

粗碎와 粉碎에 관한 研究(中)

俞 圭 在 譯

<韓一시멘트 企劃監査室係長>

VII.

지난 호에서는 物質의 3가지 基本粒子 즉 陰電荷를 띠는 電子(electron)와 陽電荷를 띠는 陽子(proton) 및 中性인 中性子(neutron)에 대해 설명했으며 이들이 多樣한 結合을 하여 우주상의 여러 物質을 형성하는 여러 元素가 된다고 했다. 가장 많은 元素가 酸素며 둘째로 많은 것이 硅素로서 地球物質의 3/4이 酸素와 硅素라고 했다.

酸素와 硅素는 同一數의 電子·陽子·中性子로 구성되어 있으나 地球物質中 세번째로 많은 알루미늄(aluminium)은 中性子が 하나 더 많다. 많은 元素들이 알루미늄과 같이 例外的 中性子 1個가 더 많은 경우가 있으며 中性子 1個가 더 많아짐으로써 原子量은 原子番號보다 2배 이상이 된다.

電子와 同一質量이나 陽電荷를 띠는 positron과 陽子와 同一質量이지만 陰電荷를 띠는 antiproton과 中性자와 同質量이나 磁氣回轉方向이 中性자와 반대인 antineutron이 최근에 발견되었음은 지난 호에 밝혔다.

이들 positron, antiproton, antineutron은 보통 物質을 형성하는 原子의 electron, proton, neutron과는 정반대의 성질이며 불안정하나 反對粒子和 충돌할 때 서로 파괴되며 막대한 energy를 발생한다고 했다.

理論적으로 反物體粒子 positron, antiproton, antineutron을 결합시켜 보통 우주 物質(electr-

on, proton, neutron 構成物質)과 大差 없는 antimatter의 原子를 형성할 수 있을 것 같으나 이들은 서로 만나면 파괴되며 상상할 수 없을 만큼 많은 energy를 발생하기 때문에 antimatter의 原子로 결합시킬 수 없다. 더 진전된 推論으로서 우주상의 ordinary matter와 antimatter의 量은 同一質量이 존재하여 兩者가 지나는 反對電荷量도 同量이므로 서로 中性電荷로 변하기 때문에 안정하게 되는 것이라고 推論할 수 있을 것이며 이것이 우주의 基本法則 또는 基本條件인 것 같다고 推理할 수도 있다.

自然現象에서 物質이 한가지 형태로만 존재해야만 한다는 이론적인 이유는 없다. 따라서 우주의 균형을 관찰하면 할수록 신비로운 조화와 질서에 경탄하며 ordinary matter와 antimatter가 同量으로 존재한다고 믿어진다. 이러한 假說을 증명하기 위해서는 광범위하게 推理하고 일반적인 자료와 근거로 입증되어야 하며 아직 우리 세대가 규명치 못한 큰 문제중의 하나다. 또한 이 문제에 관한 研究發表 또한 희귀하다.

거대한 우주는 분산되었던 物質의 집합 또는 응결체로서 相互 振動하고 변화하는 實體라고 假定해 볼 수도 있다. 우주는 한계가 있으며 同量의 antimatter로 구성된 어떤 實體로 둘러 싸여 있거나 均衡되어 있을 수도 있다.

ordinary matter와 antimatter로 분리되지 않은 순수한 energy가 海水中에 존재하고 있는 것처럼 균형된 우주 체제에도 순수 energy가 존재한다고 믿을 수 있을 것이다. antimatter가 우리 주위에서는 불안정한 것처럼 antimatter univer-

se 내에서는 ordinary matter 가 불안정할 것이다.

antimatter 와 ordinary matter 간의 상호 反作用 때문에 原子내에서 電子와 陽子が 서로 충돌하지 않고 分離狀態로 공존하는 것처럼 antimatter 와 ordinary matter 도 서로 分離된 상태에서 진동하고 충돌과 破壞現狀이 나타나지 않을 것 같다.

시간이란 우리들 주위와 내부에서 振動하고 변화하는 과정이다. 시간은 지구의 公轉과 自轉으로 측정되며 축소된 형태로서는 原子의 振動에 의해서도 측정될 수 있다. 外界에 관해 더득한 知識은 거의가 天體에서 발산되는 光線の 光子에 의해 알게 된 것이다. 지구상에서 光線의 속도는 radio 電波와 같이 186,272 마일/sec이다. 外界의 境界는 대략 지구로부터 10억光年 거리이고 1光年의 거리는 6×10^{12} 마일 거리이다. 먼 天體에서 오는 光線の 分光線은 天體의 거리에 비례하여 지구상의 光線分光 現狀보다 항상 赤色 또는 波長이 긴쪽으로 방향이 변화된다.

光速이 일정하다는 假定下에서 이러한 分光 現狀으로 우주는 계속 膨脹된다고 설명되며 반면 大衝突 이론은 신뢰하기가 곤란하다.

그러나 우주는 antimatter 와 균형을 이룬다는 假定은 分光 現狀과 부합된다. 그러므로 光速은 우주내의 energy 전달 속도며 光速은 우주 外殼으로 갈수록 감소되고 우주 경계에 달하면 光速은 0(zero)이 된다고 설명된다. 이러한 이론은 赤色分光과 우주 경계 부근에서 최근에 발견된 quarsars 라고 命名된 惑星으로도 설명된다.

光速이 zero 가 되는 우주 경계에서는 시간 개념이 없으며 인류의 現哲學은 인식할 수 없을 것이고 시간 개념은 충돌 파괴가 없는 영원한 우주의 진동 그 자체뿐일 것이다. 이러한 현상은 우주의 끝 부분에 限定되며 거기에서는 과거와 미래가 없고 科學的으로 시간에 관계 없이 영원한 實在 개념이 있을 것이다. antimatter 로 균형된 우주에서 시간에 대응하는 개념을 상상한다면 우리는 놀라지 않을 수 없을 것이다.

아마 그 세계는 현우주상의 세계와는 正反對로 시간은 미래에서 과거로 흐르고 우주상의 振動體制와 같은 충돌 폭발 방지 체제가 없다면

ordinary matter 와 antimatter 는 衝突破壞되며 방대한 energy 폭발을 피할 수 없을 것이다. 여하튼 antimatter 의 존재가 인정된다면 人類의 哲學·종교 기타 여러가지 현상에 큰 변화를 주게 될 것이며 또한 世代間, 人類間, 國家間의 利己的인 사상에도 영향을 미칠 것이다.

VIII.

岩石 研究中에도 막연한 것은 地球의 역사에 관한 점이다. 地殼의 岩石은 지구의 역사를 연구하는데 가장 긴요한 자료로 堆積地層으로 山岳地形의 erosion(削剝) 過程 및 해안선의 形成過程을 순서적으로 설명할 수 있으며 動植物의 化石으로 年代 關係를 推定할 수 있다. 氷河는 U形 溪谷과 氷河가 운반하던 堆石을 남기고 地表熔岩과 火成起源灌入 形狀으로 火山活動狀況을 알 수 있다.

斷層 및 置換現狀으로 과거에 地震이 있었음을 알 수 있고 熱水鑛脈과 鑛床으로 地下에서 높은 압력과 熱水作用에 의해 鑛物濃縮作用이 있었음을 알 수 있다. 放射性 元素의 含有率 분석으로 岩石의 연륜은 年單位까지 推定할 수 있다. 이러한 방식으로 달 표면의 岩石을 分析한 결과 달 表面의 암석은 지구에서 가장 오래된 岩石과 年代가 같음을 알게 되었다. 岩石 연구가 없다면 지구에 관한 知識은 지극히 貧弱할 것이다.

이러한 지식은 시간과 관계되어 있으며 복잡하고 이해가 쉽지 않다. 시간은 錘의 振動 또는 운동이며 물체의 面은 이러한 振動과 변화를 증명한다. 모든 것은 복잡한 變化가 進行中에 있으며 永遠性이란 있을 수 없다. 인류는 時間測定方式으로 지구의 自轉과 公轉을 測定單位로 選擇하고 이를 다시 細分하여 시간의 표준으로 삼고 있다. 시간은 物質存在를 구성하며 振動變化中에 있는 것이다. 공간이란 이러한 振動變化를 단순히 延長시킨 것이다. 岩石原子나 分子의 振動, 人體의 心臟振動 및 일생이란 單位時間에서부터 天體의 旋回運動까지 시간이란 존재의 母體이며 基本인 것이다. 시간이 끝나면 모든 물체는 無存在로 될 것이다.

「時間은 振動이다」라고 말할 때 振動은 무엇

이나고 질문을 받는다. 이에 대해 深思熟考한 답변은 그대로 「振動이다」라고 답하는 것이 적당한 답일 것이다. 無意味한 답변 같지만 우리가 아는 가장 微少한 粒子 즉 陽子·電子·中性子로부터 太陽系 우주에까지 모두가 물질적으로 振動하고있다. 質量·體積等 物體의 특성은 그 物體 粒子의 振動에 의하며 振動이 중지된다면 物體의 특성도 없어진다. 時間振動이 없다면 우리가 認識하는 존재는 더 이상 느낄 수가 없을 것이다.

가장 보편적인 空間의 개념은 3次元의 공간과 4次元의 시간으로 표현하는데 錯誤를 일으키기 쉽다. 시간이 기본적인 것이면 공간은 느린 速度에서 光速까지의 범위로 空間을 橫斷하는데 걸리는 시간으로 측정된다. 3次元의 空間은 線과 面을 90°로 配列하는 宇宙의 표현이다. 우리에게 時間意識이란 물줄기가 끊임 없이 그러나 끝이 없이 계속 흐르는 것처럼 현재에서 과거 속으로 흐르는 것처럼 생각될 것이다. 시간은 우리 周圍 宇宙의 振動體制內에 있으며 宇宙 끝에서는 振動이 없을 것이다.

antimatter 로 둘러싸인 또는 접해 있는 宇宙에서 時間概念은 지구상에서의 시간 概念과 판이하게 다를 것이다. 그러한 時間概念을 이해하기는 곤란할 것이나 地球上의 概念과는 正反對일 것이다. matter 와 antimatter 가 만나면 상호 消滅되므로 人類는 다만 상상만 할 수 있다. 두 物體의 파괴를 방지하고 保全시켜 주는 것은 각 物體의 振動 때문이다. 自然界의 振動은 陰電荷와 陽電荷의 균형에 의해 持續되고 있음을 自然界 現象에서 알 수 있다.

모든 物體는 慣性에 의해 복잡한 振動體制가 保持되며 오랜 기간 振動週期가 지나면 결국 分解 현상이 일어난다. 이러한 현상은 岩石에서 부터 人體까지 모두 포함된다. 모든 生命體는 matter system, antimatter system 과 energy 母體를 포함하는 假說上の 實體의 일부분임이 틀림 없다. 과거는 되돌아 올 수 없으며 記憶 이외에는 존재하지 않는다. 아무리 잘 보존된 遺物 또는 박물관에 보관된 化石이라도 엄밀한 의미로는 현재의 상태만 존재하는 것이다. 回生은 불가능한 것이며 과거의 生命은 非生命體를 의미한다.

IX

岩石 處理過程에 아직도 不明瞭한 難題는 破碎 岩의 粒子分布 문제다. 적합한 粒度分布方程式이 있다면 粉碎의 여러가지 중요 문제를 다스 해결할 수 있을 텐데 아직 滿足스럽게 粒子分布를 규명치 못하고 있다. 이러한 점을 감안하면 수학적으로만 규명코자 하면 안된다고 생각된다. 粒子方程式을 찾기 위해 부단히 試圖했지만 모두가 실패였다. 지금까지의 研究結果는 粒度分布性向만 알 수 있는 정도다. 粒度分布 基礎方程式에서 篩通過量 y 는 粒度 x 에 正比例한다. 즉 $y=x$ 이며 이 式을 微分하면 $dy/dx=1$ 이 된다.

이와 같이 1" 篩에서 1lb 가 통과된다면 1/2" 篩에서는 1/2lb 가, 1/4" 篩에서는 기울기 1:1인 직선이 된다. 그러나 極限值를 제거하기 위해 $\log y = \log x$ 또는 $y=10x$ 를 이용해 log-log plotting paper 에 1" 때 1lb 通過 0.1" 때 1/10 lb 通過點을 plotting 하면 직선의 기울기는 1:1로 균일한 직선으로 나타나며 무한히 크고 작은 한계까지의 관계를 알 수 있다. 이 방정식에서 篩를 통과하는 粒子의 수는 粒子 크기의 3乘에 逆比例함을 알 수 있다.

실제 試驗에서 극한을 upper-size 極限值이다. 基礎方程式에서는 極限變數函數로 취할 수 있으며 100에 대한 重量比 또는 百分比로도 變形表現될 수 있다. 變數方程式을 plot 하여 曲線을 그리면 基礎方程式의 직선과 upper-size 極限水平線에 접하게 된다. 이외에도 硬岩 및 軟岩은 粉碎混合할 때 適用하는 變數, 균일한 size 또는 제한된 size 를 粉碎할 때 적용하는 變數 등 몇가지의 變數를 구하여 이용할 수 있다. 篩試驗에서 적용하는 變數表現方式을 발전시켰지만 誤差의 원인을 해석하고 誤差를 測定할 수 있는 變數表現方式은 아직 만족할 수 없는 상태다. 變數를 해석하였던 바 特定粒度分布에서 基礎直線과 偏差原因이 되는 變數 값이 나타났다. 즉 篩試驗 결과를 散點하면 여러가지 粉碎條件에 관한 자료가 나타난다. 이러한 자료를 신속히 분석함으로써 粉碎效率 향상에 발전을 기하게 되었다. 그러나 분석방법으로서 確率적으로 해석함은 거의

무의미한 것 같다. 필자의 의견으로는 數學的으로 極限變數를 誘導하여 基礎方程式에 적용하는 것이 여러 면으로 이점이 있을 것 같다.

X.

數個月 전부터 岩石의 基本性質에 관해 연구하기 시작했다. 岩石에는 시간의 흐름에 따라 변화가 잘 보전되어 있으므로 시간을 먼저 연구하고 다음으로 物質構成 즉 電子·陽子·中性子에 관해 조사하였다. 이러한 연구와 調查結果 positron, antiproton, antineutron으로 구성되는 antimatter에 대한 개념이 인식되었으며 ordinary matter particles(陽子·電子·中性子)과 類似한 antimatter particles 발견은 새로운 과학의 신비임을 알게 되었다. 大自然을 깊이 연구하면 결국은 인류가 이해 못한 未知의 신비 즉 ether(靈氣宇宙媒體)에 접하게 된다. 단순하다고 생각했던 것을 깊이 연구하면 결코 단순한 것만은 아니다. 만약 ether가 존재한다면 岩石은 물론 모든 宇宙森羅萬象은 근본적으로 ether인 것이다.

모든 존재는 한가지 基本物質로 구성되어 있다는 생각은 이미 옛날의 생각이다. B. C 500年頃に 처음으로 ether에 대해 Bhagavad-Gita에 언급이 있었으며 옛날 그리스인과 일부 思想家들도 ether와 비슷한 것을 생각했었다. 1638년에 Rene Descartes는 「아무것도 없는 無의 空間 遠距離에서 활동이란 불가능하다. 즉 어떠한 것을 전달하기 위해서는 接觸이 필요하다」고 과학적 견지에서 발표 했다. Issac Newton은 光子의 素粒子 이론을 主唱하였음에도 重力을 힘이라고 설명하면서 Rene Descartes의 주장을 排擊하지 않았다. Newton은 中間媒體가 없이는 어떤 물체에 다른 物體를 작용시킬 수 없다고 했다. 數學者 Leonard Euler는 ether中에서 光線은 空氣中에서 음향과 같다고 200년 전에 발표했다.

1887년 유명한 Michelson-Morley 試驗으로 ether 理論上의 의문점이 일부 해소되었다. 太陽周圍를 운동하는 지구 軌道方向에 직각으로 회전하는 거울에서 反射시킨 光線은 運動方向의 동일 길이의 反射光線과 대비된다. 여러번 再試驗

과로 光速은 兩쪽 方向 다 同一速度이고 地球運動時 ether의 작용이 없었음을 나타내었다. 光速으로 운동하는 물체는 獨立體에서 볼 때 길이가 없는 것으로 이는 Michelson-Morley의 試驗結果로 설명된다.

假想 ether는 實體(substance)로서 특성이 있고 ether에서 분리된 2次的인 實體와는 상이할 것이다. ether의 特性中 중요한 것은 自然의 不變性和 ether中 放射狀 186,280 마일/sec의 일정 光速이며, 光速은 wire中 電氣速度와 같고 이 속도를 ether 常數라고 부른다. ether은 速度나 流動性이 없으나 ether은 測定裝置나 被測定物에 동일하게 존재하며 測定値는 다른 測定値와 비교 표현되어야 한다. 거리와 시간은 物質特性으로 물질이 없는 곳에는 振動도 시간도 존재하지 않는다. 거리와 시간이란 물질의 특성은 ether 常數의 의미로 해석되어야 한다. Oliver Lodge는 ether은 停止狀態의 實體로서 내부에서 旋回運動을 하는 것이라고 말했다.

Michelson-Morley의 試驗 結果는 ether내에서 관찰한 光速은 觀測者의 相對運動에 영향 받지 않음을 나타냈다. 이 결과는 分光現象과는 일치하지 않으나 Michelson-Morley가 ether의 존재를 反證한 것은 아니며 다만 遠距離 存在物을 측정하기가 어려운 문제임을 나타냈을 뿐이다. Michelson-Morley의 이론에 기초하여 Albert Einstein은 60여년 전에 Newton의 萬有引力 대신 相對性 原理를 발전시켰고 重力과 加速度는 구별할 수 없다고 말했다. 相對性原理에서는 物質의 存在가 空間(ether?)을 설명한다. 어떻게 無存在(nothingness)로 설명될 수 있으나 하는 점은 이해하기가 쉽지 않다.

Einstein 이전에는 모든 權威者들이 ether의 존재를 믿었으나 einstein 이후 ether 存在는 의문시되고 있다. 그러나 ether 存在理論은 다소 발전과 체계를 이루었다. 無存在가 어떻게 힘과 放射線 波長을 전달할 수 있는가는 아직 설명되지 못하고 있다. ether는 어느 곳이나 存在하고 分離되지 않으므로 存在의 증명 또는 反證이 어려운가 보다. ether내에 존재하는 물질은 일시적 또는 영원한 ether 物質內에서 일시적으로 滑動 소용돌이하는 것과 같이 振動하는 振動體에

불과한 것이다. ether가 존재하지 않는다고 가정하면 自然現象을 설명할 때 많은 문제점이 야기된다.

XI.

crushing과 grinding에 관한 필자가 誘導한 公式를 증명코자 한다. 신설할 crushing과 grinding 施設檢討方式과 기존 시설의 能率比較 검토 방법도 증명한다. 方程式과 參考 table 및 그라프와 參考文獻도 제시했다. 그외에도 필자가 제시하고 싶은 자료가 많으나 요점만 다루고 主要資料만 제시했다. rock working이 인류의 가장 오래된 産業活動이었으며 農業보다 100만 년 이전에 시작 되었다고 했다. 그러나 최근에 와서는 理論 및 基礎原理 규명 등 미급한 점이 있기 때문에 他産業보다 발전도가 뒤떨어지고 있다.

가장 오래된 粉碎理論은 1867년에 발표한 Rittinger의 이론으로 「粉碎時 새로 生成된 被粉碎物 표면은 粉碎에 소용된 入力과 정비례한다」고 했으며 이 理論은 아직도 지지를 받고있다. 直徑(d)이 균일한 粒子 1톤의 表面積은 $\frac{1}{d}$ 과 비례한다. 그러나 新表面을 생성하는데 필요한 入力は 粉碎用入力の 1/1,000 정도만 表面生成에 이용되는 것으로 측정되었다. 나머지 入力は 대부분 熱로 變換된다.

第2의 이론은 1885년에 Kick가 발표한 粉碎理論으로서 「粉碎時 所用된 入力は 粒子의 體積減少에 비례한다」고 했다. feed particle의 直徑을 f라 하고 産物の 直徑을 p라고 하면 體積減少比 $R_s = f/p$ 가 되며 噸當 所要入力は $\log R_s / \log 2$ 에 비례한다고 발표했다.

위의 兩理論은 實粉碎時 일치하지 않으므로 필자가 研究試驗後 1951년에 第3의 粉碎理論을 발표했다. 第3理論은 「入力は 粒子 破碎時 생성되는 균열(crack tip)의 길이에 비례하며 産物の 作業量에서 供給物の 作業량을 減한 作業量과 같다」. 대등한 粒子일 때 균열의 길이는 表面積의 $\sqrt{\frac{1}{2}}$ 값과 비슷하며 균열의 길이는 $1/p - 1/f$ 에 비례한다.

실제로 계산을 하기 위해 産物の 80%가 통

과하는 size(micron)를 p라 하고 供給物の 80%가 통과하는 size를 f라 하며 噸當 入力を w(kwh)라고 하면 第3理論의 基礎方程式은

$$w = \frac{10wi}{\sqrt{p}} - \frac{10wi}{\sqrt{f}} \dots \dots \dots \textcircled{1}$$

단 wi: work index(일의 指數)

work index는 분쇄變數로 粗碎·粉碎에 대한 物質의 저항을 나타낸다. 수자로 표시하면 「work index는 이론상으로 무한한 크기의 粒子를 100 μm를 80% 通過(200 mesh 篩를 약 67% 通過하는 粒度程度)하는 粒度로 粉碎할 때 1噸當 필요한 動力 kwh이다」.

方程式 ①을 移項하면

$$wi = w \left(\frac{10}{\sqrt{p}} - \frac{10}{\sqrt{f}} \right) \dots \dots \dots \textcircled{2}$$

$$p = \left(\frac{10wi\sqrt{f}}{w\sqrt{f} + 10wi} \right)^2 \dots \dots \dots \textcircled{3}$$

入力 watt-seconds/gr(또는 joules)는 $3.97 w$ 와 同一하다.

被粉碎物이 同質이라면 wi의 값은 일정할 것이다. 그러나 岩石은 잡다한 異質構造를 이루므로 同質이란 있을 수 없다. 예로서 岩石은 破碎되기 쉬운 結晶體가 있으며 그 結晶體 이상의 粒度로 粉碎하면 結晶體 粒度로 粉碎할 때보다 入力は 훨씬 증가된다. 48 mesh 크기의 結晶體로 형성하게 形成된 砂石을 48 mesh 이하 粗粒 粉碎에 비해 48 mesh 이상 微粒으로 분쇄할 때 wi의 값은 높다. 환언하면 供給物の 結晶粒度 分布線의 傾斜가 변화되면 wi의 分布線도 따라서 변화된다.

粉碎機의 능율은 運轉條件에도 영향을 받는다. 예로서 14 mesh에서 80% 통과되는 鑛石을 200 mesh에서 80% 통과되도록 粉碎할 때는 3" 이상 ball보다는 $1\frac{1}{2}$ " ball을 사용할 때 運轉 wi의 값은 낮다. 岩石은 대부분 結晶性 작용에 의해 結晶體로 되어 있는데 小型鋼球粉碎은 이러한 미소한 結晶을 분쇄할 때 유익하다. 移項公式 ②로 運轉 wi를 실제 粉碎工程에서 계산하여 粉碎能率, 工場別能率比較, 동류의 岩石을 粉碎하는 他工場과의 能率을 비교할 수 있다. wi는 新施設의 크기 및 容量 決定時에도 큰 참고가 된다.

XII.

粉碎에서 일의指數(w_i)方程式과粉碎機의容量 및動力計算基礎에 관해서는 이미 설명했다. 이제岩石破碎와粉碎에 관한基本原理를 고찰한다.破碎現狀은粉碎資料檢討時 유용한指針이 되는 다음의 3가지基本原理로 고찰된다.

첫째,原理로 feed particle 은 어떤 energy 를保有(energy register)하고 있으며 入力은粉碎에 作用되므로 feed particle 保有 energy 와 合해져 產物의 保有 energy (energy register of product)가 된다. 모든 energy 는 이 조건을 다음과 같이 만족시킨다.

入力=產物의 保有 energy—feed particle 의 保有 energy, 일의指數方程式은 short ton 當 kwh 로 표시되며 위의 原理와 부합된다. w_i 는 100 μ m 를 80% 통과하도록 분쇄할 때 產物이 保有하는 energy 인 것이다.粉碎資料 分析時 feeding 할 때 소요된 energy 를 무시한다면 第1의 原理와 모순되며 상이한 供給物의 공급이나 產物에 관한 計算値는 틀린 값을 얻게 된다. 이러한 이론은 분명함에도 때로는 研究報告書에서 이러한 점을 도외시하고 발표하는 경우가 있다.

둘째, 原理로 入力은 產物에 새로 생성된 均열의 길이에 비례한다.被粉碎物은 應력을 흡수하여 壓縮力과 剪斷力에 의해 脆弱部分에 均열이 형성된 후 破碎된다. 이때 흡수한 應力은 대부분 熱로 變換된다.破碎에 필요한 應力은 均열의 길이에 비례한다. 均열의 길이는 產物에 새로 생성된 表面積의 平方根에 비례하므로 入力은 일의指數方程式 ①에서 產物의 直徑平方根에서 供給物의 直徑平方根을 감한 값에 반비례한다.粗碎機와 粉碎機는 機械力으로 분쇄를 촉진시키며 機械力을 應力과 熱로 變換시키는 장치라고 할 수 있다. 入力은 均열의 길이 또는 新表面積의 平方根에 따라 변화되기 때문에 入力은 表面積에서부터 최초의 動力까지 계산되지 않아야 한다.

保有 energy (energy register)란 應力과 같이

被粉碎物에 전달된 energy 와 熱損失, 마찰 또는 他原因에 의해 손실되는 specific energy 를 의미한다. 그러나 물체가 保有하는 energy 量과 일치하는 것은 아니다.岩石破碎時 유효일의 尺度가 되는 均열의 길이는 直接測定이 불가능하나 실제로 表面積의 1/2 平方根은 均열의 길이와 대등하다. 表面積 測定에는 상당한 誤差가 있으나 대체로 表面積 測定方法으로 入力의 기준을 삼고 있다. 이 방법을 채택할 때 第1原理에 따라 feed size 를 감해 주면 第2原理가 증명된다.

第3原理는 粒子의 脆弱部分과 관련된 원리로서 脆弱部分이란 粒子의 구조적 脆弱狀態로서 應力이 작용되면 均열로 변화되는 구조를 말한다.脆弱部分(f/aw)은 破碎性 物體에는 항상 존재하며 應력을 가하면 여러 형태의 均열로 변한다. 粒子內 最弱 脆弱 정도에 의해 破碎應力이 결정되며 또한 破碎정도와의 긴밀한 관계가 있는 것이다. 脆弱粒子가 쉽게 破碎되며 細分破碎가 이루어진다. 또한 분쇄에서도 脆弱構造가 있는 경우 粉碎는 용이할 수 있다.

일의指數 w_i 는全體粒子의 平均 脆弱構造 상태에 영향을 받으나 最弱 脆弱 程度에 따라 영향을 받는 것은 아니다.

상이한 產物粒度로 粉碎時 w_i 값의 변화는 脆弱部分의 集結 또는 稀貴에 따라 영향을 받는다.粉碎產物의 自然結晶分布로 脆弱構造의 윤곽을 알 수 있다.

第3의 原理는 아직 완전히 설명할 수 없으나 crushing 과 grinding 은 一次的으로 岩石의 脆弱構造(flaw structure)에 영향을 받으며 또한 岩石의 性分造成 形成狀態 冷却 鑛物含有度 地質 年代 기타 요인에 의해서도 영향을 받는다. 岩石은 지극히 다양한 物體이므로 破碎 data가 항상 일치할 수는 없다. 그러나 오랜 기간의 運轉平均値는 정확한 것이며 sampling 을 정확히 많이 採取하여 얻은 資料는 일치하게 된다.

밀 運轉資料가 少量 sample 分析으로 얻은 資料보다 정확한 것인바 元素運轉 data 에 유의해야 한다.