

自動 試料採取

崔 準 烘

〈星信洋灰工業(株) 丹陽工場 鑛業部〉

1. 序 論

集合原料로부터 代表値가 될 수 있는 分析値를 얻기 위한 試料採取方法에 대해서는 여러 각도에서의 研究實績이 있으나 실제 現場에서의 特殊性 등 제반 조건이 고려되지 못한 理論에만 치우쳐 있기 때문에 現實性이 희박하다. 간혹 可能性이 비교적 높은 研究實績이 있기는 하나 原料品位가 各國別로 상당한 차이가 있고 또한 適用鑛物마다 다른 특징을 가지고 있으므로 어느 한 研究結果를 직접 적용하기는 불가능하다. 그러나 대체적으로 이러한 研究論文들 가운데는 代表値로서의 品位를 알기 위한 試料採取方式에는 차이가 있으나 그 原理는 同一하다고 볼 수 있다. 本稿는 시멘트 製造 工程上 原料 및 副原料의 시료채취부터 시료조제까지의 技術的인 考察을 다루었다.

2. 品質管理의 一般的인 要件

原料의 品位과약은 製品의 品質을 결정하는 필수적 요건이다. 가장 이상적인 評價法은 全量 採取가 되겠지만 이는 현실적으로 불가능하므로 통상 임의의 시료를 채취, 調劑, 分析의 3段階를 거쳐 評價하게 된다. 이 중 채취, 조제 단계를 소홀히 하면 分析 오차보다 훨씬 큰 誤謬를 범하게 되기 때문에 代表値를 얻기 위해서는 代表試料採取가 따라야 하며 시료채취 또한 正確性이 부여되어야

할 것이다. 이를 위해서는 人爲性을 排除할 수 있는 기계적이고 自動式으로서 그 效率과 信賴度가 높아야 함은 물론 기존 설비와도 조화를 이루어 기능을 최대한 발휘할 수 있어야 한다.

3. 試料 採取 및 調製의 基本公式

大量의 原料중에는 그 粒度나 品位가 매우 불균일하므로 代表試料는 가능한 한 많이 채취하는 것이 보다 代表値에 가까울 수 있으며 이에 많은 시간과 경비가 소요된다. 그러므로 시료채취 횟수는 原料의 量과 粒보기 비중, 粒子 등 原料의 特性에 따라 적절히 調整하여야 하며 채취·조제의 시료는 單位 試料가 될 때까지의 代表試料로서 유지되어야 한다. 이를테면 시료의 水分含有量은 品位측정의 부정확을 야기시키는 요인이 되는 즉 原料와 시료간의 自然발생적 量的인 차이는 가급적 적게 하는 것이 중요한 사항인 바 이를 위해서는 고도의 기술이 필요하다. 예를 들면 10g의 시료가 10만톤의 代表試料가 되어야 하기 때문이다.

일반적으로 채취기나 조제기의 기계적 이상이나 이상 작동에 의해 나타나는 오차는 분석기기의 이상에 의해 나타나는 오차보다 크기 때문에 이의 선택과 배치가 중요하며 이를 바른 순서에 따라 사용해야만 균일한 품위의 시료를 채취할 수 있다. 시료채취에 있어서 積置시켜 놓은 試料群에서 代表試料를 채취하는 방법은 표면에 한정적인 시료만 취하게 되기 때문에 벨트컨베이어상의 이송중인 原料를 가로

〈表-1〉

구분	移送物에 대한 최저 시료수			
	50톤이하	50~150톤	150~500톤	500~1000톤
1차 파쇄된 炭	5회	10톤당 1회	16회	16회
原 炭	10회	10톤당 2회	32회	32회
연 탄(기타)	10회	10톤당 2회	32회	32회
코	20% 이상	4회	50톤당 4회	30회
크	20% 이하	4회	50톤당 4회	30회
스	分級코크스	8회	50톤당 8회	45회
				75회

질러 채취하는 방법이 이상적일 것이다. 대표시료는 매회 개별 채취된 여러개의 단순채취시료가 모아진 것으로서 시료수는 측정코자하는 분석치의 分散 크기와 원료량에 의해 결정된다.

분산이 큰 시료에 있어서는 그 시료의 대표시료 한가지 이상의 분석치를 미리 알수 있다면 어느 정도의 시료를 취해야 하는 지가 결정될 수 있다. 각종 고체 연료의 대상물량에 따른 적합한 시료수가 DIN 51701 2장(〈表-1〉)에 나타나 있다. 예로서 고체 연료의 회분에 있어서 회분이 20% 이하 일때의 최대 편차는 1/10이고, 회분이 20% 이상일 때의 최대절 대치는 2%가 된다.

벨트컨베이어에 의해 1만톤/hr 이상 이송되는 원료에서의 채취수는 다음 식을 적용한다.

$$n = 32 \sqrt{\frac{\text{全物量}}{1\text{만톤(이상)}}$$

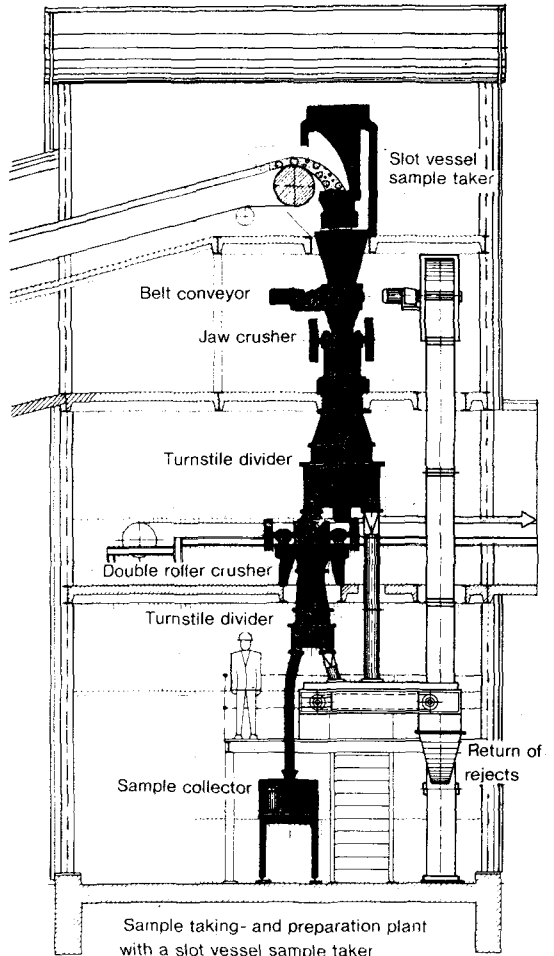
오차를 더욱 축소시키고자 할 때는 〈表-1〉에서의 채취수를 더 늘리면 된다. 즉 〈表-1〉은 최저 채취 수로서 실제로는 이보다 더 많은 채취수가 되도록 하는 것이 좋다. 채취 주기와 오차와의 관계 또한 DIN 51701에 나타나 있으며 〈表-1〉을 적용한 후 허용오차를 1/2로 줄이고자할 때는 채취수를 4배로 하고 대체로 원료처리시의 채취수를 결정할 때 윗 식을 적용한다.

현장에서 試料採取機를 설치코자 할 때는 원료 특성에 맞는 기기인가를 여러 관점에서 검토, 확인한 후 설치하여야 하며 誤差의 소지는 항상 존재한다는 인식이 선행되어야 한다. 오차를 극소화하기 위해서는 매회 개별시료에서의 오차를 최소화하는 것이 최선의 방법이다.

동일한 원료라 해도 수분과 鑛物組成分布가 다양하기 때문에 차이가 생기게 마련이며 수분 또한 채취로부터 조제까지의 과정에서 항상 감소하게 되는 바 이는 기기선택의 중요성을 강조한다.

4. 採取機 및 調製設備의 설계에 관한 一般的 法則

시료채취는 벨트컨베이어상의 全斷面이 채취될 수 있도록 全幅, 全深度를 취하여야 하며 일정한 시간 또는 양을 기준으로 하여 채취하는데 주로 시간을 기준으로 하는 경우가 많다. 채취기의 slot(시료가 채취되는 홈) 幅은 입자 최대크기(sieve 잔량이 5%일 때의 입자 크기)의 3배 이상이 되어야 하



〈그림-1〉 Slot sample taker

며 일정하게 이송되는 精粉原料에 대한 slot 幅은 30mm 이상이 되어야 한다. 대부분의 채취기는 벨트 컨베이어에서 일정속도로서 낙하되는 원료를 취하도록 설계되어 있으며 속도는 0.6m/sec 이하이다. 분석할 시료를 수집하기 위한 개별 시료량과 채취수는 試料採取機, 破碎機, 分離機 그리고 주변機器의 크기와 용량을 결정하는 요인이 된다.

개별 시료량은 다음 式으로 산출한다.

$$G = \frac{L \times S}{V \times 3,600}$$

여기서 G = 개별(매회) 시료무게 (kg)

L = 시간당 이송 원료량 (t/hr)

V = 원료 이송 속도 (m/sec)

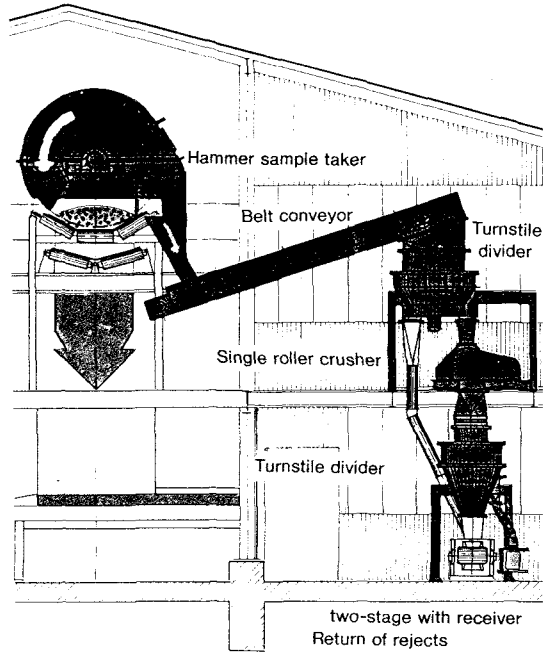
S = 벨트컨베이어상의 채취폭 (m)

예를 들어 精粉炭을 벨트컨베이어로 이송할 때의 채취량이 7l로 계산되었을 경우 시료채취기의 용량은 10l 정도의 것을 선택하여 시료가 넘쳐 손실되지 않도록 하여야 한다.

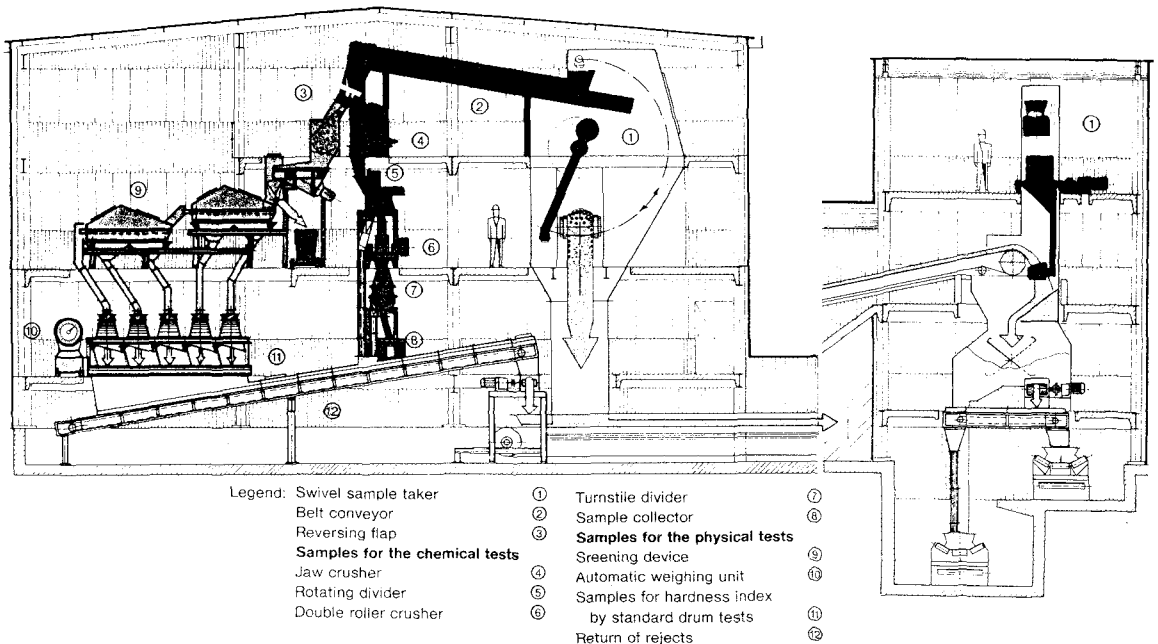
시료는 분리기를 통과하면 量的인 감소가 따른다. 예로서 시료에 적합치 않은 기기가 사용되면 원심분리 효과로 수분이 감소하게 되므로 분리대는 최소 규정량 이상 유지될 수 있어야 한다.

최소 규정량은 다음 식으로 산출할 수 있다.

$$M = 0.03 \times p \times d^3$$



<그림-2> Hammer sample taker



<그림-3> Swivel sample taker

여기서 M : 최소 규정량 (kg)

p : 용량 (t/m³)

d : 입자의 최대크기 (cm)

또한 최소량은 150g 이상이 되어야 하며 분리후 양이 너무 적으면 안되므로 매회 채취시에 조절된 양이 채취되어 충분한 結合試料을 얻을 수 있는 調製法이 필요하다. 또한 입자가 크면 분리단계 이전에 크기를 줄여야 한다. 시료가 채취나 조제과정에서 넘치거나 기기의 결합으로 손실되어서는 안되고 각 장치가 독립적으로 설치되지 않도록 一體化시켜 효율을 높이는 것도 중요하다.

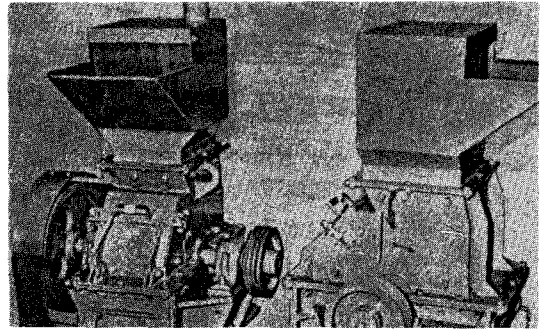
5. 試料採取 및 調製器機 構成品

1) 試料採取機 (<그림-1>~<그림-3>)

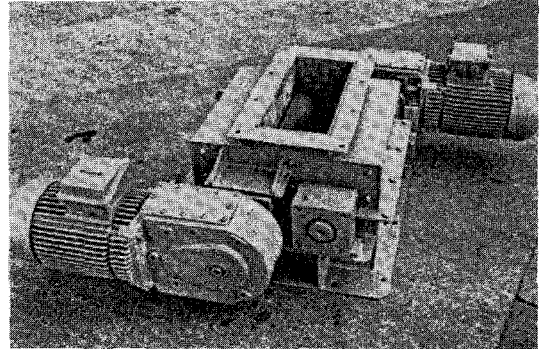
시료채취 이하 구성품은 각각의 전문성이 부여되어 있다. 채취기는 slot vessel 원리(홈이 뚫려 있는 용기에 담는 방법)에 기초를 두고 있다. vessel은 이송 방향에 직각으로 홈이 나 있으며 홈의 폭은 이송 원료의 전폭을 수용할 수 있게 되어 있다. 통상 vessel은 원추형으로 vialever, buffer, gear 등에 의해 작동되며 이송 낙하하는 원료에 수평이나 직각 위치에서 레일을 체인으로 왕복 시킬 때 시료가 vessel에 채워진 후 vessel 한쪽으로 빠져나와 슈트로 들어간다. cross 채취가 적당치 않으면 slot 채취기를 바켓 엘리베이터처럼 벨트컨베이어 head 전면에 설치하는 방법도 있다. 이때는 vessel에 채워진 시료가 상부로 운반된다.

특히 swivel 채취기는 벨트컨베이어 head전면에 설치, 채취 vessel이 수직분원을 움직이며 시료를 채취한다. 원료량이 많을 경우 slot 채취기를 이용, 원료 이송방향을 바꾸는 슈트로 사용할 수 있다. bin 이나 silo 인출구에서의 시료채취는 원료가 상하로 쌓여 있기 때문에 한정적이라 할 수 있다. 이러한 경우는 sprial 채취기를 사용하게 되는데 나선형 slot가 내장된 관체가 외부 고정 slot가 있는 관체를 회전하면서 sprial로 시료를 인출하며 외부 slot 관체는 내부 관체의 slot와 부분적으로 노출되게 하여 sprial에 시료가 過投入 되는 것을 방지하게 된다.

시료를 흐트러 떨어뜨려 채취하는 햄머 채취기의



Hammer mill



Double roller crusher

<그림-4> Crusher

vessel은 이송벨트 위에 고정 설치되며 vessel의 속도는 4~10m/sec이다. 이것이 전형적인 slot 채취기로서 slot 채취기에서는 원료가 작게 파쇄되어 조제되기 때문에 벨트나 기계에 무리를 주지 않아 8,000t/hr, 벨트폭 2.4m, 6m/sec 속도 이상인 대용량 채취기의 설치도 가능하다.

현장에서 사용되고 있는 채취기들은 대부분 그곳의 여건에 맞게 설계된 것으로서 제작사 모델 그대로 적용된 것은 드물다. 최근의 自動試料採取機는 분석에 필요한 양이 자동 分離될 수 있도록 장치를 갖추고 있는데 이는 手作業보다 오차를 최소로 줄일 수 있다.

2) 破碎機 · 分離機 (<그림-4>~<그림-5>)

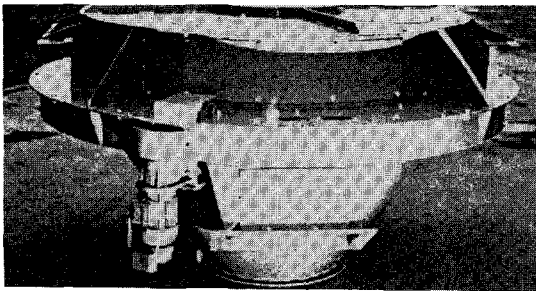
원료나 입자의 상태에 따라 破碎機는 Hammer mill, Double 또는 Single roller crusher, Cone crusher 등이며 분석시료의 粒子分布는 시료의 강도에 따라 변하는 바 분석실의 精粉밀에 의해 시료가 연속 조제·분석될 수 있는 입자 크기는 0.2mm

이하이다. 대체로 破碎는 roller crusher를 많이 사용한다. 분사식 연소방식에서 사용되는 粉炭을 파쇄할 때 hammer mill과 roller mill에서의 수분 함량차는 1% 이상 차이가 발생한다.

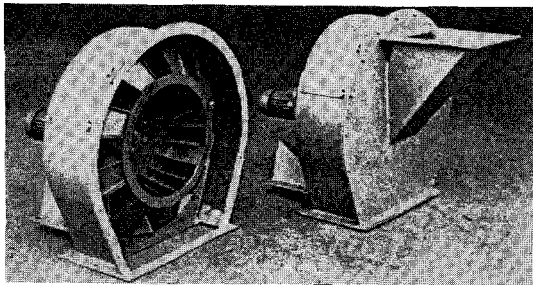
分離機도 원료특성에 맞는 적합한 것으로 선택되어야 한다. 代表値가 분리되기 위한 기본은 slot 크기가 입자 크기의 3배 이상, 최대 벨트 속도는 0.6m/sec, 시료량은 분석량의 6배 이상이 되어야 한다. 2단 분리로 정확성을 기할 수 있으며 回轉分離機 사용시 1단 분리에서 固定分離率은 1:1~30이지만 wheel의 교체로 可變시킬 수 있다. 대량채취된 시료를 여러개의 회전분리기에 사용할 때의 분리율은 1:10~20으로서 구성품이 간단해 유지보수가 비교적 쉽다. 튜브형 분리기는 여러 주입조절기와 연결 사용가능하며 분리율은 1:5~50으로서 시료 입자에 따라 분리율이 좌우된다.

이 분리기는 건조하고 유출이 쉬운 시료에 적합하다. 이와 반대로 수분에 젖어 유출이 쉽지 않은 시료에는 Turn형 분리기가 보편적으로 사용된다. 이는 입자에 대한 sieve나 크기에 근거하여 제작하여야 하는데 平板분리기를 개량한 것으로서 분리율은 1:4~50 정도이다.

Shaft 분리기는 특히 거치른 시료에 맞도록 완전



Turnstile divider, large execution



Rotating divider

〈그림-5〉 각종 Divider

자동으로 설계되어 있다. 시료채취, 조제과정 등 어떠한 과정에서도 모든 형태의 시료 처리가 가능하기 때문에 현장에 알맞는 채취기를 선정하여 설치한다면 여러가지 문제를 해결할 수 있으며 더욱이 調製, 破碎, 分離, 分取 기능을 일체화시켜 분석시료량과 sieve 조정이 가능토록 했기 때문에 自動試料採取의 正確性和 經濟性を 특히 강조한 것이라 하겠다.

6. 試料採取機 設置에 따른 事前試驗

채취기는 설치하기 전에 먼저 시험 작동하여 결합 유무를 확인하여야 한다. 이를 위해서는 이전에 분석을 끝낸 시료를 표준시료로 하여 비교해 봄으로써 가능하며 이상이 없으면 완전히 설치한다. 두가지 이상 결합시료의 분석결과에서 얻어진 편차는 시료채취 혹은 조제과정에서의 결합 유무를 나타내며 어느 부위에서 기인된 것인가를 파악할 수 있는 지침이 된다. DIN 51701-5장은 표준시료에 의한 분석에서의 편차허용치를 알아볼 수 있는 표이다. 현재까지 자동 시료채취기에 대한 분석치와 원료요구성분간의 시험편차는 96%까지의 정확성이 있는 것으로 나타났다. 이 방법은 결합시료의 분석으로 가능한데 결합시료는 개별 시료가 동일 量과 동일 週期로 채취, 분리된 시료로 개별시료를 20개 이상 취하여야 데이터로서 활용 가능하며 이상 유무 판정은 DIN 51701에 기술되어 있다. 또한 이 시험 결과로서 代表値를 얻기 위해 필요한 시료량과 채취수를 파악할 수 있으므로 그 증감 필요성 여부를 결정지을 수 있다.

7. 結 論

지금까지의 내용이 品位에 대한 一般的 要件, 試料採取의 調製 공식, 원료의 특성에 적합한 자동시료채취기 및 調製機 그리고 그 構成品 또한 설치시의 사전점검 등에 관해 언급하였다. 適正品位의 관리와 원료에 대한 事前 品位 파악은 시멘트 생산공정상의 문제점을 해결하고 적정 기기의 이용으로 오차를 축소하여 나아가 品質向上에 기여하게 될 것으로 본다. ▲

〈資料 : Sieb technik〉