

수용성 절삭유의 유화특성에 미치는 지방산 유도체의 효과

김현주, 전진원, 김성배, 배종찬*, 송재화*
경상대학교 응용화학공학부 및 공학연구원, (주)한중유화*

The effect of fatty acid derivatives on emulsion characteristics of water-soluble cutting fluid

Hyun-Joo Kim, Jin-Won Chun, Sung Bae Kim, Jong Chan Bae*, Jea Hwa Song*
Division of Applied Chemical Engineering, Gyeongsang National University,
Han Jung oil and Chemical Co.*

서론

절삭유는 금속의 절삭 또는 연삭 가공 과정에서 윤활성과 냉각, 방청의 목적으로 사용되는 유제를 말하는 것으로, 사용 목적에 따라 크게 수용성 절삭유와 비수용성 절삭유로 구분될 수 있다. 이 중 수용성 절삭유는 사용하기 직전에 물로 10~30배 희석하여 사용함으로써 냉각성의 개선과 고온에서의 마모 방지, 잔열로 인한 뒤틀림 방지 등의 효과를 얻을 수 있다.

수용성 절삭유는 유화제의 농도에 따라 유화형(emulsion형)과 용해형(soluble형)으로 나눌 수 있으나, 현재 상업적으로 생산되고 있는 제품은 그 종류에 따라 기유, 유화제 및 물의 함량이 아주 다양하여 그 정확한 성상을 구분 짓기는 어렵다. 하지만 두 경우 모두 물의 사용으로 인한 부식이나 윤활성의 저하, 부패 등의 문제가 발생하게 되어 특별히 유화제 외에 첨가제로서 방청제나 윤활제, 방부제 등을 요구하게 된다.

이러한 첨가제로서 알카리 비누, 아민 비누, amide 등의 지방산 유도체들이 널리 사용되는데[1,2] 특히 긴 사슬 지방산(long-chain fatty acid; $C_{12}\sim C_{18}$)에 의해 제조된 비누나 amide는 철과 비철 금속에 대한 부식 방지 역할뿐만 아니라, 윤활성을 크게 향상시켜주며, 유화제로서 emulsion의 안정성을 더욱 높여주는 것으로 알려져 있다.[3]

따라서 본 연구에서는 수용성 절삭유에 첨가하기 위한 알카리 비누, 아민 비누, amide 등의 지방산 유도체들을 다양한 방법으로 직접 제조하여 이들의 유화제로서의 능력을 비교해 보고, 실제 수용성 절삭유(emulsion형)의 제조에 첨가하여 절삭유의 유화특성에 어떠한 영향을 미치는지 알아보려고 한다.

실험재료 및 방법

1. 지방산 유도체의 제조

알카리 비누는 tall oil fatty acid(C_{18} , rosin 30%) 10g과 20% NaOH 수용액 10g을 넣어 항온진탕수조에서 80°C를 유지하며 1시간 동안 반응시켜 제조하였다. 아민 비누는 ethanalamine의 종류와 혼합비율에 따른 유화능력을 비교하기 위해서 tall oil fatty acid와 monoethanolamine(MEA), diethanolamine(DEA), triethanolamine(TEA)를 각각 1:1, 1:2(몰비)의 비율로 혼합하여 항온진탕수조에서 80°C를 유지하며 1시간 동안 반응시켜 제

조하였다. Amide는 500 mL의 가지 달린 둥근 플라스크에 tall oil fatty acid 와 MEA, DEA, TEA를 각각 1:2, 1:3(몰비)의 비율로 혼합하여 넣고, 교반을 해주면서 150°C에서 2시간 30분간 반응시켜 제조하였다. 또한 amide의 반응시간에 따른 유화능력을 보기 위해 같은 조건에서 3시간 30분 반응시켰다.

2. 제조된 지방산 유도체들의 유화능력 비교 실험

절삭유용 기유(base oil)로는 현재 상업적으로 이용되고 있는 P-8(S-Oil Co.)을 그대로 사용하였으며, 물은 증류수를 사용하였다. 제조된 지방산 유도체의 유화제로서의 능력을 비교해 보기 위해 oil 80g과 물 15g의 혼합물 및 oil 15g와 물 80g의 혼합물에 알카리 비누, 아민 비누, amide를 각 5g씩 정량하여 넣고, 80°C 항온조에서 10분간 교반하여 상온에서 식힌 후 유화된 정도를 외관상으로 비교, 관찰하였다.

3. 수용성 절삭유 제조

수용성 절삭유는 일정한 혼합비율과 반응조건 하에서 유화능력이 가장 뛰어난 지방산 유도체를 5g 첨가시켜 제조하였다. 절삭유의 유화안정도를 확인하기 위하여 한국공업규격(KS)에서 정한 절삭유제 시험방법에 따라 제조된 수용성 절삭유(원액)와 경수를 1:9(부피비) 비율로 희석하고 실온에서 100 mL 메스실린더에 24시간 방치한 후 형성되는 크림 층의 높이를 확인하였다. 이 때 경수는 염화칼슘($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 0.787g을 달아서 물에 녹여 1L로 되게 한 것을 사용하였다. 또한 원액을 100배 희석하여 광학현미경(optical microscope OLYMPUS CH-2)으로 oil의 입자크기를 관찰하였다. 이 때 현미경의 관찰 배율은 400배였으며, 디지털 카메라를 이용하여 3배 더 확대하여 촬영하였다.

결과 및 고찰

1. 제조된 지방산 유도체들의 유화능력 비교

물과 oil을 유화시킬 때, 적절한 유화제의 종류와 농도는 안정된 유화를 형성하며 입자의 크기를 작게 만들어 유화가 안정되도록 해준다. 그러나 유화제의 선정이 잘못되거나 농도가 적절하지 않은 경우 유화가 제대로 일어나지 못하게 되고 결국 oil층과 물층의 상분리가 일어나게 된다. Table 1.은 유화의 외관에 미치는 분산상의 입자크기의 영향을 나타낸 것이다[4]. 따라서 유화의 외관을 관찰함으로써 형성되는 유화의 입자크기를 예측할 수 있고, 형성된 유화의 안정성을 알 수 있다.

Table 1. Effect of particle size of dispersed phase on emulsion appearance

Particle size	Appearance
macroglobules	two phases may be distinguished
greater than $1\mu\text{m}$	milky-white emulsion
1~0.1 μm	blue-white emulsion
0.1~0.05 μm	gray semitransparent
0.05 μm and smaller	transparent

Table 2. 제조된 지방산 유도체들의 유화능력 비교

지방산 유도체	외관		지방산 유도체	외관	
	oil(80)+물(15) +지방산유도체(5)	물(80)+oil(15) +지방산유도체(5)		oil(80)+물(15) +지방산유도체(5)	물(80)+oil(15) +지방산유도체(5)
알카리 비누	상분리	상분리	amide (TO:MEA=1:2)	상분리	상분리
아민비누 (TO:MEA=1:1)	상분리	상분리	amide (TO:MEA=1:3)	상분리	상분리
아민비누 (TO:MEA=1:2)	상분리	상분리	amide (TO:DEA=1:2)	상분리	상분리
아민비누 (TO:DEA=1:1)	상분리	상분리	amide (TO:DEA=1:3)	상분리	상분리
아민비누 (TO:DEA=1:2)	상분리	상분리	amide (TO:TEA=1:2)	우유빛 흰색	우유빛 흰색
아민비누 (TO:TEA=1:1)	상분리	상분리	amide (TO:MEA=1:3)	상분리	상분리
아민비누 (TO:TEA=1:2)	상분리	상분리	amide* (TO:TEA=1:2)	우유빛 흰색	우유빛 흰색

* 3시간 30분 반응

본 실험에서도 제조된 알카리 비누, 아민 비누, amide를 유화제로 사용하여 oil 80g과 물 15g의 혼합물 및 oil 15g와 물 80g의 혼합물을 각각 유화시켜 외관을 관찰한 결과, 유화 정도의 차이는 있었으나 TO:TEA=1:2(물비)로 혼합하여 제조한 amide를 제외하고는 모두 뚜렷한 상분리를 보이며, 유화제로서의 능력은 크게 발휘하지 못함을 확인할 수 있었다. TO:TEA=1:2(물비)로 혼합하여 제조한 amide는 oil 80g과 물 15g의 혼합물과 oil 15g와 물 80g의 혼합물에서 모두 우유빛의 흰색을 나타내며 제조된 지방산 유도체들 중에서 가장 뛰어난 유화능력을 보였다. 그리고 반응시간에 따른 유화능력을 보기 위해 2시간 30분과 3시간 30분동안 제조한 amide를 oil 80g과 물 15g의 혼합물 및 oil 15g와 물 80g의 혼합물에 각각 첨가시켰다. 외관과 크림층이 형성되는 속도를 비교해 볼 때 제조된 두 amide는 유화능력 면에서 거의 차이를 보이지 않았다.

2. 절삭유의 유화특성 비교

현재 상업적으로 시판되고 있는 수용성 절삭유(원액)는 대부분이 기유와 첨가제의 혼합물이거나, 기유와 첨가제에 물이 소량 분산된 W/O형의 유화제품이다. 이러한 수용성 절삭유(원액)는 현장에서 사용되기 직전 물로 10~30배로 희석됨으로써 O/W형으로 상전환이 일어나게 된다. 따라서 수용성 절삭유의 제조 시 원액의 안정성은 물론, 희석액인 O/W형의 유화의 안정성도 고려하지 않을 수 없다. 실제 절삭유가 사용되는 현장에서 이 희석액인 O/W형의 유화의 안정성을 더욱 오래 유지시키는 일이 아주 중요한 문제가 되고 있다.

일반적으로 유화의 파괴는 크리밍(creaming), 응집(aggregation), 합일(coalescence)의 순서로 진행된다. 그러나 크리밍은 교반에 의해서 쉽게 안정화되며 실질적으로 유화의 파괴가 일어나는 것은 응집(aggregation) 단계를 진행되면서 이다. 이러한 유화의 파괴를 늦추고 안정성을 높이기 위해서는 분산상과 연속상의 비중차가 작도록 하거나 연속상의 점도를 높이거나 또는 microemulsion과 같이 유화 입자의 크기를 작게 해야한다. 따라서 준비된 물질의 종류와 양을 변화시키지 않고 유화의 안정성을 높이기 위해서는 보다 더 균

일하고 미세한 유화입자를 제조해야한다.

본 실험에서 제조한 지방산 유도체 중에서 tall oil fatty acid와 triethanolamine을 1:2 (몰비)로 혼합하여 제조한 amide는 다른 지방산 유도체들에 비해 유화제로서 뛰어난 역할을 하는 것을 확인하였으며, 실제 수용성 절삭유의 제조에 첨가시켜본 결과, HLB값의 조정을 필요로 하기는 하지만, 그림 1과 같이 더 균일하고 미세한 입자를 얻을 수 있었다. 그리고 유화안정도 시험방법에 따라 희석액의 안정도를 측정해 본 결과 공기와의 접촉이 있는 부분에 얇은 막이 형성되기는 하였지만 높이를 측정할 만큼의 뚜렷한 크림층의 형성은 없었다.

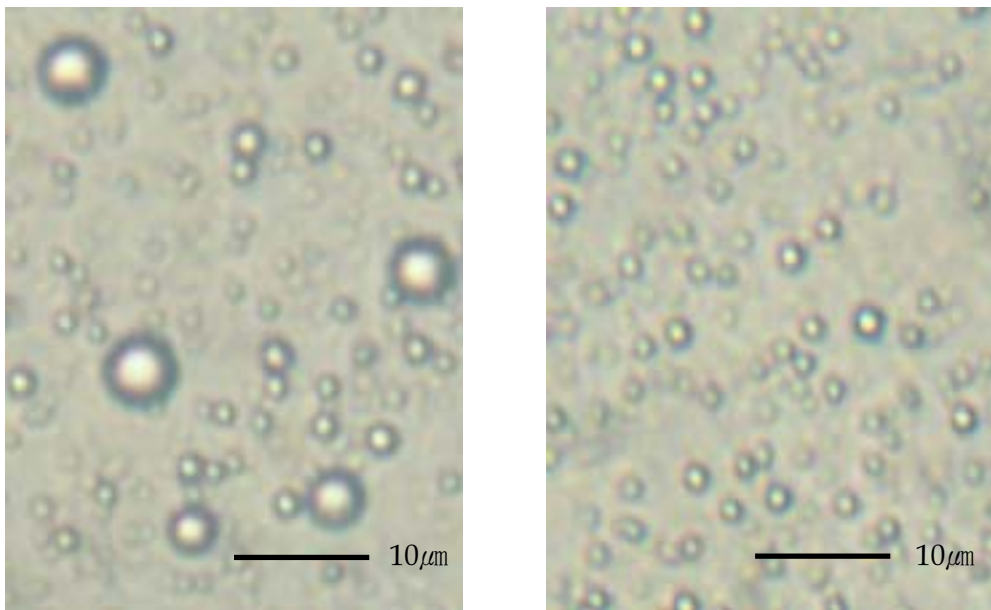


Figure 1. Amide를 첨가하지 않은 수용성 절삭유(왼쪽)와 amide를 첨가하여 제조한 수용성 절삭유(오른쪽)

참고문헌

1. Richard M. Mullins, in the Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, 3rd Ed. Vol. 1, John Wiley and Sons(1979)
2. Wolf Kritchevsky, United States Patent 2,089,212(1937)
3. Robert W. Johnson and Earle Fritz, Fatty Acids in industry, Marcel Dekker, Inc., New York(1989)
4. William C. Griffin, in the Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, 3rd Ed. Vol. 8, John Wiley and Sons(1979)