8이상 15미만								
		3호		15이상								
	2종	4호	10이상	3이상 8미만	-	-	-	1이하	130이상	0.15 {1.5} 이상		
		5호		8이상 15미만								
		6호		15이상								
질삭유제	1종	1호	-	1이상 5미만	5이하	2이하	2이상 ¹⁾	70이상	-5이하	0.20 {2.0} 이상		
		2호		5이상 15이하								
		3호		1이상 5미만								
		4호		3이상 10미만							5이상 15이하	
		5호		10이상							1이상 5미만	
		6호		5이상 15이하								
	2종	11호	10미만	-	1이상 5미만	5이하	3이상 ¹⁾	-	70이상	-	0.25 {2.5} 이상	
		12호			5이상 15이하							
		13호			1이상 5미만							
		14호			3이상 10미만							5이상 15이하
		15호			10이상							1이상 5미만
16호	5이상 15이하											
17호	50이상	-	-	-	-	-	-	-	-	-		

주¹⁾ 유허계 극압 첨가제를 첨가한 것에 적용한다.

표 2. 수용성 질삭유제의 종류 및 성상

종 류	성 상	표면장력 10 ⁻³ N/m (dyn/cm)	유화 안정도 ml (실온, 24h)				불 휘 발 분 %	pH	염소분 %	전 유 황 분 %	기포시험 ml (24± 2℃)	금속 부식 (실온, 48h)			
			물		경 수										
			유 층	크림층	유 층	크림층									
수용성	W 1종	-	혼 적	2.5이하	2.5이하	2.5이하	90이상	8.5 이상 10.5 미만	1 이상 15이하	5 이하	1 이하	변색이 없을 것 (강판)			
													8.0 이상 10.5 미만	-	변색이 없을 것 (알루미늄판 및 동판)
													8.5 이상 10.5 미만	1 이상 15이하	
질삭유제	W 2종	40 미만	-	-	-	30이상	8.0 이상 10.5 미만	-	5 이하	1 이하	-	변색이 없을 것 (강판)			
							8.5 이상 10.5 미만	1 이상 15이하					변색이 없을 것 (알루미늄판 및 동판)		
							8.0 이상 10.5 미만	-							

비고: 불휘발분·염소분 및 전분황분은 원액으로, 그 이외는 실온 20~30℃에서 W1종은 표준 회석배율 10배의 수용액, W2종은 30배의 수용액의 성상을 규정한 것이다.

는 것으로서 경절삭(輕切削) 또는 고속절삭(高速切削)에는 물과 Oil을 혼합한 것이 많이 쓰여지고 있다.

수용성절삭유는 물에 투명하지 않은 반투명으로 용해한 것으로서 유화액(乳化液)은 수중유적형(水中油適型) Emulsion이며 희석배율은 용도에 따라 다르지만 일반적으로 10~30배(倍)되며 이에 사용되는 유화제는 고급 Sulfonic Acid, 수지산(樹脂酸), Naphthenic Acid로서 K, Na, Triethanolamine Soap와 별도로 Coupling Agent로서 고급 Alcohol 류가 소량 첨가되기도 하나 근간에는 Package Type의 유화제도 상당량 시판되고 있다.

2. 수용성절삭제 (Cutting Soluble Compounds)

수용성절삭제라고 하는 것은 이의 주성분이 광유, 유지(油脂), 유화제로서 구성되고 있으며, 수용성 절삭유에 비하여 유성(油性)이 극히 우수하여 이것을 고하중 가용유 Heavy Duty Soluble Oil이라고도 불리워지고 있으며, 냉각성 및 윤활성이 양호하며, 유성절삭유에서 가끔 일어나기 쉬운 발연(發煙) 등이 없는 것이 특징이다.

3. 부패

수용성절삭유제는 원액을 물로써 10~30배 까지 희석하여 사용되는 것이 일반적이긴 하나 때로는 100배까지 물로 희석하여 사용하는 유제도 있다. 다량(多量)의 물이 희석제에 존재(存在), 시간이 경과하게 되면 곰팡이나 세균등이 번식하기 쉬운 성분으로 변하기 때문에 이러한 경우에는 미생물이 증식(增殖)하기 쉬울 뿐더러³, 특히 유제가운데 살균제(殺菌劑) 효력이 약하게 되어지면 황화수소등이 발생될과 동시에 악취(惡臭)를 풍기게 된다. 따라서 이러한 경우 일반적으로 부패된 유제라 한다.

부패는 여러 종류의 미생물의 공동작용으로서 되고 산화, 환원, 가수분해 등의 화학반응이 조합되어진 복잡한 과정에서 이루어지고 있다. 이밖에 소화와 발효라고 일컫는 말이 있는데 학문적으로 표현하면 단백질이 Amino산을 거쳐 유기물이 혐기성세균(嫌氣性細菌)에 의해서 불완

전하게 분해하는 결과 악취물질을 발생하는 과정을 부패라고 하면 Amino산에서 분해가 정지되는 것을 소화(消化)로 하여 부패와 구별하고 있으며 탄수화물(炭水化合物)이 혐기적(嫌氣的)으로 분해하는 과정을 발효(發酵)라고 한다.

1. 부패과정

여러 종류의 미생물이 어떤 모양이든 공동작용(共同作用)을 함으로써 유제를 부패시키고 있는 것은 사실이나 상세하게는 알 수 없다.

1959년 Bennett^{4,5}는 편성혐기성 세균(偏性嫌氣性細菌)으로 되는 황산환원균(黃酸還元菌)은 단독으로서는 증식(增殖)하지 않고 Pseudomonas속세균(屬細菌) 모양의 생육에 산소를 필요로 하지 않는 즉 호기성세균(好氣性細菌)이 증식하는 단계(段階)와 이같은 배경을 계승하여 황산환원균이 증식하는 단계의 2 가지 과정을 거쳐서 유제는 부패한다고 생각하였다^{6,7}.

그러나 1981년 佐藤는 생산가공 Line의 세균을 경시적(經時的)으로 분석함과 동시에 불명(不明)으로 알려진 황산환원균 이외에 혐기성세균의 역할을 조사한 결과⁸ Bennett보고된 것과 같이 황산 환원균 증식은 호기성세균의 공존하(共存下)에서 일어났지만, 혐기성 세균이 존재하면 증식이 한편 촉진(促進)되는 사실로부터 호기성 세균과 황산환원 세균 각각의 증식 가운데에 혐기성세균 증식단계로 들어간, 다시말해 3 단계 Process를 제창한 바 있다.

실기(實機)에 있어서 호기성세균이 최초로 증식해서 다음으로 혐기성 세균증식이 일어나고 최후에는 황산환원균이 증식하는 사실도 가설되고 있다.

2. 증식미생물

수용성절삭유제에 있어서 Bacillus 속세균(屬細菌)이 존재하는 것이 1992년 처음으로 보고된 바 있다⁹.

그후 Duffett는 30여종류의 Emulsion Type의 유제로부터 Pseudomonas속(屬), Achromobacter속 각각의 세균, E.Coli, 곰팡이 및 효모(酵母)를 분리한 바 있다.¹⁰ Bennett^{4,5}, Pirnick¹¹는 1950년대에 분리동정(分離同定)을 실시한

바, Bennett는 장내세균(腸內細菌)도 분리가능한 방법을 채택하여 100여개의 Sample로부터 Pseudomonas속 세균과 같이 여러수의 장내세균을 분리한 바 있다.⁵⁾

그후 유제중에 장내세균이 증식하는 것은 Rossmore에 의해서도 확인된 바 있다.¹²⁾

황화수소의 원래의 세균으로 하는 황산환원균의 증식은 Liberthson에 의해서 1945년에 추정되었고¹³⁾ 그후 Desulfovibrio속 세균도 확인되었다.¹⁴⁾

1981년도 이르러 佐藤도 마찬가지로 분리하여 Desulfovibrio Desulfuricans를 갈게 인식했으며, Chemical Solusion Type 유제에는 Fusarium속의 박테리아가 증식하였다.¹⁵⁾

참고적으로 증식하는 미생물의 단리빈도(單離頻度)를 표 3에 나타내 보았다.

표 3. 수용성절삭유제에 증식하는 미생물¹⁶⁾

미 생 물	단리빈도 (%)	미 생 물	단리빈도 (%)
Pseudomonas Sp.	100	Aerobacter Sp.	19
Escherichia Sp.	50	Achromobacter Sp.	12
Proteus Sp.	58	Desulfovibrio Sp.	91

4. 미생물증식인자

수용성절삭유제에 있어서 미생물의 증식에 영향을 주는 인자(因子)로서는 크게 나누어 물을 비롯하여 PH, 온도 및 기타 조건을 들을수가 있다.

1. 물

각종 Calcium 및 Magnesium염, 탄산수소 Sodium을 증류수에 용해시켜서 각각의 염농도(鹽濃度) 희석용 원수(原水)를 만들고 유제원액을 조제된 원수에 25배로 희석(최고농도 1500 ppm), 여기에 미생물을 넣고 이를 잘 흔들어서 배양(培養)한 결과, 경도(硬度)가 증가하면 표 4에서 보는 바와같이 세균증식이 촉진됨을 엿볼 수가 있으며 곰팡이의 경우는 반대로 억제되었다. 따라서, 증류수를 사용하면 세포(細胞)는 그다지 증가하지 않지만, 곰팡이는 현저하게 증식한다는 Bennett의 조사보고¹⁶⁾로 결과를 미루

어 볼때 물의 선정은 매우 중요한 인자임을 시사하고 있는 결과라 하겠으며, 또한 세균증식에 부여하는 희석배율의 영향에 Emulsion Type 유제를 5 - 100배로 각각의 단계로 희석 조사한 결과 희석배율이 5 배로서 증식은 억제시키지만 10배 25배로 배율을 증가시키면 균수(菌數)는 점점 증가하나 100배의 희석에서는 오히려 증식이 나쁘게 되었으며 균수의 증가는 20~50배가 최대값을 나타내었다.

따라서 희석배율이 낮을 경우는 살균제(殺菌劑)의 농도가 높기 때문에 증식이 억제된다고 일반적으로 생각되기 쉬우나, Bennett의 물경도(水硬度) 영향조사로 미루어 볼때 전술된 바와 같이 100배의 희석경우는 세균의 기질(基質)로 되는 Power성분의 농도가 떨어지기 때문에 기질제한(基質制限)이 되어 증식이 나쁘게 되는 것도 추정할수가 있다.

표 4. 세균증식에 부여하는 물의 경도영향¹⁶⁾

희석수	생균수×10 ⁸ /ml				
	경과일수(day)				
	0	1	2	3	4
증류수	0.1	2.8	4.5	8.6	9.1
연수(72ppm)	0.1	14.7	10.2	13.2	15.9
경수(700ppm)	0.1	10.5	16.3	21.0	33.4

유제 : Emulsion Type

() CaCO₂ 농도

2. PH

예를 들어 우리 일상 생활에서 특히 미생물이 많이 내포되어 있는 된장이나 기타 발효식품을 날로 먹어도 미생물은 사람의 위(胃)속에서 사멸하게 된다.

이러한 뜻은 위액(胃液)의 PH가 1.0부근으로 극히 낮기 때문이다. 따라서 미생물의 증식은 PH에 의해 크게 영향을 받고 있다. 마찬가지로 수용성유제에 증식하는 미생물도 PH의 영향이 크게 되며^{17), 18)} 일반적으로 유제의 PH는 7~9 범위에 있으나 이 범위만을 고려해 볼때는 가장 부패가 되기 쉽기 때문에 PH가 9.5이상으로서는 부패의 Trouble이 거의 없다.¹⁹⁾

3. 온도

유제에 있어서 미생물에 이르는 증식온도는 30℃ 전후가 되며, 45℃에서는 거의 증식하지 않는다.

4. 기타

유제가운데의 ion 농도가 높게 되면 절분(切粉), 특히 주철절분(鑄鐵切粉)이 Tank 내에 축적(蓄積)하게 되면 유제는 부패하기 쉽게 된다.^{20, 21}

예를 들어 토양 1g에는 일반적으로 10⁸ 개의 세균이 함유되어 있어 만약 유제에 토양이 혼입되게 되면 부패는 용이하게 진행된다.

5. 부패방지

자연계에는 약 2,000여 종류 이상의 세균과 50,000여종 이상의 곰팡이가 존재하고 있다.

이미 4장에서 전술한 바도 있지만 이러한 세균이나 곰팡이가 유제중에서 증식 가능한 것은 일부에 지나지 않는다.

따라서 이러한 미생물 전체에 유효한 살균제를 첨가해서 우선 유제환경(油劑環境)을 개선할 필요가 있다.

예를 들어 PH를 9.5 이상으로 유지한다든지, 또는 미생물이 증식되지 못하도록 일정조건을 조절한다면 우선 부패는 일어나지 않는다고 보아야 할 것이다.

그러나 이론적으로는 가능할지 모르나 현실적으로는 불가능한 것으로서 이의 이유인즉 첫째로 모든 미생물에 효과가 좋은 살균제는 독성이 강한 것이 많으며 또한 이러한 살균제는 인체에도 커다란 해가 있으며 위험이 뒤따른다.

둘째로, 자연보호 측면에서 보면 유제는 특수하게 한정 되어진 환경에서 쓰여짐에, 사용과정에서 성분노화(成分劣化), 절분퇴적(切粉堆積), 유분혼입(油分混入) 등 PH가 저하(低下)하기 쉬운 조건하에서도 시시각각 변화한다.

예컨데, 현재 가장 확실한 방법은 유제원액에 당초로 부터 생육이 예상되는 미생물에 확실하게 효과가 있는 살균제를 첨가하여 유제자체에 부패 방지성을 부여하는 방법이 적절하다고 하겠다.

1. 살균제 선정

여러종류의 살균제를 중심으로 유제의 성질, 특징등을 충분히 고려하여 여기에 어떤 살균제가 적절한가를 우선 추출(抽出)하여 본다. 살균제 선택 추출방법은 Flask 실험을 통해 실기에 가까운 조건으로서 유제를 순화시켜 순환모델 장치에서 실용 가능성을 Checking하고 최후에는 실기(實機)로서 그의 효과를 확인하는 방법을 택한다.^{22, 23}

2. 내부패성 평가

유제에 부패된 Sample을 첨가하는 것이 일반적이긴 하나 Rossmoore는 100개소 이상의 공장에서부터 채취한 Sample에 있어서 균을 동정(同定)한 결과로서 이의 중요한 균은 *Ps. aeruginosa*, *Ps. fluorescens*, *Proteus mirabilis*, *Klebsiella Pneumoniae*, *Fusarium Sp.*, *Cephalosporium Sp.* 의 6종류로서 이의 6종류 균의 혼합액(混合液)을 부패 Sample을 바꾸어 첨가하는 방법을 제안한 바¹² 이러한 방법이 표준화로 평가되고 있다.

Bennett는 시판 살균제의 효력이 각종 금속에 의해 커다란 영향을 받는다는 것을 밝힌바 있다.²⁴ 다시 그들은 유제에 EDTA를 첨가하면 많은 살균제로서 효력이 증강(增強) 시켜진다는 결과를 보고한바 있다.²⁴

그러나 일반적이긴 하나 살균제를 유제원액에 첨가하는 것이 원칙이나 살균작용이 발현(發現)하는 장소는 수용액 중에서 일어나기 때문에 원수에 희석한후 Tank내에 첨가하는 방법도 부패방지에 기여하는 것으로 사료된다.

3. 기타 대책

악취의 발생을 방지하기 위하여 보다 좋은 Emulsion법이 타당하지만 이러한 방법에 있어서는 증식한 황산환원균을 감소시키는 것이 불가능하다²¹.

가열살균은 유효한 수단으로 되지만 이러한 경우에 있어서는 100℃까지 온도를 상승시킬 필요는 없다. 50~70℃로서 단시간에 처리하므로써 대부분의 미생물은 사멸하게 된다.²⁵

6. 맺는 말

지금까지 수용성 절삭유제를 중심으로 부패에 대하여 간략하게 살펴보았다. 부패라는 것은 유제 조성중에 이분해성물질(易分解性物質)이 많이 존재됨으로 기인되는 현상 뿐만이 아니라 절분의 축적, 토양이나 먼지등의 외부요인에 의해서도 촉진된다는 것을 강조하고 싶다.

따라서 부패방지 대책은 아직도 많은 난제가 내포되어 있으므로 계속 연구 노력에 심혈을 기울여야 할 과제라 하겠다.

참 고 문 헌

- 1) 한국공업규격 : 절삭유제, KSM 2173~1985.
- 2) 飯牟禮 渚 : 石油製品車典, 産業圖書, p. 40 (1972)
3. G. H. M. Holzman etal; Dev. Ind. Microbiol., 23, p. 207 (1982)
4. E. O. Bennett & H. O. Wheeler; Appl. Microbiol., 2, p. 368 (1954)
5. C. O. Tant & E. O. Bennett; Appl. Microbiol., 4, p:332 (1956)
6. G. J. Guynes & E. O. Bennett; Appl. Microbiol., 7, p. 117 (1959)
7. D. L. Isenberg & E. O. Bennett; Appl. Microbiol., 7, p. 121 (1959)
8. 佐藤幹夫, 防菌防霉誌, 9(8), p. 383 (1981)
9. R. C. Rosenberger; N. Y. Med. J., 116 p.377 (1922)

10. N. D. Duffett, S. H. Gold & C. L. Weirich, J. Bacteriol., 45, p. 368 (1954)
- 11) H. Pivnick, W. E. Engelhard & T. L. Thompson; Appl. Microbiol, 2, p. 140 (1954)
- 12) H. W. Rossmoore etal; Lubr, Eng., 36, p. 16 (1980)
- 13) L. Liberthson; Lubr, Eng., 1. p. 103 (1945)
14. E. O. Bennett; Lubr, Eng., 13. p. 215 (1957)
15. 長谷川敬彦 外 : 日本災害醫學會 會誌, 33, p. 24 (1985)
16. E. O. Bennett; Lubr. Eng., 30, p. 549 (1974)
17. 山中靖彦 外, 潤滑, 25(3), p. 152 (1980)
18. 富坂弘道 : 油圧技術, 26(6), p. 29. (1986)
19. 佐藤幹夫 : 潤滑, 32(8), p. 605 (1987)
20. C. D. Fleming etal : paper 85 AM 3A- 2 presented at the 14th ASLE Meeting, Buffalo, N. Y., (1959)
- 21) Q. M. A. Shagra etal, Tribology Int., 17 (1), p. 31 (1984)
- 22) J. L. Shenmn; Tribology Int., 16 (6), p. 317 (1983)
23. 桜井俊男; 石油製品 流加劑, 幸書房, p. 499 (1985)
24. E. O. Bennett etal; Int, Biodeter, Bull., 18(1), p. 7 (1982)
25. 杉野光彦; 防錆管理, 28, p. 176 (1984)

에너지를 아끼는 길
행복으로 가는 길