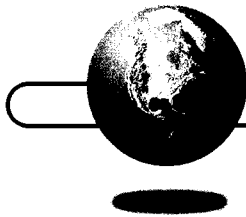


화약의 역사와 전망

The History & Future Prospect of Industrial Explosives



金 熙 禎*
Kim, Hee Chang



1. 서론

화약이라고 하면
폭발이나 파괴가 연상되어 무섭고
위험한 생각이 나서 기피하게 된다.
그러나 알고 보면 산업적으로
유용하게 활용되고 있는 것이 화약이다.
근래 중국 양쯔강 범람시에
주요 산업도시를 보호하기 위하여
재방울 폭발하는 데 화약이 활용되었다.
또한 화약의 힘을 잘 이용하면
여러 가지 유용한 것을
만들거나 일들을 할 수 있다.

화약은 광산에서의 유용한 광물의 채굴, 도로 개설 및 지하철이나 터널공사 또는 암석발파 등, 인간의 노동력이나 기계적인 방법으로는 불가능한 일들을 짧은 시간 내에 대량으로 할 수 있게끔 하여준다.

차제에 화약의 역사에 대해서 살펴보는 것도 화약을 이해하는데 도움이 될 것이라고 생각된다.

산업용으로 채광 발파에 최초로 사용된 화약은 흑색 화약이다. 그러므로 흑색 화약이 어디서 어떻게 하여 발명되었는지 살펴보고 화약기술의 발전방향을 전망해 보고자 한다.

2. 화약의 역사

화약의 역사를 말하기 전에 화약의 개념을 간단히 살펴보겠다.

(1) 화약의 개념

1) 화약의 정의

화약은 이용가치가 있는 액체 또는 고체의 폭발물로서 약간의 외력(열, 충격 또는 마찰 등)을 받으면 급격한 화학반응을 일으키고 동시에 다량의 가스와 열을 발생하는 물질이다. 이것은 일종의

*고분자제품기술사,
(주)소원기건 상무, 본회 이사
/홍보위원.

산화반응이다.

화약이 연료와 다른 점은 연료는 연소할 때 공기중의 산소와 반응하나, 화약은 공기중의 산소를 필요로 하지 않고, 자체의 산소로 반응하며, 반응속도가 급격한 것이 특징이다. 이 반응속도를 폭발속도(폭속)라고 한다.

2) 화약의 분류

화약의 분류방법에는 여러 가지가 있으나 대표적인 것은 조성에 의한 분류방법이며, 화합화약(또는 단일화약)과 혼합화약으로 나눈다.

화합화약에는 TNT, 피크르산, 니트로 글리세린 등이 있으며, 혼합화약에는 흑색화약, 과염소산염폭약, 질산암모늄폭약, 다이너마이트 ANFO, 슬러리(Slurry)폭약, 에멀전(Emulsion)폭약 등이 있다. 이 중에서 슬러리폭약과 에멀전폭약은 물을 함유하고 있기 때문에 합수폭약이라고 하는데 최근에 발명된 화약이다.

또 화약을 용도로 분류하면 발사약, 폭파약, 작약 및 화공품으로 분류된다. 화공품은 화약을 점화 또는 점폭시키는 도화선 또는 뇌관 등이다. 또한 법규에 의하면 화약, 폭약 및 화공품으로 나눈다.

성능에 의한 분류방법으로는 폭속이 적은 것(약 300~800m/sec)을 화약, 폭속이 큰 것(약 2,000~8,000m/sec)을 폭약이라고 한다.

화약과 폭약을 통틀어서 화약류라고 부르나 약칭으로 화약이라고도 말한다.

이 글에서는 특별한 경우(관습적으로 고유명사화 한)를 제외하고는 화약과 폭약을 구별하지 않고, 약칭으로 화약이라고 쓰겠다.

(2) 화약의 역사

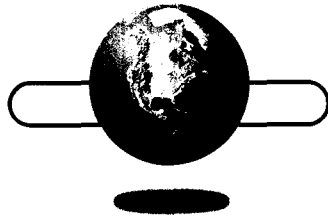
1) 흑색 화약의 출현

인류가 최초로 발명한 화약은 흑색 화약이다. 그 원형이 기원전 160년경에 이미 고대 중국에서 나타났다고 한다. 그리고 그 후 2~3세기에 고대 중국의 연단가에 의해서 우연하게 화약적인 현상을 알게 되었다고 생각된다. 이것들은 화약을 목적으로 한 것이 아니고 연단술에 사용한 약품이었다. 이 시기에는 고대 중국에 연단술이 성행하였는데 이는 일종의 화학처리기술이며, 값싼 금속으로부터 비싼 금속과 불로장생약을 만드는 기술로서 단약재료를 광물과 함께 가열하였다. 이 단약의 성분이 흑색 화약의 성분중 일부인 초석(질산칼륨)과 유황이다. 목탄이 포함되지 않았으므로 흑색 화약은 아니지만 쉽게 화약으로 발전될 수 있었을 것으로 추측된다.

중국에서는 당나라 시대(618~907년)에 흑색 화약이 출현하였다고 말한다. 그 후 송나라와 원나라에 와서 점차 군용으로 실용화되었다. 화전이나 화창과 같은 로켓식 또는 발연통식이 화약의 주된 용도였다. 1232년 몽고군(원)과 금나라군과의 싸움에 화약을 이용하였다는 기록이 있다.

중국에서 흑색 화약이 발명된 것은 흑색 화약의 한 성분인 질산칼륨이 천연에서 산출되는 것과 관계가 있다. 흑색화약의 다른 성분인 유황과 목탄과 다르게 천연 질산칼륨은 세계에서도 극히 한정된 지역에만 생산되어서 중국과 인도에는 있고 유럽에는 없다. 화약이 유럽으로 전해진 것은 13세기초에 중국에서 아랍을 경유해서 이루어졌다. 한편, 고대 유럽에서는 야금법으로 연금술이 있었는데 여기에 사용하는 약품이 황과 가연물이고, 질산칼륨은 섞이지 않았으므로 화약은 아니다.

기원전 1200년에 트로이(Troy), 기원전 500년경에 희랍 등에서 화기가 사용되었지만, 이것들은 석유계 물질, 유황 및 나무성분 등이었고, 질산 칼륨이 함유되지 않았으므로 화약이 아니고



이 ANFO는
 폭력이 적고 내수성이 없는
 단점에도 불구하고, 값이 싸고
 취급이 쉬운 이점이 있으므로
 사용이 급격히 증가하여
 근래 미국에서는 전공업폭약의 약 84%가
 ANFO로 대체되었고,
 일본에서는 약 74%가 대체되었다.
 한국에서는 약 31%이다.
 이처럼 미국, 캐나다, 일본 등에서는
 ANFO가 산업폭약의 주역이 되었다.

소위 소이제(발화제)이거나 햇불이었다. 670년 경 시리아의 건축기사 Kallinikos가 발명한 그리스의 불(Greek Fire)도 썰치, 유황, 석유 및 생석회 등으로 된 소이제이다.

구미 역사에서는 화약은 유럽에서 발명되었고 발명자는 영국인 승려 로저 베이컨(Roger Bacon)이라고 한다. 그는 1242년에 소이제와 폭발용 질산칼륨의 용도를 최초로 명확하게 한 학자로서 질산칼륨과 황의 혼합물에 목탄을 가하여 흑색 화약을 만드는 방법을 자세하게 기록하였다. 그는 이 방법을 연금술사에게서 들어서 썼다고 하는 데 당시에는 흑색 화약의 제법을 공표 하거나 말하면 준엄한 종교재판을 받게 되는 시대이었으므로 Roger Bacon은 이것을 두려워하여 음어로 기록하였다고 한다. 그러다가 1313년 독일의 Berthold Schwarz가 음어를 해독하여 흑색 화약의 제조법을 재발견하고 연구하여 대포에 화약을 이용하였다고 한다. 이런 것으로 해서 구미에서는 Roger Bacon이 흑색 화약을 발명하였다고 하나 Roger Bacon의 진필인지 의심이 되고 있다고도 한다.

13세기부터 본격적으로 개량 발전된 흑색 화약은 다이내마이트가 출현되기까지 거의 유일한 화약이었다. 14세기 중반에는 중국과 유럽에서 거의 같은 때에 총이 개발되었다. 그러나 그 후 중국의 화약기술은 발전되지 않았는데 비하여 유럽에서는 군사적인 용도로 급속도로 발전되고 개량이 거듭되어 근대적인 흑색 화약으로 되어 다시 동양으로 들어왔다.

화기와 병기로만 주로 사용되던 화약을 처음으로 산업적인 용도로 사용하게 된 것은 17세기에 접어들어서이다. 1627년 경 광산가 Kasper Weindle이 헝가리에서 흑색 화약을 이용하여 채광발파를 하였다.

2) 다이내마이트의 등장

17세기부터 19세기를 전후해서 유럽에서는 근대화학의 이론이 개척되고 새로운 유기화합물의 구조가 발견되어 이에 여러 가지 화약이 발명되었고 화약이 채광 및 토목공사에 널리 사용되는 계기가 되었다.

1875년 쉐바인(Schönbein)이 니트로 셀룰로오스를 발명하였고 1846년 소브레로(Sobrero)가 니트로 글리세린을 발명하였다.

현대산업화약의 본격적인 발전은 1866년 Alfred Nobel의 구조

토 다이너마이트 발명과 1875년 젤라틴 다이너마이트 발명이 시초이다.

이로부터 약 100 년간 다이너마이트는 광산, 토목 또는 탄광용 등의 산업용으로 발전되어 왔고 용도에 따라서 여러 가지 조성물로 변경 발전되어 왔다.

3) ANFO의 등장

다이너마이트 발명으로부터 약 100년 후 화약의 혁신기가 왔다. 즉, 1945년 미국의 리(Lee)와 아크레(Akre)가 질산암모늄에 기름을 흡수시킨 것만으로 폭발성을 갖는 ANFO를 발명하였다. ANFO는 Ammonium Nitrate Fuel Oil의 약자이며 질산암모늄유제 폭약으로 초유폭약 또는 안포폭약이라고 한다.

ANFO가 발명된 동기를 보면, 1947년에 프랑스의 Brest에서 3,000톤의 비료용 질산 암모늄이 폭발하였고, 같은 해 미국 텍사스 시에서 3,200톤의 비료용 질산암모늄이 폭발하였다. 또한 그 이전 1921년에 독일 Oppau에서 4,000톤의 질산암모늄이 폭발한 대참사가 있었다. 이로 인하여 질산암모늄의 폭발성이 인식되고 이를 이용하여 화약을 만들려는 계기가 되었다.

이렇게 하여 1948년 Lee와 Akre가 질산암모늄에 1~12%의 목탄과 유연(Carbon Black) 등을 섞은 Akremite를 발명하였다.

이 Akremite는 여러 가지 결점이 있어서 널리 쓰여지지 않았으나, 1954년 미국 미네소타주의 철광산에서 질산암모늄과 기름을 혼합한 ANFO가 시험 성공하였다. 이것이 ANFO에 의한 최초의 폭파였다. 그 후 1958년 경 미국, 캐나다, 스웨덴 등에 널리 보급되었다.

이 ANFO는 6호 뇌관으로 기폭 되지 않으며 전폭약(Booster)을 사용하여야 전폭된다. 이 ANFO는 폭력이 적고 내수성이 없는 단점에도

불구하고, 값이 싸고 취급이 쉬운 이점이 있으므로 사용이 급격히 증가하여 근래 미국에서는 전 공업폭약의 약 84%가 ANFO로 대체되었고, 일본에서는 약 74%가 대체되었다. 한국에서는 약 31%이다. 이처럼 미국, 캐나다, 일본 등에서는 ANFO가 산업폭약의 주역이 되었다.

4) 슬러리(Slurry)폭약의 등장

내수성이 없는 ANFO의 단점을 개선하여 나타난 화약이 슬러리폭약이다. 이것은 물이 함유되어 있기 때문에 합수폭약이라고도 말한다.

슬러리폭약의 발명은 종래에 금기시 되었던 물을 5~20% 함유하고 있기 때문에 화약의 혁명이라 할 수 있다.

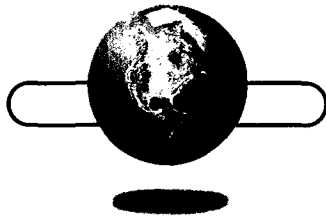
캐나다 철광산의 기술자 H.E. Farnam과 미국의 과학자 M.A. Cook이 공동으로 연구하여 1956년 12월 캐나다 라브라도(Labrador)에 있는 Nob Lake Mine에서 세계 최초로 슬러리폭약을 사용하여 발파시험에 성공하였다. 이때 제조한 슬러리폭약은 질산암모늄과 물을 사용하고 예감제로 TNT를 사용한 폭약으로 2인이 공동으로 특허를 냈다. 두 사람은 다시 1958년에 화약(TNT)을 조성 중에서 빼고, 질산암모늄, 물, 알루미늄분말로 만든 슬러리폭약을 발표하고 제2특허를 내었다.

이 후 슬러리폭약은 더욱 발전되어 유기질산염이 첨가되고 1971년경에는 6호 뇌관으로 기폭 가능한 형태를 이루게 되었다.

5) 에멀전(Emulsion)폭약의 등장

합수폭약의 또다른 형태인 에멀전폭약은 슬러리폭약 보다 조금 늦게 나타났다. 이것은 기름이 함유되어 있어서 유화제의 발달과 더불어 개발된 화약이다.

이 화약은 1961년에 Richard S. Egly 등이 최



제2의 불이라고 하는
화약의 발명으로
인류사는 크게 변혁되어 왔다.
석탄산업의 사양으로
화약도 사양될 것이라고 하였으나
계속적인 수요의 창조와 신제품의 개발로
꾸준히 발전하여 왔고
장래에도 무한한 발전이 예상된다.

초로 발명하였다. 그 후 Dynamit Nobel, Du Pont, ICI 등 여러 회사에서 연구를 하였으나, 실용화에는 훨씬 먼 것이었다. 그러다가 1977년에 Atlas Powder Co.의 Charles G. Wade 등이 화약이나, 알루미늄 또는 유기예감제를 사용하지 않고도, 6호 뇌관으로 기폭 가능한 에멀전폭약을 특허로서 세상에 소개하고 상품화하는데 성공하였다.

에멀전폭약의 조성은 슬러리폭약과 같이 질산암모늄과 5~20%의 물이며, 그 외에 기름과 유화제 그리고 GMB(Glass Micro Balloon)라고 하는 무기질중공구체이다.

이 에멀전폭약은 소구경 종이 포장이 가능하고, 슬러리폭약이 -5°C 이하에서는 사용할 수 없는 데 비하여 에멀전폭약은 -20°C에서도 사용할 수 있고, 폭력도 슬러리폭약 보다 크며, 여러 가지 면에서 슬러리폭약 보다 우수하고 발전된 폭약으로서, 향후 계속 발전될 수 있는 여지가 많은 화약이다.

(3) 우리 나라 화약의 역사

우리 나라에서는 고려말 우왕 3년(1377년)에 최무선의 건의에 의하여 설치된 화통도감(火筒都監)에서 흑색 화약과 각종 화기를 생산하므로서 시작되었다. 최무선은 당시 원나라에서 비밀에 감춰져있던 화약제조법을 중국인에게서 일부 듣고 대부분은 스스로 연구하여 터득한 발명이었다. 그 후 조선시대에 들어와서도 화약감조창(火藥監造廠)의 설립, 총통등록(銃筒謄錄)의 발행 등, 국책에 의한 화약기술의 발전은 계속되었다. 이로서 화약기술이 본 궤도에 진입하였으나, 그 후 조정의 무관심과 질산칼륨의 조달 곤란 등으로 산업으로서의 토착화는 실패한 채 근대 개화기를 맞게되었다.

우리 나라에서 화약이 최초로 산업용으로 쓰여진 것은 1890년 경 경상남도 마산에서 일본인이 채광에 흑색화약을 사용한 것이 처음이다.

일제 식민지하에서 한국에서는 군용화약이나 화약병기의 제조는 금지되어 왔지만 한반도와 만주 등의 지하자원을 개발할 목적으로 광산용 또는 공업용 화약의 생산이 1930년대에 일본인들에 의하여 흥남에 대규모 종합화약공장을 건설하고 각종 화약 및 이에 필요한 원료를 생산하였다. 이어서 1937년에는 해주화약공장, 1939년에는 봉산화약공장, 그리고 1940년에는 인천에 조선유지 주식회사

인천화약공장을 건설하여 다이너마이트, 뇌관 및 도화선을 생산하였다.

해방 후 정부 산하에 있던 조선유지 주식회사 인천화약공장은 1952년 (주)한화(구 한국화약 주식회사)에 불하됨으로서 민간 화약공장으로 운영하게 되었다.

인수될 당시 폐허와 같았던 인천공장에서는 1955년부터 여러 차례의 복구공사를 거쳐 1957년부터는 다이너마이트, 도화선 등, 각종 화약이 점진적으로 생산되어 공급하게 되었다.

현재 우리 나라에는 다이너마이트를 비롯하여 ANFO, 정밀폭약, 슬러리폭약, 에멀전폭약, 미진동파쇄기, 각종뇌관 및 화공품 등이 생산 공급되고 있다.

우리 나라에서는 1968년에 ANFO가 처음으로 생산 공급되었으며, 1977년 진동을 억제해주는 도심지 발파용 미진동파쇄기가 개발되어 생산 공급되었다. 1981년 제어발파에 사용되는 정밀폭약 1,2호와 합수폭약인 슬러리폭약이 순수 국내 기술로 개발되어 생산 공급되었다. 그 후 1983년 슬러리폭약 증설시 Du Pont사에서 특허 기술 도입하여 생산 공급되었다.

또다른 형태의 합수폭약인 에멀전폭약은 1993년 (주)한화가 일본유지에서, 고려화약(주)이 스웨덴 NNAB에서, 각각 기술 도입하여 생산 공급되고 있다.

3. 전망

제2의 불이라고 하는 화약의 발명으로 인류사는 크게 변혁되어 왔다. 석탄산업의 사양으로 화약도 사양일 것이라고 하였으나 지속적인 수요의 창조와 신제품의 개발로 꾸준히 발전하여 왔고 장래에도 무한한 발전이 예상된다.

왜냐하면 화약은 없어서는 안될 산업근간을 이

루는 핵심물질일 뿐 아니라 현재까지 인류가 사용할 수 있는 에너지 중 화약류만큼 최단 시간에 고온 고압의 에너지를 간단히 얻을 수 있는 방법이 없기 때문이다.

화약의 용도도 광물자원의 채굴, 채석, 도로 및 터널발파 등 화약의 파괴력을 이용하는 분야 외에 화약의 제어된 폭발력과 에너지 또는 고온고압을 활용하는 응용분야가 발전될 것이다.

예를 들면 종류가 다른 금속의 폭발압접 원자로 열교환기의 냉각관의 확관, 폭발로 인하여 발생된 고온고압을 이용한 인공 다이아몬드의 합성, 금속재료나 폐선박 또는 구조물의 폭발절단, 내마모성이나 특수강도가 요구되는 재료에 고경도를 부여하는 폭발경화, 금속분말이나 세라믹분말의 소결, 폭약을 이용한 초고자장의 발생과 발전, 초전도체의 제조, 지질탐사, 임업에의 이용, 초고온 초고압에 의한 신규물질의 합성 등이 있고, 의료용으로는 캡슐화약과 화약에 의한 요로 방광결석파쇄술 등이 있다. 이외에도 많으나 이러한 것은 계속 연구되어야 할 분야이다.

화약의 발전과정을 보면 위력이 큰 것을 목표로 하여 발전되어 왔다. 그러나 2차대전 이후 제조, 취급, 사용 및 저장에 용이하고 안전한 화약을 목표로 하여 개발되었다.

이러한 경향은 최근에 더욱 두드러졌고, 소음, 진동, 환경 등, 발파공해에 관한 문제가 대두되어 위력이 조금 떨어지더라도 안전한 화약을 선택하려는 경향이 나타나고 있고, 향후 이러한 경향은 더욱 증가될 것이다.

에멀전폭약의 위력이 다이너마이트에 비해 약 90% 정도 약한 것은 발파패턴을 잘 선택하면 해결할 수 있어 큰 문제는 아니다. 이러한 것을 고려할 때 지금까지 등장한 화약 중에서 에멀전폭약이 가장 우수함으로 이것이 향후 다이너마이트를 대체하여 많이 사용될 것으로 전망된다.

그러므로 에멀전폭약은 이제 시작단계로 보아도 좋다. 계면활성제의 발달과 기포형성과 내압성을 부여하는 중공구체의 발전으로, 또한 여기에 특수 고분자 물질을 첨가하거나 접합시킴으로서 보다 나은 에멀전폭약으로 발전될 것으로 본다. 그 외에 제조분야에서는 내열폭약 등 특수한 용도에 필요한 새로운 화약이나, 특별한 기폭장치 외에는 폭발이 안되는 화약, 고분자 물질을 활용한 안전화약, 반도체와 전자기술을 활용한 초정밀 뇌관 및 광화학을 이용한 Laser뇌관 등이 개발될 것이다.

4. 결론

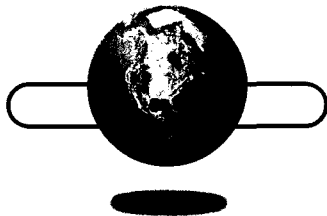
(1) 고대 중국의 연단술과 유럽의 도금술이 흑색 화약의 발명에 기여하였다.

(2) 흑색화약은 고대 중국에서 발명되었고 이것이 유럽으로 흘러 들어가서 정리되고 발전되어 다시 동양으로 흘러 들어가는 과정을 거쳤다. 그런데도 구미 역사에서는 1242년 Roger Bacon이 흑색화약을 발명한 사람이라고 하고 있다, 그것은 Roger Bacon은 흑색화약의 조성과 제법을 자세하게 기록하였고, 중국에서는 기록이 자세하지 않기 때문이다. 그렇지만 일설에는 Roger Bacon의 진필인지 의문이 제기되기도 한다고 한다.

(3) Kasper Weindle이 1627년 경 헝가리에서 최초로 흑색화약으로 채광발파를 하였다. 이것이 화약이 산업용으로 사용된 최초이다. 그후 1866년 Nobel의 다이너마이트 발명으로 화약이 산업용도로 본격적으로 사용되게 되었다. 흑색화약을 제1세대 화약이라고 한다면, 다이너마이트는 제2세대 화약이고, 제3세대 화약은 ANFO이며, 제4대 화약은 슬러리폭약이다. 최근에 나온 에멀전폭약은 제5세대 화약이라 할 수 있다.

(4) 화약의 응용분야와 이에 필요한 화약 및 에멀전폭약을 중심으로 보다 발전된 화약이 개발될 것이다.

(원고 접수일 1998. 8. 31)



그 외에 제조분야에서는 내열폭약 등 특수한 용도에 필요한 새로운 화약이나, 특별한 기폭장치 외에는 폭발이 안되는 화약, 고분자 물질을 활용한 안전화약, 반도체와 전자기술을 활용한 초정밀 뇌관 및 광화학을 이용한 Laser뇌관 등이 개발될 것이다.