

에멀전화의 최적조건과 예감제 첨가에 관한 연구

안명석¹⁾, 조명찬¹⁾, 김종현¹⁾

A Study on the Optimum Condition and GMB Addition in Emulsifying

Myung-Seog Ahn, Myung-Chan Cho and Jong-Hyun Kim

ABSTRACT. The gelatine dynamite, which has been traditionally used in Korea as the 2nd generation explosive, is now being rapidly replaced by an emulsion explosive because of the change in life environment, economic schemes, and safety reasons. However, there has been lack of study in the surfactant which is an important factor in manufacturing technology of emulsion explosives, and especially GMB technology has not been used in Korea. In this study, effective usage of surfactant with optimum dosage and optimum mixing temperature of GMB was investigated to increase safety and effectiveness

Key words : bulk emulsion explosive, surface active agent, GMB

초 록. 우리나라에서 전통적으로 사용해 왔던 제2세대의 젤라틴 다이내마이트 폭약은 경제구조와 안전의식 및 생활환경의 급변으로 제5세대의 에멀전폭약으로 급변, 대체되고 있다. 이제 대량생산 및 발파기술의 도입으로 벌크에멀전폭약의 상용화가 눈앞에 다가왔다. 그러나 에멀전 폭약 제조기술의 중요한 요소인 계면활성제에 대한 연구발표가 부족하고 특히 그라스마이크로볼륨(GMB)의 사용기술은 전무한 실정이다. 실험실연구를 통하여 에멀전 폭약 제조시 최적의 계면활성제를 알고 그의 효율적 사용법(최적반응온도 변화도)과 GMB의 혼합적정온도와 시점을 연구하여 제조공정에서의 경제성과 안전성을 향상시켰다

핵심어 : 벌크에멀전 폭약, 계면활성제, 그라스 마이크로 볼륨

1. 서 론

최근의 우리나라에는 생활환경의 급변으로 인해 종전에 사용해왔던 토목공사장에서 다이내마이트 사용은 급감하였고, 에멀전 폭약 사용은 급증하였다. 특히 지하철건설 및 도로개설, 도심지 지하터파기 등에 이어 건물폭파, 미사일등 국방과학 및 우주과학에도 에멀전 폭약의 응용도가 높아지고 있다. 이제 제조회사의 기술에서부터 사용현장의 기술에까지 폭넓은 연구와 지식을 가져야 할 때이다.

이에 에멀전 폭약의 특성을 이해하고 생산원가 절감 등에 기여하기 위해 제조시 최적조건과 기폭작용에 중대한 역할을 하고 있는 GMB 등 예감제에 대한 실험을 실시하고 그 원리를 이해하였다.

2. 에멀전 폭약의 특성

2.1 정의

에멀전폭약은 총포·도검·화약류등 단속법 시행령(이하 총단법 시행령) 제2조 12항에 의하면 합수폭약의 분류에 속한다. 즉 "합수폭약"이라 함은 산화제(질산암모늄 및 질산모노메틸아민등의 질산염을 말한다)·물·예감제 및 발열제등을 주성분으로 하고 죽상태(슬러리) 또는 맑은 목상태(엠엘존)로서 물에서 그 성질이 변화되지 아니하는 강한 폭약을 말한다"라고 정의되어있다.

합수폭약 중 슬러리 폭약은 제4세대 화약이라고 하며, 질산암모늄과 물을 사용하고 예감제로 TNT(혹은 Al powder)를 사용한 폭약으로써 6호 뇌관으로 기폭 가능한 폭약을 말한다. 또한 에멀전 폭약은 제5세대 안전화약이라고 하며, 질산암모늄, 물, 기름, 유화제, GMB등의 혼합조성으로써 TNT 나 Al powder 또는 유기 예감제를 사용하지 않고 제조된 6호 뇌관으로 기폭 가능한 폭약을 말한다.

1) 동서대학교

접수일 : 2004년 2월 18일

2.2 특성

액상 또는 고체상태의 초안(NH_4NO_3), 질산나트륨(NaNO_3)등의 질산염과 오일 또는 왁스등의 연료성분을 계면활성제인 유화제(surfactant)를 첨가하여 기계적으로 유화(에멀전화)시켜 에멀전 입자의 크기를 수 μm 상태로 분산시킨 유중수적형(油中水滴形, W/O TYPE)의 에멀전으로 상온에서 비중이 1.3g/cc 이상인 죽상상태(gel)의 혼합물이며, 특히 에멀전이 부스터에 의한 기폭성이 없도록 수분을 18%이상 함유하는 합수폭약의 일종이며, 내수성, 열, 마찰, 충격등의 안전성, 후가스가 특히 우수한 폭약으로써 취급이 용이한 편이며, 조성은 표 1과 같다.

표 1. 에멀전 폭약의 조성

구 분	성 분	무게(%)
산화제	AN, SN, CN, SP, AP, HNO_3 , UN	50~80
가연제	비수용성 가연물(연료유, 왁스류)	1~10
물	H_2O	5~20
에감제	수용성 없거나 MMAN, MEAN, EGMN, HN	5~30
	비수용성 비늘모양 알루미늄, 니트로 화합물	
계면활성제	HLB 3~9	1~5
안정제	필수적이 아니라 연료유, 미분말, 콜로이드화제	
기 포	무기질 기포 보유제가 주체(GMB)	10~40 (부피%)

2.3 전망

계면활성제(Surface active agent)는 물질의 계면에 작용하여 계면의 성질을 변화시키는 기능을 발휘하는 화합물으로써 일상생활용품의 제조와 기타 산업응용분야에 많이 사용하고 있으며, 최근에는 에멀전 폭약 제조에서 매우 중요한 부분을 차지하고 있다. 계면활성제 제조산업은 우리나라의 경우 1965년에 생산이 시작되어 현재 비누공업의 제

하고 70개사가 넘었다. 정밀화학공업의 고도성장과 함께 수요급증, 제조기술 및 용도개발 등으로 많은 발전이 예상된다. 특히 최대 수요처인 섬유공업, 의약·화장품공업, 세제·농약공업 등을 제외하고도 토목·건축공업용이 약0.62%에 이르고 있으며, 화약발파공업에서 많은 수요를 급속히 점유해 나가고 있는 에멀전폭약 제조산업에도 많은 영향을 미치고, 기술개발 및 원가절감에 매우 큰 영향을 미칠 것이다.

특히 원가절감에 큰 영향을 미치는 벌크에멀전 폭약의 제조 및 사용기술이 실용화됨으로써 그 역할은 더욱 중요하다고 하겠다.

3. 계면활성제와 응용특성

3.1 HLB의 사용범위

에멀전 폭약에 사용되는 계면활성제는 현재까지 발표된 문헌에 의하면 슬러리폭약은 수중유적형(o/w형)의 계면활성제를 사용하고 있으며, 에멀전 폭약은 유중수적형(w/o형)의 낮은 HLB 계면활성제를 1~5 w% 첨가하는 것으로 알려져 있으며, 최근 국내 자료에 의하면 HLB 3~9의 범위에 속하는 w/o형의 emulsifiers를 사용하는 것으로 발표되어 있다.

일반적인 HLB에 따른 사용용도는 표 2와 같다.

표 2. HLB에 따른 사용 용도

용 도	HLB
가용화	20~15
세정작용	> 12
유화작용(o/w)	> 7
침투작용	15~7
유화작용(w/o)	7~3
소포작용	4~1

3.2 유화온도와 계면활성제의 역할

파라핀 왁스와 물 및 계면활성제를 혼합하여 유화실험을 한 결과 고체 파라핀만 용융, 혼합하였을 때 가열 후 10분후에 69~70℃에서 최고 온도가 되고 혼합이 끝난후 10분후에 48~49℃가 되었다. 그리고 고체 및 액체파라핀을 혼합하여 용융, 혼합하였을 때 10분후 70~71℃가 되었고 혼합이 끝난 후 10분후에는 49~54℃였다. 즉 후자의 경우 그림 1과 같이 용융온도는 1~2℃가 높았고 냉각온도는 1~5℃가 낮았다.

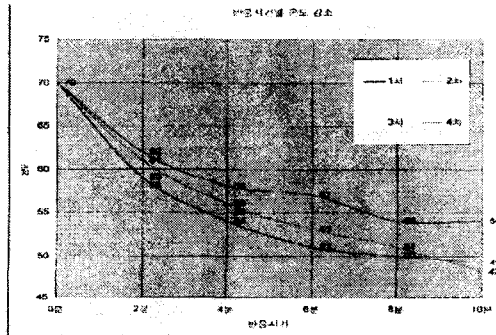


그림 1. 용융시간별 온도변화곡선

4. 예감제와 사용특성

4.1 사용종류별 특성

에멀전 폭약에 사용되는 예감제는 수용성과 비수용성이 있으나 대체로 알미늄 파우더나 TNT 등 니트로 화합물과 그라스마이크로 볼륨(GMB)등의 무기질 기포 보유제를 사용하고 있으며 이때 GMB는 산소공급 및 반응면적을 크게 해줌으로써 충격 에너지에 의해 예감제로 작용하여 폭약을 기폭되게 한다. 또한 알미늄 파우더는 기폭 시 반응온도를 급격히 높임으로 인해 다이내마이트에 비해 다소 부족한 위력을 보강하는 역할을 한다. 그러나 지나친 함유량은 장기 보관성의 장점을 떨어뜨리고 발파시 안전도 보장에 나쁜 영향을 미친다.

4.2 GMB의 역할

에멀전 폭약은 총포,도검,화약류 등 단속법 시행

령의 산화제, 물, 예감제, 발열제등을 주 성분으로 하는 맑은 목상태(엠엘존)로 정의되고 있는 제5세대 안전화약으로써 첨가되는 예감제 중 GMB는 그중 가장 중요한 기폭성분이다.

무기질 기포물질로써 입자내에 공기 즉 산소가 함유되어있으므로 기폭 시에 폭발에 필요한 산소를 공급해주는 역할과 함께 파라핀왁스와 산화제가 잘 반응할 수 있도록 접촉(반응)면적을 크게 해줌으로서 폭약이 기폭 할 때 신속히 잘 폭발되게 해주는 예감 및 기포물질이다. 이 성분의 분산도, 미립도, 기공율은 에멀전폭약의 성능에 가장 큰 영향을 미치고 있다.

4.3 GMB의 첨가량과 분산상태

예감제 역할을 하는 GMB는 에멀전 폭약 조성 중 통상 10~40%를 차지한다. 분말알미늄의 사용을 최소화하고 GMB의 조성을 늘리는 것이 좋은 방법 이긴 하지만 에멀전 폭약의 위력을 향상시키기 위해서는 일반적으로 10~20%를 혼합한다.

폭약내 분산상태는 매우 중요한데 Hemocytometer로 200배 사진촬영 결과 12Block의 면적 0.9375mm²내에 분산된 수치는 표 3과 같다.

표 3. GMB의 Section별 분산입도표

Section	0.125 이상	0.125 ~0.0625	0.0625 ~0.03125	0.03125 이하
I	2	9	13	43
II	1	16	11	50
AVE	1.5	12.5	12	46.5

또한 3×5=12Block 내에 분산되어 있는 분산 입도의 모습은 그림 2와 같다.

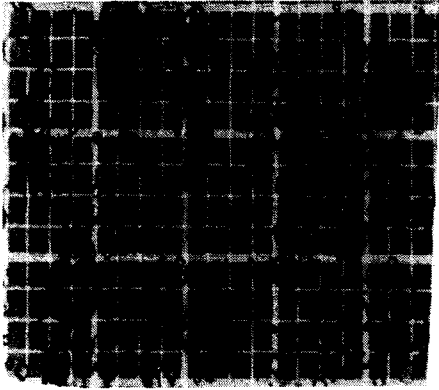


그림 2. GMB의 200배 촬영사진

5. 결 론

에멀전 폭약의 실험실 제조와 성능분석을 통한 유효공정의 최적온도와 GMB의 혼합 및 분산정도를 연구한 결과를 다음과 같이 요약하였다.

(1) 에멀전 폭약 제조에서 가장 중요한 가연제와 계면활성제 및 물을 혼합하는 공정에서 고체 파라핀왁스만 사용하는 것보다는 고체와 액체파라핀왁스를 혼합 사용하는 것이 에멀전화에 더욱 유리하였고, 유효온도는 69~71℃가 적합하며, 첨가제등을 혼합하는 주 공정은 55℃전후에서 10분 이내에 혼합작업을 완료하는 것이 작업안전 및 에너지 절감면에서 유리한 것으로 확인되었다.

(2) 에멀전 폭약의 품질을 좌우하는 필수 첨가물은 질산암모늄등의 산화제와 그라스 마이크로 볼륨(GMB)등의 예감제의 종류와 첨가량에 좌우된다. 특히 산화제와 예감제의 분산도는 품질에 매우 크게 좌우되는데 GMB에 대한 현미경 촬영결과 Section면적 0.9375mm²내에 분산되어있는 GMB의 입자는 $\varnothing 0.03125$ 이하는 평균46.5, $\varnothing 0.0625\sim 0.03125$ 는 12, $\varnothing 0.125\sim 0.0625$ 는 12.5, $\varnothing 0.125$ 이상은 1.5개로써 폭약성능발휘에 양호한 분산정도를 나타내었다.

참 고 문 헌

1. 김재극, 1997, "산업화약과 발파공학" 서울대학교 출판부 pp.50
2. 황선일, 1998, "계면활성제의 기술현황과 응용", 산업기술정보원. pp.3
3. 김희창, 안명석, 김종현, 2000, "화약 및 화공품의 역사와 향후 전망에 관한 연구", 화약발파, 대한화약발파공학회, pp.9~10
4. 안명석, 김종현, 이종권, 최재욱, 2001, 에멀전 폭약의 특성 및 사용상 문제점 개선방안. 2001년도 추계공동 학술발표회 논문집, 한국암반공학회 · 대한화약기술학회, pp.175~183
5. 안명석, 김종현, 류창하, 2002, 에멀전폭약의 계면활성제에 관한 연구, 화약발파, 대한화약발파공학회, pp.7~9
6. 총포 · 도검 · 화약류등 단속비시행령 제2조12항
7. 工業火藥協會, 1987, "火藥 Handbook", 日本共立出版社, pp.7~8
8. Per-Anders Persson, Roger Holmberg, Jaimin Lee, 1994, "Rock Blasting & Explosive Engineering". CRC Press Inc., pp.151
9. URBANSKI, T., 1984, "Chemistry and Technology of Explosives", Pergamon Press Ltd, pp.558~567