

# 粗碎와 粉碎에 관한 研究 (上)

(Studies in Crushing and Grinding)

by Fred C. Bond

俞 圭 在 譯

<韓一시멘트丹陽工場生産管理係長>

### 譯 者 註

- ◆…… 다음 글은 美國 Allis-Chalmers 社의 顧問이며 粉碎 理論學者인 Fred C. Bond 氏가 月刊……◆
- ◆……技術雜誌 “Cement Lime and Gravel”에 28個月間 Series 로 寄稿한 글이다. 譯者는 이중에……◆
- ◆……서 시멘트 業界에 도움이 될 만한 부분만을 拔萃 翻譯했음을 附記해 둔다. ……………◆

### I.

粉碎産物의 최대 粒度가 한정되고, 粗粒物을 Mill 로 再循環하여 粉碎할 때는 대부분 閉回路 방식으로 분쇄한다. 19세기 초기의 Ball Mill 은 거의가 粗粒子 生成을 감소시키고 粗粒再粉碎를 하도록 Mill 에 分級裝置가 설치되었으며 그 종류도 다양했으나 별로 성공적이지 못해 오래 사용되지 않았다. 그러나 Krupp 社의 Mill 은 特定 特性이 있기 때문에 현재까지도 사용되고 있으나 大容量 Mill 로 설계하기에는 불합리하다.

South Dakota 金鑛에서 Mr. Dorr 이 19세기 말 External rake 分級機를 발명함으로써 閉回路 Mill 의 大型化가 實用되었다. 分級機는 分離作用과 分級作用이 並行되며 振動式 또는 固定式 Screen 은 粗粒 粉碎時에 사용된다. 濕式에서는 粒子의 크기에 따라 상이한 沈澱率의 差異를 이용 분리한다. 利用되는 分級機로는 Dorr rake classifier, Esperanza drag, Spiral rake classifier, Allen and Similar Cone, Hydrocone, teeter Column, Elutriation 施設 등이 있다. 乾式에서

는 Air Separator 가 사용되며 效率은 濕式보다 저하된다.

오늘날 사용되는 分級機는 충분히 분쇄된 微粒子도 多量 Mill 로 再投入되기 때문에 全回路의 粉碎能力을 감소시킬 뿐 아니라 粉碎費 증가의 요인이 되고 있다. 分級機의 效率增大와 容量 增大를 위해 과거부터 많은 노력이 시도되어 왔으나 容量과 機械的 耐久度 문제는 물론 아직 性能 特性도 충분히 규명되지 못하고 있는 실정이다. 이유는 상이한 物質을 상이한 粒度로 粉碎分級할 때 상호의 分級性 및 效率을 閉回路 Mill 에서 검토할 理論數學이 불충분하기 때문이다. 과거의 數學公式은 일정 標準篩의 성능을 기초로 한 것이고 Sieve 로 計算한 성능은 다른 Sieve 에서의 성능과는 비교가 안되었다.

그러나 “Rock product”誌 67년 12월호에 발표한 筆者의 새로운 公式으로 일반적인 비교는 용이하게 되었다. 이 공식은 單一 Sieve size 에 기초한 것이 아니고 分級機別로 Separating size 에 기초한 것이다. Separating size Z 는 Separator under size 中 over size 의 含有率과 Separator over size 中 under size 含有量비율이 동등할 때

의 粒子 크기 (micron) 라고 定義된다. 이 定義는 모든 分級機에 公通으로 적용된다. Separating size  $Z$  (分級粒度) 는 동일 그래프紙에 分級機 微粉產物 또는 under size 가 各篩를 통과하는 累積率과 分級機 over size 또 粗粒粉末產物이 各篩上 殘留量의 累積比率를 散點하여 곡선을 그리면 두개의 smooth 曲線이 교차하는 粒度  $Z$ 가 分級機의 分級 또는 分離 粒度인 것이다. 이 교차점을  $100U_z$  라 하고 이점을 통과하는 비율이 分級の 銳敏度 (Sharpness of Separation) 이다.

Screen, Classifier 또는 Separator 의 Under 및 over size 두 產物을 Double Screen Analysis 방법으로 數學方程式을 이용치 않아도 分級能率을 알 수 있다. 分級效率이란 단위 投入量에 포함된 under size 의 總重量對 分級機가 分級한 產物中 under size (分級 size  $Z$ 보다 微粉末) 重量과의 비율이다.  $Z$  micron 을 pass 하는 投入物中  $100M_z$  比率은 전기한 그래프紙에 投入物 累積 passing 비율을 散點하여 구한다.

分級機 또는 Screen 의 效率은 다음 方程式으로 구한다.

$$E_{ff} = \frac{U_z(U_z + M_z - 1)}{M_z(2U_z - 1)}$$

Screen 또는 分級機를 閉回路 크라샤 또는 粉碎機에서 운전할 때는 循環率 및 分級效率은 별도의 方程式으로 구한다. 循環率(또는  $100C_1$ )이란 Mill 에 투입되는 供給物重量에 대해 分級機에서 Mill 로 再投入되는 重量의 비율을 100배 한 것이다. New Feed 는 첫째 방식으로 Mill 또는 Crusher 에 投入되며  $M_z$  는 Mill 에서 排出되어 分級機로 投入되는 것을 의미한다. 그러면,

$$C_1 = \frac{U_z - M_z}{U_z + M_z - 1} \quad E_{ff} = \frac{U_z}{M_z + M_z \times C_1}$$

둘째 方式으로 New Feed 를 分級機에 투입하여 分級機 粗粒子 및 over size 가 Mill 로 투입되어 粉碎하는 과정으로 New Feed 篩 試驗에서 累積 passing 率을 前記 그래프紙에 plot 하고  $Z$  micron 에서 passing 되는  $100N_z$  비율을 구한다.

$$C_1 = \frac{U_z - N_z}{U_z + M_z - 1} \quad E_{ff} = \frac{U_z}{N_z + M_z \times C_1}$$

위의 복합적인 散點方法 및 방정식에 의해 모든 형태의 상이한 分級機를 서로 비교할 수 있고

모든 閉回路 粉碎機間의 운전도 비교할 수 있으며 이 결과 Screen 및 分級機 발전에 도움이 될 수 있을 것이다.

## II.

Bond Work Index (본드의 일 指數) 는 모든 粉碎過程中 相關的 機械能率 尺度이다. 交代當, 일간, 또는 월간 能率 변화 판단 기준으로 Work Index 의 값을 비교할 수 있다. 또한 同一工場에서 粉碎 工程間의 能率 및 동일 粉碎物일 경우 他工場과의 能率도 비교할 수 있다. Work Index 는 정상 운전중의 New Feed 의 投入量 (st/h) 모타 動力, New Feed 와 Final product 의 粗粒篩試驗 등 4가지 자료로 구하며 이들 자료는 粗碎過程, 粉碎工程, 이들의 連續工程 및 모든 Size Reduction 工程에서 취한다.

粉碎機 또는 Size Reduction Stage 로 投入되는 New Feed 의 Short t/h (2,000lbs/h) 는 기본적인 運轉 Data 로서 Screen 및 分級裝置도 粉碎 回路로 간주하고 分級裝置로 투입하는 New Feed 도 粉碎機에 투입하는 New Feed 로 간주 되어야 한다. 그러나 粉碎機를 두번 거치게 되는 返送物은 New Feed 가 아니며 Screen 을 설치하여 微粒은 粉碎機를 통과시키지 않고 제거시킬 때는 Screen 投入量이 New Feed 이다. 微粒이 粉碎機에 투입될 경우 일을 소요하지 않고 粉碎量으로 취급되나 어떠한 New Feed 도 Screen Under Size 가 存在하므로 New Feed 로 포함시켜 합리적인 방법으로 자료를 취하여 Work Index 를 算出해야 한다.

粉碎用모터 出力 kwh (馬力 = kwh/1.34) 를 t/h 로 나누어 W (kwh/t) 라고 표시하며 이는 Work Index 計算基礎 자료로 정확을 기해야 하나 動力消費量 算出機器가 없을 때는 모터가 Full Load 라는 假定下에 모터의 定格을 취하기도 한다. 그러나 動力消費量 測定器를 사용해야 정확을 기할 수 있으며 만약 Ammeter 를 사용한다면 측정된 Ampere 를 定格 出力時 Name plate 의 定格 Ampere 로 나누면 消費량을 구할 수 있으나 定格 出力과 실제 出力間의 차이를 補正해야 하는 바 Watt-meter 를 사용함이 가장 정확

을 기할 수 있다. 動力 消費量 kwh/t 또는 HP H/t 은 粉碎機 運轉 調整上 가장 주요한 자료이다.

New Feed 와 Final product size 는 여러 size 의 篩試驗值로서 Wook Index 方程式에 이용하는 粒子 크기는 80%가 passing 되는 micron size 며, 篩試驗은 粉碎回路의 New Feed 및 Final Product 의 전체량을 나타내야 한다. Work Index 에 이용되는 입자의 크기는 80%가 passing 되는 micron 크기다. 1 micron 은  $\frac{1}{1,000}$ mm 또는  $\frac{1}{100萬}$ m이며, 1인치는 25,400 micron 이다. 80% pass 되는 크기는 粒子가 각 篩를 통과하는 비율을 散點하여 쉽게 구할 수 있다. 線型으로 散點하고 點間을 곡선으로 연결하는 방법이 있으나 log-log paper 에 散點함이 꼭 편리하다. log-log 紙 散點方式은 passing 率을 수직으로 散點하고 篩의 規格(micron size)은 수평으로 散點한다. 이때 篩間의 水平直線距離는 동일하다. New Feed 가 80% 통과하는 micron 值를  $F$ 라 하고 最終產物이 80% 통과하는 micron 值를  $P$ 라 하면  $F$ 와  $P$ 의 平方根이 Work Index 方程式에 사용된다.

Work Index 를  $W_i$ 라 하면  $W_i$ 는 주어진 조건하에서 粉碎 또는 粗碎時 岩石의 破碎 抵抗을 말한다. 이론적으로  $w_i$ 는 무한대 크기의 岩石 또는 실제 어떤 크기의 암석을 100 micron 크기 篩에서 80%가 통과하도록 1 $\text{\$}$ 을 분쇄하는데 소요되는 動力 kwh 를 의미한다. 일반 岩石이나 鑛石을 정상 분쇄할 때  $w_i$ 값은 평균 13이지만, 破碎가 용이한 岩石은 7에서 難破碎性일 때는 26 정도까지 범위가 넓으며 비능률적인 運轉을 함으로써  $w_i$ 의 값은 50%까지 증가될 수 있다.

$F$  micron 크기에서 80%가 통과되는 size 를  $P$  micron 크기에서 80% 통과되도록 1 $\text{\$}$ 을 粉碎하는데 필요한 動力 kwh 즉  $w_i$ 는 다음 방정식으로 계산한다.

$$w_i = w / \left( \frac{10}{\sqrt{P}} - \frac{10}{\sqrt{F}} \right)$$

위의 방정식을 이항하면 入力  $w$ 는 다음 方程式이 된다.

$$w = \frac{10w_i}{\sqrt{P}} - \frac{10w_i}{\sqrt{F}}$$

### III.

시멘트 粉碎時 밀 回路內 循環량을 조절함은 대단히 중요한 것으로 대개 밀 投入 New Feed 의 300~450%로 한다. 循環率이 높으면 충분히 粉碎된 微粒子가 밀로 再投入되어 微粉碎되므로 動力消費가 많아지고 막히는 現狀이 일어나며 粗粒은 Ball 과 接觸面이 적어져 粉碎性이 저하되고 Ball 에 Coating 이 증가하며 Grinding Additives 가 필요하게 되는 바 비경제적이다. 또한 시멘트는 微粉末의 Dust 와 같이 微粉碎되고 밀 Discharge 의 온도가 上昇된다.

Air Separator 또는 다른 分級裝置의 효율이란 Separator 投入量과 Separator 에서 分級되는 微粒子量間의 百分比를 말한다. Air Separator 의 效率는 濕式 Separator 보다 일반적으로 효율이 낮으며 乾式에서는 微粉이 상당량 밀로 再循環되기 때문에 효율은 저하된다. 효율을 저하시키는 요인은 Fan blade 의 마모 또는 破損, 불균일 배치, Air leakage 또는 冷却用으로 Air 添加, Air flow 의 변경 등에 原因된다. 微粉碎코자 할 때는 Blade 數를 증가시켜야 하며 Blade 의 振動 또는 밀림을 방지하기 위해 대칭으로 설치한다. Blade 數는 經驗에 의해 결정하며 blade 數가 부적당하면 Separator 의 效率이 저하된다. Bond Work Index 를 정기적으로 또는 빈번히 변경함은 粉碎能率이 감소됨을 의미하며 대개 Separator 의 기능이 不良할 때 야기된다. 粉碎性 향상을 기하고자 閉回路 밀을 點檢한다면 대부분이 Air Separator 點檢補正일 것이다. Air Separator 設計方式은 지난 50여년간 Diameter 를 증대시키는 것 이외에 별 변화가 없으며 Diameter 를 증대시킴으로써 단위당 能率은 저하되고 있음이 분명하다. Air Separator 研究時 누구나 技術資料가 缺乏되어 있음을 느끼는 바 Separator 의 設計 技術은 상당히 낙후되어 있는 것 같다.

시멘트 粉碎에서 정확한 循環량과 능율을 측정할 때 어려운 점이 많다. 200~325mesh 이하로 size 를 결정할 때 Bond 方程式으로 정확을 기하

기 위해서는 補外法이 필요하다.

$M$ =Separator feed or Mill discharge의  
passing mesh size (%)

$S$ =Separator product or fines의  
passing mesh size (%)

$T$ =Separator over or tailing의  
passing mesh size (%)

라고 하면 종전에 사용하던 方程式은 다음과 같다.

$$\text{Circ. Load (\%)} = 100(S-M)/(M-T)$$

$$\text{Efficiency (\%)} = \frac{10,000(S-M)(M-T)}{M(100-M)(S-T)}$$

상기 方程式의 정확도는 篩試驗의 正密度에 따라 좌우되며 325 mesh 計算値가 200 mesh 計算値보다는 정확하다. 이 방정식과 Bond의 방정식은 200 mesh 크기에서 80%가 passing 되도록 일반 원료를 粉碎할 때 적합한 방정식이다. 325 mesh에서 95%가 passing 되는 size로 시멘트를 분쇄할 때 上記 方程式은 거의 무의미하다. 왜냐하면 試料採取와 篩試驗下에서 불가피한 조그마한 誤差가 방정식의 형태에서는 誇張되므로 循環率과 效率은 거의 대등하게 나타난다. 325 mesh 이상의 微粉篩試驗을 할 경우 循環量과 효율은 다음 방법으로 측정해야 한다.

좋은 방법은 循環率을 實測하는 것이다. 시간당 生産率( $T/h$  or  $\text{Barrel/h}$ )은 대개 알고 있으므로 밀 再投入量을 계산으로 측정하여 정확한 循環量을 구할 수 있다. 만약 Belt로 再投入된다면 Belt를 정지시켜 일정 距離의 양을 實測할 수 있다. 대부분의 경우와 같이 Elevator로 재 투입된다면 Discharge Chute 옆에 Flap gate를 설치하여 15~30초 동안의 吐出量을 유출시켜 계량할 수 있다.

간단하고 실용적인 방법으로 Elevator 모터의 動力을 측정한다. 모터에 걸리는 kw에서 空轉時的 kw를 減하고 1.34 및 33,000ft lb/min를 곱해 주고 Elevator 높이(ft)로 나누면 分當 引揚되는 시멘트량을 Pound로 나타낸다. 이러한 방식으로 구한 引揚量을 Bucket數로 나누어 Bucket當 引揚量을 알 수 있으며 Bucket當 容量과 비교하여 積載率도 검토되며 시간당 引揚량도 계산된다. 시간당 引揚量을 시간당 생산량도

로 나누면 정확한 循環率이 된다. 分當 引揚量과 充填量은 회전계로 계산할 수도 있는데 회전계는 밤에 관찰함이 좋다.

#### IV.

Ball Mill로 乾原料를 微粉粉碎할 때 原料粉末이 Ball이나 Liner의 표면에 부착하며 Coating을 형성하여 媒體의 衝擊力을 감소시키고 粉碎活動을 저해시키는 경향이 종종 있다. 이러한 문제점은 아직 분명히 규명하지 못하고 있다. 微粉粉碎할수록 Coating 현상은 증가되며 水分이 0.2% 이상되면 또한 Coating 생성이 조장된다. 軟質이 石英과 같은 硬質보다 Coating 生成도가 높다. Coating을 감소시키기 위해 Carbon 性分の 긴 Chain을 少量 투입하기도 한다. Coating은 靜電氣 때문에 형성된다고 하며 鋼球表面과 분말 사이에는 電位差가 생겨 Ball에 粉末이 부착된다고 한다. 그러나 電荷를 측정할 결과 Coating 정도 현상과 일치하지 않으며 이 이론에는 결정적인 근거가 없다. 민감한 진공관식 Volt meter가 밀 胴體와 原料間의 電位差 측정에 이용된다고 하나 필자는 이러한 시험에 대해 아는 바 없다. 이러한 과학적 연구는 推測에 불과할 것이다.

Ball Coating에 관한 筆者의 의견은 다음과 같은 이유로서 주로 기계적인 과정에서 생성되는 것 같다. 건조한 粉碎用 Ball을 깨끗이 닦고 현미경으로 관찰하면 표면에는 약 3~4micron 정도의 넓이와 깊이로 굵히고 파인 자국이 있다. 試驗室 粉碎用으로 표면이 깨끗한 Ball Bearing을 사용하면 분쇄가 잘 되지 않는다. 몇시간 동안 모래를 갈아 Bearing의 표면이 꺼칠꺼칠한 뒤에는 분수가 잘 된다. 閉回路 시멘트 밀에서  $\frac{3}{4}$  인치 Ball에 형성되는 Coating에 대해 시험을 했다. Coating의 두께는  $\frac{2}{32}$  인치였으며 Coating을 層別로 제거하여 顯微鏡 檢査와 化學分析을 하였다. 外殼 Coating은 밀에서 배출되는 微粉 시멘트 粉末과 Size나 성분이 거의 똑 같았으며 內部層 Coating은 粉子가 더 곱고 Silica 性분이 적었다. Steel Ball홈에 끼인 Coating을

石油로 洗滌하여 분석한 결과 Size 는 5 micron 이하이고, 50%가 석고였다.

Coating 은 鋼球가 軟한 석고를 충격할 때 鋼球의 홈이나 패인 곳에 石膏가 끼게 되고 이 石膏 Coating 을 기반으로 하여 연속적으로 粗粒子の Coating 이 부착되는 것 같다. Coating 을 방지하기 위해 Coating 방지제로서 炭素分子를 鋼球 표면에 부착시켜 鋼球의 표면 접촉이 원활하도록 油性組織을 형성시켜 준다. 수년 전에는 Coating 이 심한 Mill Feed 物에 有煙炭을 혼입 하였던 바 효과가 있었으나 일시적 효과 뿐이었다. 아주 乾燥시킨 石英을 분쇄할 때는 Coating 생성이 없으며 Steel Ball 은 원활하고 油性組織을 띤다. 50%의 硝酸을 소량 밀에 투입하면 Coating 과 Dust 가 감소되었으며 시멘트는 상당히 유동적으로 순환되는 것 같았다. Barrel 당  $\frac{1}{2}$  온스를 투입하면 만족한 결과를 나타내며 20 온스를 투입하면 유동성이 월등히 증가되었다.

Coating 을 억제하는 가장 실제적인 방법중 하나는 Mill Feed 物中 粗粒을 증가시키는 것이다. 효율이 좋은 Separator 로 循環量을 증가시켜 주면 Coating 이 형성된다 하여도 바로 제거되는 경향이 있다. 開回路 밀로 粉砕하던 때는 Ball Coating 문제는 심각한 것이었다. 乾式 粉砕에서 Ball Coating 이 경제적인 면에서 큰 영향을 미치지 않는지만 기계적 效率를 감소시킨다. Coating 은 Ball 의 마모를 감소시키지만 때로는 Coating 에 의한 粉砕性 저하로 증가되는 電力費 보다 Ball 마모 감소액이 더 경제적인 때도 있다.

## V.

岩石 破砕는 鑛石採掘, 콘크리트의 移用, 道路建設 등 기타에 필요 불가결한 중요 산업 工程中的 하나이다. 초기 인류의 발전은 岩石破砕와 加工이었으며 原始時代의 돌도끼로부터 현대의 原子力 原料 우라늄 抽出에 이르기까지 Rock working 이 基本作業이다.

Rock work 裝備가 개발되고 있으나 아직 완벽한 것은 아니며 계속 연구 개선되고 있다. 가장 간단한 岩石 處理方法은 壓縮力로 均열을

만들고 깨뜨리는 것으로 이 방법에 대해서는 이론적 實驗이나 수학적 解析이 없으며 作業過程中 均열을 기하는 외에 특기할 것은 없다. 破砕性 岩石은 크라샤나 밀에서 岩石強度 이상의 압력을 가하면 脆弱部分에 Crack(균열)이 생기며 확대되고 2차적인 Crack 이 형성되며 수개의 편으로 破砕된다. 初期 Crack 이 형성되면 약간의 入力만 가해도 약화된 均열이 破砕되며 대부분의 入力は 熱로 변환된다.

變換熱은 破砕가 이루어지는 면에 나타나며 만약 壓力로 均열 생성 과정을 거치지 않고 岩石을 破砕시킨다면 Energy Cost 는 均열과정의 破砕에 비해 1% 정도면 破砕가 가능할 것이다. 岩石 破砕時 Energy 가 主 Cost 이므로 Cost 를 낮추기 위해 새로운 破砕原理를 연구해야 할 것이다.

1867년 Rittinger 氏는 Energy 와 破砕와의 관련성을 「일의 量은 새로운 破砕面이 생성되는 정도에 따라 변화된다」고 설명했다. 이에 관한 연구는 1世紀前부터 시작되었지만 아직 해답을 못 찾고 있다. 1885년에 Kick 는 「일(Work)은 破砕되는 물체의 體積減少量과 비례한다」고 했으며 이 이론에 대해서는 후에도 논의가 계속되었다. Rittinger 는 톤당 所要入力は 粒子의 직경에 반비례한다고 했다. 반면 Kick 는 「量的 代數值, 즉 공급물의 直徑/產物의 직경의 代數值와 정비례한다」고 했다. 위의 두 이론은 供給物이나 產物의 직경이 너무 多樣하기 때문에 試驗室 試驗으로 증명할 수 없으나 종전의 이론보다는 훨씬 진보적이다.

많은 시험과 연구 결과 1951년에 필자는 「入力は 產物의 直徑에서 供給物의 直徑을 감한 平方根에 逆比例한다」고 발표했다. 近似值 相對 粒子 직경 측정 방법으로 產物과 供給物 粒子는 80%가 통과되는 micron 크기의 直徑을 채택했다. 筆者의 이론에 의하면 入力は Rittinger 가 주장한 새로 형성된 破砕面보다는 均열(Crack Tip)의 길이에 따라 변화된다. Crack Tip 의 길이도 직접 측정할 수는 없다. 위의 필자의 이론을 Bond third theory work index equation 이라고 하며 실제 널리 이용되고 있다. 筆者의 이론은 다양한

物質과 조건에서도 일치하는 결과를 나타낸다. 그러나 筆者의 이론도 岩石 破碎에 관한 완성된 수학적 발전을 기한 것은 아니다. 그 첫째 이유는 80%를 pass 시킨다는 粒子 크기란 概略值이기 때문이다. 정확한 이론은 粒子 크기의 덧셈인데 실용하기란 거의 불가능했으나 오늘날 Computer의 출현으로 활용 전망성이 밝혀졌다. 최근 粉碎에 관한 연구로 다음 3種의 一般原理가 定立되어 앞으로 분쇄 연구에 더욱 도움이 될 것이다.

1. 모든 粗碎 또는 粉碎產物은 產物의 크기에 따라 어떠한 入力 또는 Energy 보유량을 나타낸다.

所要 Energy = 產物의 Energy 保有量  
- 공급물의 Energy 보유량

이 원리는 명백하며 Work index(일의指數)로 설명이 된다. 이 원리는 粉碎方式이 발전된다 하여도 有用性이 있음에도 試驗室 시험과 解析에서는 무시되어 있었다.

2. 일의 量은 새로이 형성된 Crack Tip의 길이에 정비례 하며 또는 產物粒子 直徑에서 공급물의 粒子直徑을 減한 값의 平方根에 역비례한다. Work index 방정식은 원리 1, 2를 만족시키며 粉碎方法이 발전된다 하여도 이용성이 있을 것이다. 그러나 새로운 粉碎方法이란 이들의 상호 관계를 증명해야 할 것인바 이용성을 確信할 수는 없다.

3. 岩石은 초기의 Crack, 結晶面, 形成過程, 堆積形態, 內部結晶置換, 부분적인 脆弱性 등으로 대단히 복잡한 바 어떠한 粉碎方法이든 岩石의 복잡·不均一性에 의해 일의 量은 변화된다. 위와 같은 異質構造를 粉碎時 수학적으로 해석한다는 것은 지극히 어렵다. 균열을 粉碎에 활용하여 低能率의 粉碎工程을 개선하는 새로운 粉碎방식을 연구해야 할 것이다.

## M.

岩石은 硬質의 地殼物質로서 취급하기가 어려우며 때로는 위험성도 있다. 암석을 취급해 보면 암석이 무엇이며 특성이 어떠한 것을 알 수

있으나 암석의 構造는 간단하지가 않다. 먼저 기초적인 岩石構造를 설명해 보도록 하자.

암석은  $SiO_2$ ,  $CaCO_3$ 와 같은 無機質 鑛物의 複合物로서 無機質은 Si, O, Ca, C 등 元素로 이루어진다.

元素의 原子에는 固有電子가 있으며 電子는 지극히 미소한 粒子로 波狀特性이 있고 陰電荷를 띠고 있다. 電子는 陽子와 中性子의 주위를 돌고 있으며 陽子와 中性子의 質量은 자기 電子 質量의 1.836배나 된다.

陽子의 수와 電子의 수는 같으며 陽子는 電子 陰電荷量과 同量의 陽電荷를 띠고 있다.

中性子는 電荷가 없지만 磁氣的 회전을 하며 陽子와 質量이 같다. 水素元素를 제외하고는 陽子와 中性子의 質量이 거의 原子質量이다. 水素는 가장 간단한 元素로서 1개의 陽子와 1개의 中性子로 이루어져 있다. 따라서 原子番號는 1이고 質量은 1.008이다.

原子番號 2는 Helium이며 2개의 陽子, 中性子, 電子로 이루어져 있고 質量은 4.0026이다. 水素 폭발과 太陽熱의 供給源인 太陽 폭발은 4개의 水素原子가 결합하여 1개의 Helium 原子로 될 때 質量 差異量 즉 4개의 水素原子量  $1.008 \times 4 = 4.032$ 가 原子量 4.0026인 Helium 으로 되는 바  $4.032 - 4.0026 = 0.029$ 가 質量減少되며 차이 質量 0.029는 Energy 로 變化되고 발생되는 Energy 는 Einstein의 方程式  $E=mc^2$ 으로 계산된다.

發生 Energy 는 질량에 光速의 제곱을 곱한 막대한 Energy 이므로 化學反應 또는 전쟁터나 광산에서 폭발 폭발시 발생하는 Energy 와는 비교가 안된다. 가장 안정된 元素는 原子番號 26인 鐵이다.

原子番號 26에 가까운 元素일수록 안정하여 Energy 變換用으로는 利用價値가 없는 元素다. 그러므로 가장 불안정한 原子番號는 1이며 가장 가벼운 水素를 무거운 元素로 또는 原子番號 92 Uranium 과 같은 무거운 元素를 가벼운 元素로 변환시켜 막대한 Energy 를 얻는다.

元素가 결합될 때는 原子價(Valence)를 결정해 주는 가장 外廓의 불안정한 電子가 他 原子와

結合하며 安定한 電子 排列을 한다.

酸素는 原子番號 8, 原子量 16.000, -2價로서 岩石의 1/2, 물의 8/9, 공기의 1/5 이상, 人體의 2/3 이상이 酸素로서 가장 많은 元素다.

두번째로 많은 元素는 原子番號 14, 原子量 28.086, 4價인 Si(Silicon)으로서 地殼의 1/4이 Si 元素다. Silicon 은  $O_2$  와 결합하여  $SiO_2$  가 되며 地殼의 3/4이  $SiO_2$  다.  $SiO_2$  는 石英이지만 다른 원소와 결합하여 무수한 硅酸鹽物質이 된다. 硅酸鹽은 炭酸鹽과 같이 主岩石 構成物質로 대부분 不純物로 간주된다.

이와 같은 物質構成 概要는 세계적으로 異議 없이 과학적인 사실로서 인정되고 있다. 그러나 최근에 대단히 놀라운 사실이 관찰되었으며 이를 體係中에 있다. 1932년에 지극히 짧은 순간적으로 활동하는 粒子 Positron(陽電子)이란 것을 발견했다. Positron 은 電子와 質量이 같으나 電子가 陰電荷를 띠는 대신 陽電荷를 띤다. 그 후 1955년에 陽子(Proton)와 質量이 같으나 陽자가 陽電荷를 띠는 대신 陰電荷를 띠는 불안정한 粒子를 발견했는데 이것을 Antiproton(反陽子) 이라고 부른다. 다음 해에 電荷를 띠지 않고 中性子(Neutron)와 비슷하나 磁氣回轉方向이 中性子와 反對方向인 Antineutron(反中性微子)이 발견되었다.

이와 같은 反要素 粒子들 즉 Positron(陽電子) Antiproton(反陽子) Antineutron(反中性微子) 이 불안정 상태일지라도 Electron(電子), Proton(陽子), Neutron(中性子)이 原子를 구성하는 것처럼 이들 3反要素 粒子도 결합한다면 이론적으로 普通物質과 구별할 수 없는 새로운 물질이 생성될 것 같이 생각되나 실은 전혀 반대이다. 이러한 反要素 粒子로 구성된다는 새로운 假想物質을 Antimatter 라 부른다. Antimatter 를 이해하기 위해서는 우선 岩石이나 다른 물질의 基礎現狀을 이해해야 한다.

Positron(陽電子)과 Electron(電子)이 만나면 兩者는 破壞되며 폭발 Energy가 발생한다. 또한 Antiproton(反陽子)과 Proton(陽子)이 만날 때 그리고 Antineutron(反中性微子)과 Neutron(中性子)이 만날 때도 둘다 破壞되며 폭발 Energy가 발생된다.

그렇다면 Electron, Proton, Neutron 이 결합된 Matter와 Antimatter가 충돌하면 역시 서로 파괴되며 原子 또는 핵폭발보다도 월등히 많은 Energy를 發生하게 될 것이다. 그러나 Antimatter가 존재하리라는 假想은 종전으로 翻復되고 있으며 널리 알려지지 않고 있다.

다음에는 Antimatter에 관해 생각해 보기로 한다.

謹 賀 新 年

◎ ◎ ◎ ◎

韓國洋灰工業協會