

技術資料

생형순환사의 품질평가

김 봉 원*, 이계완**

Quality Evaluation of Green System Sands

B. W. Kim*, K. W. Lee**

1. 서론

생형주물의 생산성은 조형의 자동화에 의하여 현저한 발전을 가져왔지만, 사용되는 순환사(system sand)의 품질은, 과거에 비하여 발전한 것은 아니며, 아직도 많은 문제점이 걸려있다. 때때로, 주물사의 부적합이 주탕불가 주형의 증가 및 구조 불량 발생을 초래하고, 생산성의 저하와 후처리 공수의 증대를 가져온다. 따라서, 조형라인의 가동율을 높이기 위하여도 순환사의 품질안정화는 급후의 큰 과제이다.

순환사에 의하여 일어나는 갖가지 문제점의 해석은 역시 설비 및 구조품을 포함한 라인 특성을 충분히 이해하는 것이고, 이에 의하여 우선적으로 순환사에 요구되는 품질 및 목표가 되어야 할 기준치의 설정이 가능하게 된다.

따라서, 순환사 사품질의 불안정 요인과 그의 양부의 판단에 필요한 평가기술에 대하여 설명한다.

2. 순환사의 품질변동

순환사(system sand)의 품질변동은 대부분이 용탕열에 의한 것이다. 따라서 순환사중의 여러가지 구성물질이 주탕시의 열부하에 대하여 어떠한 물리화학적 변화를 보여주는가를 미리 인식하지 않으면, 적절한 품질평가나 제어를 행하는 것은 무리다. 왜냐하면, 순환사의 조성변화는 주형사의 물리적 성질을 결정하는 수분과의 반응을 크게 바꾸어 버리기 때문이다.

자칫하면, 이제까지의 주물사관리는 불량대책

적인 색채가 강하고, 그때마다의 주형의 물리적 성질의 개선을 주안점으로 행하여 온 감이 있다. 따라서 대응하는 방법도 재료의 변경, 보급량의 증감에 의한 조정이 관리의 중심을 차지하여 왔다. 이와 같은 문제점 대 처지의 방법을 순환사의 변동진폭을 더더욱 크게하고, 반대로 안정화의 저해원인이 된다. 오히려, 순환사의 물리적성질의 변동이 어떤 것에 의하여 초래되었는가를 해명하는 쪽이 중요하다. 변동요인의 주된 것을 열거하면, 아래와 같다.

- 1) 용탕량과 주형사 중량비(금속/형사 비. metal ratio)
- 2) 주입온도
- 3) 형해체 까지의 시간(냉각시간)
- 4) 코어사 혼입량

여기에 열거된 항목은 어느것도 순환사의 구성 물질에 대한 열적영향인자(熱的影響因子)와 구성비와 관련된 것에 국한되고, 단순히 순환사의 물리적성질 만이 아니라 주물사 순환계통(sand system) 전체의 기능에도 관여하는 중요한 항목이다.

3. 순환사(system sand)중의 구성물질의 거동

순환사의 구성물질 및 구성비는 각 조형라인의 특성에 따라 다르지만, 개략적인 것을 설명하면, 그림 1과 같다.

이들 물질의 구성비와 사립에의 피복상태는 반드시 일정하지 않고, 순환계통에서는 조업조건에 따라서 끊임없이 변화하여, 물리적 성상의 불안정의 원인이 된다. 따라서, 이하에 순환사의 주된 구성재료의 가열에 의한 성질변화의 잔류형태(殘留形態)에 대하여 검토하기로 한다.

*중소기업진흥공단 금속실장

**한양대학교 금속과 교수

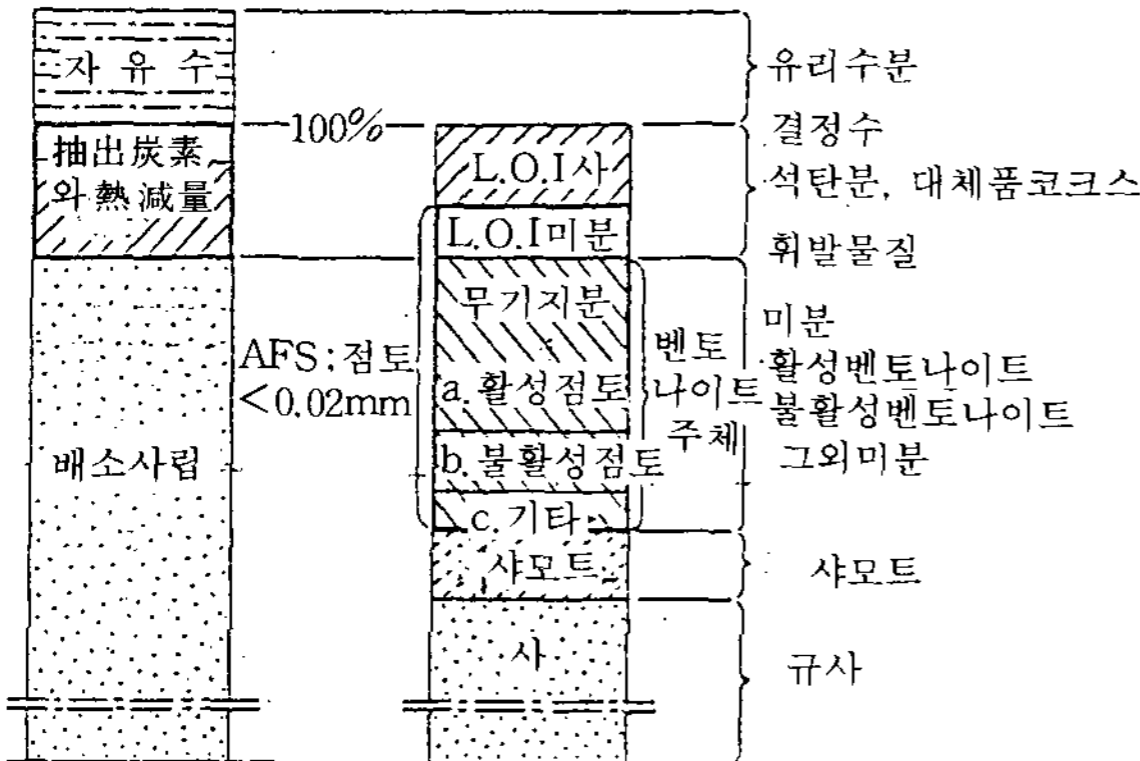


그림 1. 순환사의 구성물질의 구성비의 개념

3.1 벤토나이트의 소손(燒損)과 형태

순환사 중의 활성벤토나이트의 일부는 용탕열에 의하여 그의 점결력을 잃고, 불활성 점토(dead clay)로 잔류하든가 또는 사순환계의 밖으로 분진으로서 배출된다. 손모량(損耗量)은 통상 메틸렌블루(methylene blue)시험법에 의하여 구하여지며, 소손분에 해당하는 보급량을 산출할 수 있다. 소손율은 벤토나이트의 종류에 따라서 크게 다르지만, 그의 정도는 벤토나이트의 교환성 양이온의 질량으로부터 개략 추측할 수 있다. 소손영향은 $Na < Ca - Na < Ca$ 형의 순서를 보여주는 것은 일반상식으로 되었으며, 그림2¹⁾의 순환사중의 활성벤토나이트 함유량과 용탕 TON당의 소손량으로부터 적절한 보급량이나 경제적 효과를 알 수 있다.

첨가된 주형사중의 벤토나이트는 열부하의 대

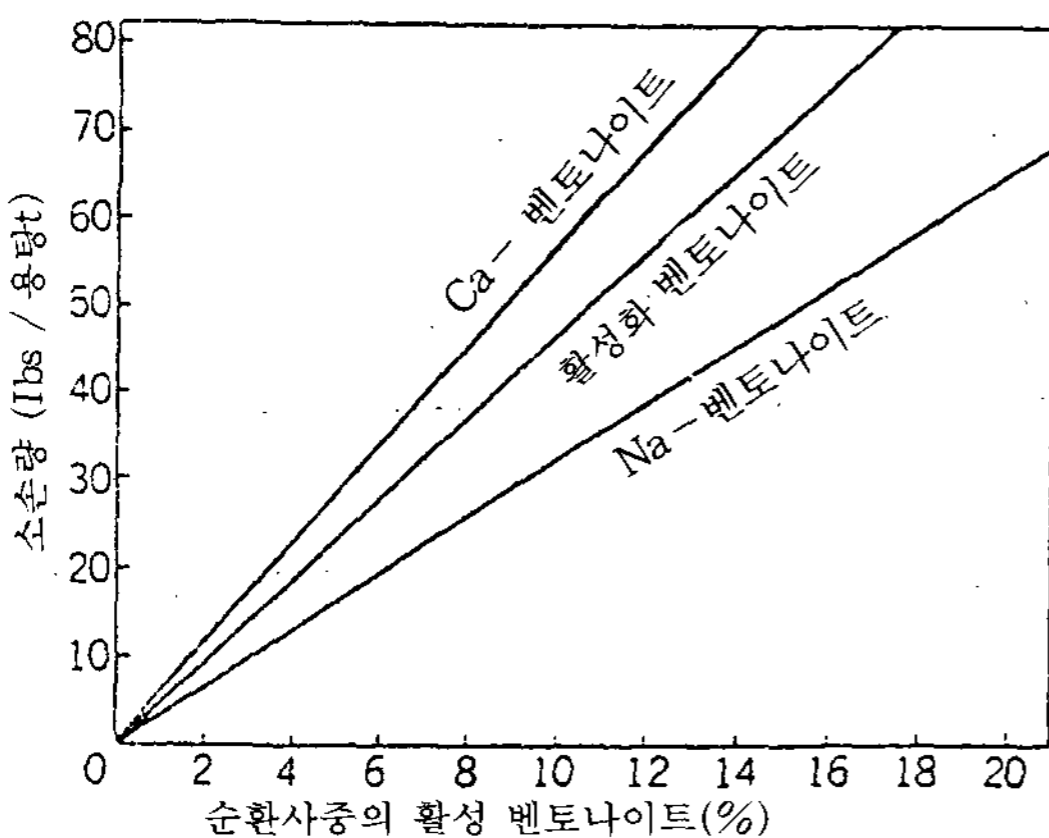


그림 2. 벤토나이트의 종류와 소손량 (M / S 일정)

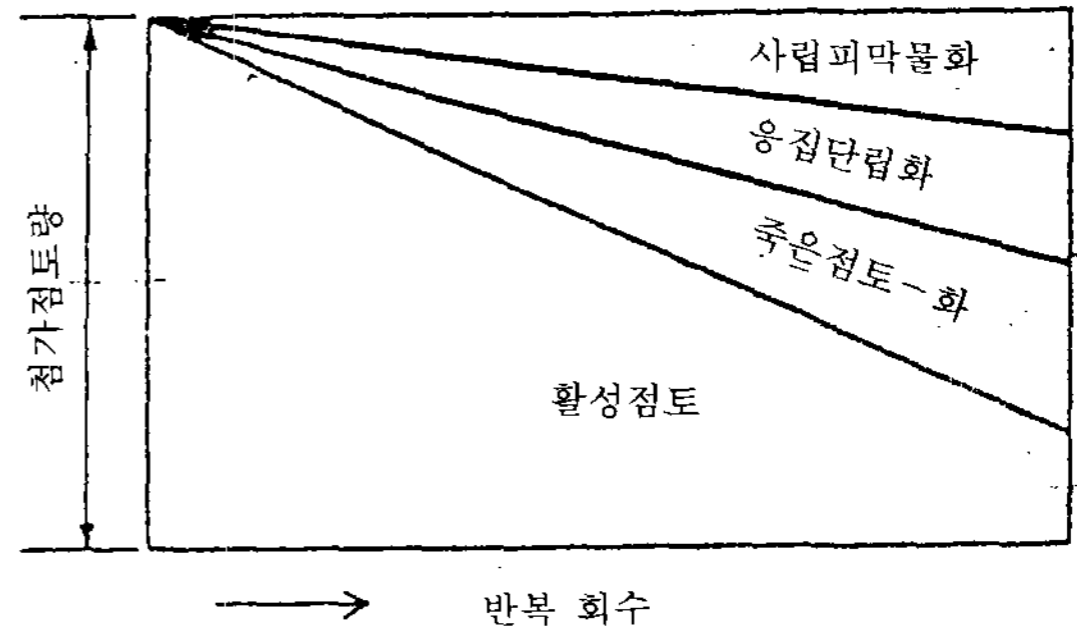


그림 3. 가열-혼련 사이클에 의한 형사중의 벤토나이트의 존재형태

소에 의하여 여러가지 형태로 순환사중에 잔류한다. 그림 3은 활성화처리 벤토나이트를 신사에 첨가하고 사와 금속의 중량비(Sand metal ratio) 6의 조건하에서 반복하여 주철을 주입한 경우의 벤토나이트의 형태변화를 도식으로 보여주는 것이다²⁾. 이 결과, 불활성 벤토나이트는 대략 3개의 형태로 변화하는 것을 알 수 있다. 즉, 미분으로 잔류하는 것, 죽은 점토(dead clay) 이들의 응집단립화물(凝集團粒化物) 및 사립표면과 반응하여 피막물(被膜物)을 형성하는 것으로 나눌 수 있다.

800°C이상으로 가열되는 벤토나이트는 그의 대부분이 사립표면에 고착한다. 그러므로 순환사를 평가하는 경우, 단순히 활성점토/전점토비 뿐만 아니라 불활성화한 벤토나이트의 잔류형태에 대하여도 충분한 주의가 필요하다. 여하간, 사용 벤토나이트중의 활성점토량이 명확하지 않으면 적절한 보급을 행하기는 곤란하다. 벤토나이트의 잔류형태는 열부하(s/m비, sand/metal ratio)의 영향은 물론이고, 주형해체후의 사처리방법에 따라서도 상당히 달라진다. 일반의 진동탈사기(shake out machine)와 냉각드럼(cooling drum)방식에서는 탈사방식이 다르므로, 순환사중의 미분의 거동도 당연히 달라진다. 최근의 냉각드럼은 순환사(system sand)의 순환을 원활하게 하므로 드럼출구에서의 회수사 수분이 극단으로 낮아지고, 이에 따라 집진기로 흡수되는 미분량도 많다.

한편, 주조품과 순환사(system sand)가 격렬하게 접촉하므로 응집단립화 및 적층피막(積層皮膜)의 진행은 비교적 원만하다. 사립자의 파쇄가 기구적(機構的)으로 일어나기 쉬우므로 사립분포(砂粒分布)의 감시를 태만히 해서는 안된다. 이와 같은 경향은 s/m비(특별히 두꺼운 주물)가 적고, 드럼 내의 잔류시간이 길수록 현저하다. 순환

사에 대한 열부하가 가혹(苛酷)한 경우는 적당히 살수(撒水) 하고, 사립에 대한 과도한 충격을 완화하도록 노력한다. 반대로 s/m가 높으면 냉각 드럼의 벽내에 주물사부착이 일어나기 쉽고, 모래 덩이가 주조품의 운송라인에 대량으로 흘러들어 가는 위험이 있으므로, 충전성(compactibility)을 낮추든가 습태강도를 약하게 하는 등의 대처방안이 필요하다.

3.2 석탄분, 기타 첨가물

순환사에 첨가되는 재료는 벤토나이트를 제외하고는 모두 유기물질이다. 이들은 용탕열에 의하여 분해, 연소를 반복하여 다양한 형태로 변하여 순환사중에 잔류한다. 일반적으로 쓰이는 석탄분은 석탄화도(石炭化度)의 탄소량(固定炭素)이 80~85%, 휘발분(揮發分)이 35~42%의 것이 많으나, 어느 것도 350°C전후에서 연화(軟化)한다. 그 이상의 고온에서는 유출분(溜出分, 즉 tar) 및 개스로 되고 잔사(殘渣)는 일부 코크스로되어 순환사중에 잔류한다. 이의 과열과정에서 주물표면의 향상에 큰 역할을 담당하고 있는 것이 주탕시에 발생하는 환원성개스와 사립간격에 존재하는 이들의 용융물이다.

휘발성 물질을 소실한 석탄분(주로 코크스)은 회분(灰分), 죽은 점토(dead clay)를 동반하여 사립표면에 응착하고 다공질피막을 형성한다. 일반적으로 말하는 변질벤토나이트(Oolitics)의 물질이 바로 그것이다.

따라서, 현재 많은 주물공장이 행하는 전탄소분의 측정치로부터 주물표면효과를 평가하는 것은 잘못된 것이다. 그림 4는 석탄분을 반복가열한 경

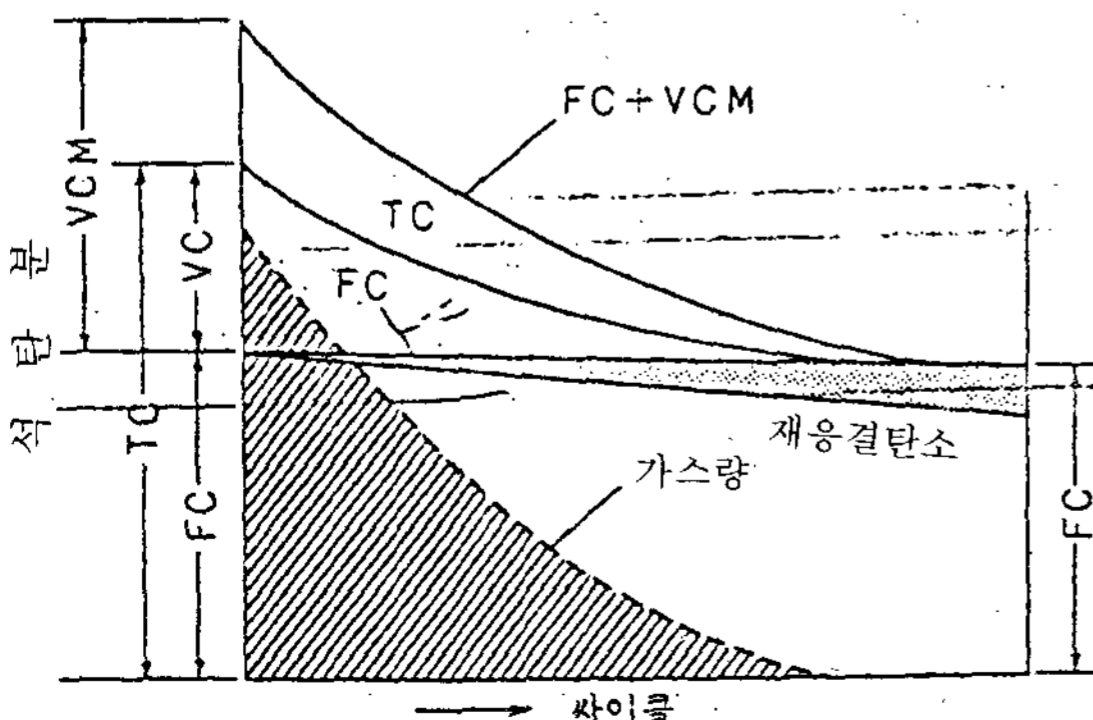


그림 4. 석탄분의 가열사이클에 의한 조성변화

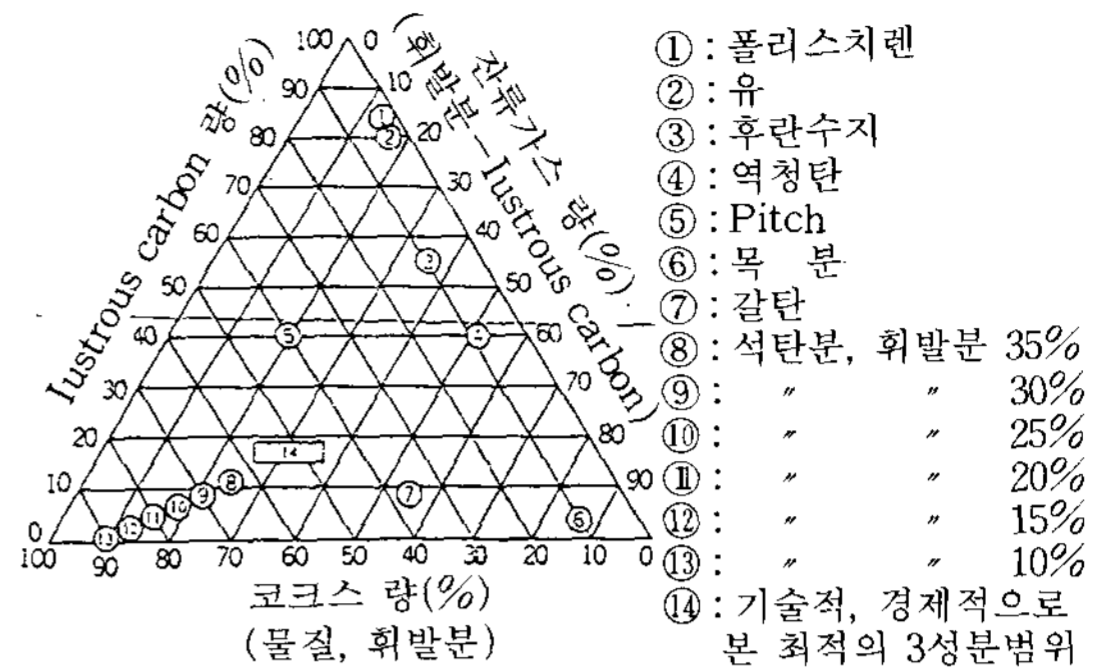


그림 5. 각종 탄소질의 조성 diagram

우의 조성변화를 보여주는 것으로, 주물표면의 거칠기는 그림 중의 개스발생량에 지극히 훌륭하게 비례한다.

최근, 석탄분을 대체하여 휘발분이 높고, 역시 광휘탄소(lustrous carbon)가 많이 발생하는 대체물이 널리 쓰이게 되었다. 이들 재료의 공통점은 순환사중에 잔사물질을 축적하지 않는 것이 특징을 이루며, 폴리스타이렌(polystyrene), 길소나이트(gilsonite)가 이에 속한다.

그림 5는 Bindernagel³⁾이 정리한 탄소질 물질의 조성도표로, 도표중 폴리스타이렌과 같이 연소 온도가 낮으면서 가스발생이 어느 온도구역에서 급격히 일어나는 재료는 다시말해 광휘탄소(lustrous carbon)의 생성량이 많아도 반드시 양호한 주물표면을 얻지는 못한다. 이점에서 길소나이트(gilsonite) 또는 기타의 천연물은 순화사중에서 비교적 석탄분과 유사한 거동을 보여주므로, 그의 장래성이 기대된다.

주물표면불량, 가스결함의 대책방안으로서 순환사의 작열감량(Loss of ignition)이나 전탄소량의 측정이 통상 행하여지지만, 무엇보다 순화사중에 함유되어 있는 전체 유기물량에 의한 관리를 추천하고싶다. 이 방법은 일정량의 순환사를 토루엔(toluene) 또는 벤젠(benzene)액으로 비등가열을 반복하여 유기물질의 추출(抽出)을 행하는 방법이다. 적당한 추출량은 s/m비, 주물표면 거칠기의 기준에 따르지만, 대략 0.3~0.5%를 목표로 한다.

순환사에 의한 문제점에서 항상 상위를 차지하는 것은 모래박힘, 찌김, 형떨어짐이다. 이들의 결함발생은 생형공장에서는 만성화되어 있어서, 이의 대책에 고심하고 있다. 결함원인의 파악이 곤란한 것도 있어서 대개의 경우 벤토나이트의 증가

또는 전분의 증가로 대처하는 것이 실상이다. 순환사에 있어서 전분의 역할은 조형성의 개선과 사팽창계통의 결함방지로 크게 나눌 수 있다. 전분은 어느 것도 300°C 이상으로 가열되면 첨가물로서의 기능을 잃는다. 따라서, 순환사에 잔존하는 전분량은 의외로 적으며, 주물사의 유동성이 잔존 전분에 의하여 저해되는 것은 거의 있을 수 있다.

순환사의 전분량을 측정하는⁴⁾ 주물공장이 증가하고 있지만, 측정치의 대다수가 주형사의 s/m 비와 잘 대조됨으로, 경험적으로 다음식에 의하여 구할 수 있다.

$$R = a \cdot s / m$$

R : 잔류 전분량 a : 보급량 s/m : 사/용탕비

이제까지 순환사에 있어서 주요재료의 열부하에 대한 거동을 기술하였지만, 주형의 물리적 성질은 이들 물질의 가열변화와 잔류형태에 좌우한다는 것을 충분히 인식하게 되었을 것이다.

3.3 코어사의 영향

주물사의 순환과정에서 들어오는 코어사의 질과 양은 순환사의 품질에 큰 영향을 미친다. 통상, 혼입코어사는 주물사의 균형면에서 신사로 취급하든가 코어점결제의 종류에 따라서는 단순히 신사와 같게 취급하는 것은 불가능하다. 신사보급을 전부 코어사로 행하고 있는 사순환계통에서는 점결의 오염에 의한 품질변동이 종종 나타난다. 코어점결제가 규산소다인 경우와 수지계에서는 품질이 상당히 달라진다. CO₂형 코어사에 의한 보급라인에서는 순환주물사의 알카리량이 점차 증가하고, 그의 잔류량이 어느 한계를 넘으면 벤토나이트의 점결능력이 적어지게 된다. 한편, 규산겔(silicate gel, 규산소다가 경화되어 형성된 물질) 및 발포유의 비면적(比面積)이 커지게 되어, 다량의 수분이 필요하게 된다. 이와 같은 흡수성(吸收性)이 강한 변질유리셀(Oolitic shell)을 형성한 가스형사에 의한 보급은 가능한한 피하여야 한다.

유기계 코어사의 경우에도 수지(resin) 및 촉매의 종류에 따라서 순환사에의 영향은 당연히 달라지게 된다. 순환사의 품질열화는 주로 수지(樹脂, resin)의 연소시에 발생하는 가스 및 촉매에 의한 벤토나이트의 오염이 원인이다.

코어점결제와 벤토나이트를 일정비율로 혼합한 200~600°C 소성, 콜드박스(cold box process), 후란(촉매 P.T.S)의 순서로 보고되었다. Boe-

nish⁵⁾는 생형사에 각종 유기코어사의 연소가스를 일정량 통과하여 벤토나이트의 열화(劣化)를 조사하였던 바, 영향정도의 크기는 미경화쇄놀수지, 핫박스(hot box), 셸주형(shell mold)의 순이었다고 보고하고 있다.

한편, E.Brumer 등⁶⁾은 유기코어사의 주형에의 치환율이 12%까지는 거의 해가 없지만, 그 이상의 혼입은 벤토나이트의 오염에 의하여 수분응축층항장력(水分凝縮層抗張力)이 저하하여 주물의 표면결함발생이 용이하게 된다고 기술하였다. 코어사의 영향을 조사하는 경우는 단순히 코어사를 기계적으로 혼합하여 주형성질을 측정하여서는 별로 의미가 없고, 이러한 것은 기타의 첨가물에서도 언급되는 것으로 벤토나이트의 오염(汚染) 및 잔류물의 축적상황이 예측될 수 있는 시험이 바람직하다.

그림 6은 코어사의 혼입율과 순환사에의 변환비율(變換比率)을 순환회수와 대응하여 도시한 것이다. 코어사의 혼입율은 조업상 약간의 부정확성은 면할 수 없지만 순환사의 입도구성, 시리카분(SiO₂ 분)의 변화 및 코어점결제의 잔류상태를 파악하는 데도 그림 6은 중요하다.

4. 혼련도

순환사의 양부를 판정하는 경우, 대부분의 주물공장은 구성물질의 구성비율과 물리적 성질의 상관관계로서 평가하는 방법을 채용하지만, 이 때의 순환사의 물리적성질은 어떤 한정된 조건에서 혼련된 경우의 특성치로서, 반드시 그 값이 구성물질의 구성비에 대응한다고는 할 수는 없다. 이것은 목표로 하는 순환사의 조성 및 물리적성질이

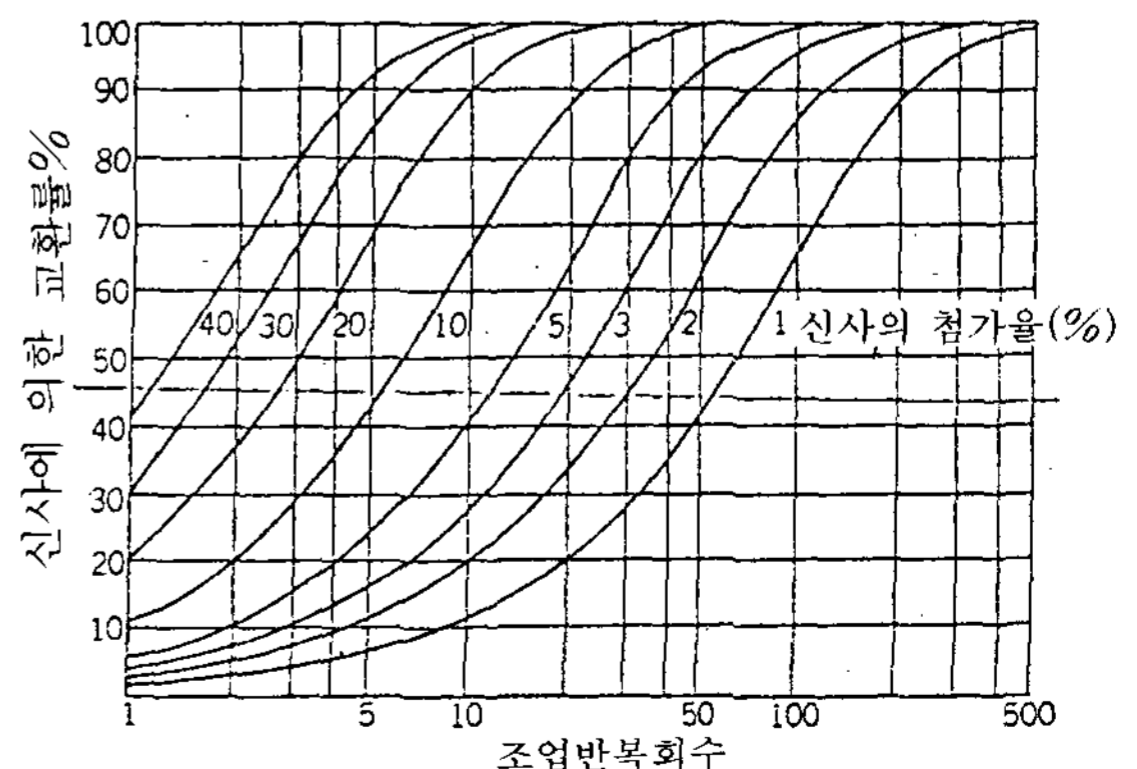


그림 6. 코어사 주형사의 변환율 곡선

역으로 라인의 혼련기능에 의하여 결정된다는 것을 보여준다. 전반적으로 보아 다수의 주물공장이 혼련기의 능력부족, 순환사 보유량의 부족 및 혼련기의 잘못된 선택 등으로 인하여 순환사의 기능이 충분히 발휘되지 못하는 것이 실상이라 생각된다.

따라서, 일정성상의 주형설질을 얻기 위하여 벤토나이트, 기타의 첨가물이 필요이상으로 첨가되어 경제적인 손실이 되고 있다. 일반적으로 혼련이 충분한가의 여부의 평가를 생형항압력의 강약으로 판단하는 공장이 많지만, 그다지 적절한 방법이라고 생각할 수는 없다. 생형의 항압력은 충전밀도와 마찰저항에 좌우되는 성질의 것으로 조형성, 결합발생을 함께 고려할 때, 항압력을 기준한 순환사는 반드시 양호하다고는 말할 수 없기 때문이다. 순환계통에 있어서 혼련의 주된 역할은 수분의 분산, 침투에 의한 습윤도(濕潤度)의 균질화와 표면화와 표면안정성이며, 주형강도는 오히려 자연발생적인 것이라 생각하여도 좋다.

라인의 혼련능력을 일정 습윤도(충전도 또는 체질밀도 - Sieve density)에 도달하기까지의 시간의 장단에 의하여 평가하는 방법이 제안되어 있다. 다시 말하면, 순환사의 조성비가 아주 동일한 경우에 목표하는 습윤도가 단시간에 또한 낮은 수분에서 얻어질수록 혼련도가 좋다고 생각하는 방법이다. 이와 같은 조건을 충족하는 혼련기는 대체로 고속교반형이 많고, 사온도의 상승이나 혼련 후의 경시변화가 일어나기 쉬우므로 과다혼련에 대한 주의가 필요하다.

무엇보다도, 혼련시간의 제약이 없는 경우는 심프슨(simpson)형 혼련기가 더 많이 쓰이고 있다. 단시간 혼련으로 안정된 주물사를 라인에 공급하기 위하여는 역시 회수사에 함유된 흡수성물질(불활성미분, 석탄분 등)의 점점이 중요하다. 이들의 물질은 혼련시 습윤화를 지연시키고, 시간적인 제약을 받는 공장에서는 일정한 성질을 얻기 위하여 과잉의 수분첨가가 필요하다. 극도로 석회암화(Oolitization)가 진행된 주물사, 가스형 코어사가 대량으로 혼입된 경우도 동일한 현상이 나타난다. 그림 7은 청정도가 다른 순환사의 충전성 수분의 관계를 나타내는 것이다. 또한 그림 8은 일정한 압축강도를 얻기 위하여 필요한 혼련시간이 회수사의 수분에 따라 다른 것을 보여주고 있다.

근년에는 회수사에 일정량의 수분을 가하여 미리 균질화된 것을 혼련기에 공급하는 곳이 증가하

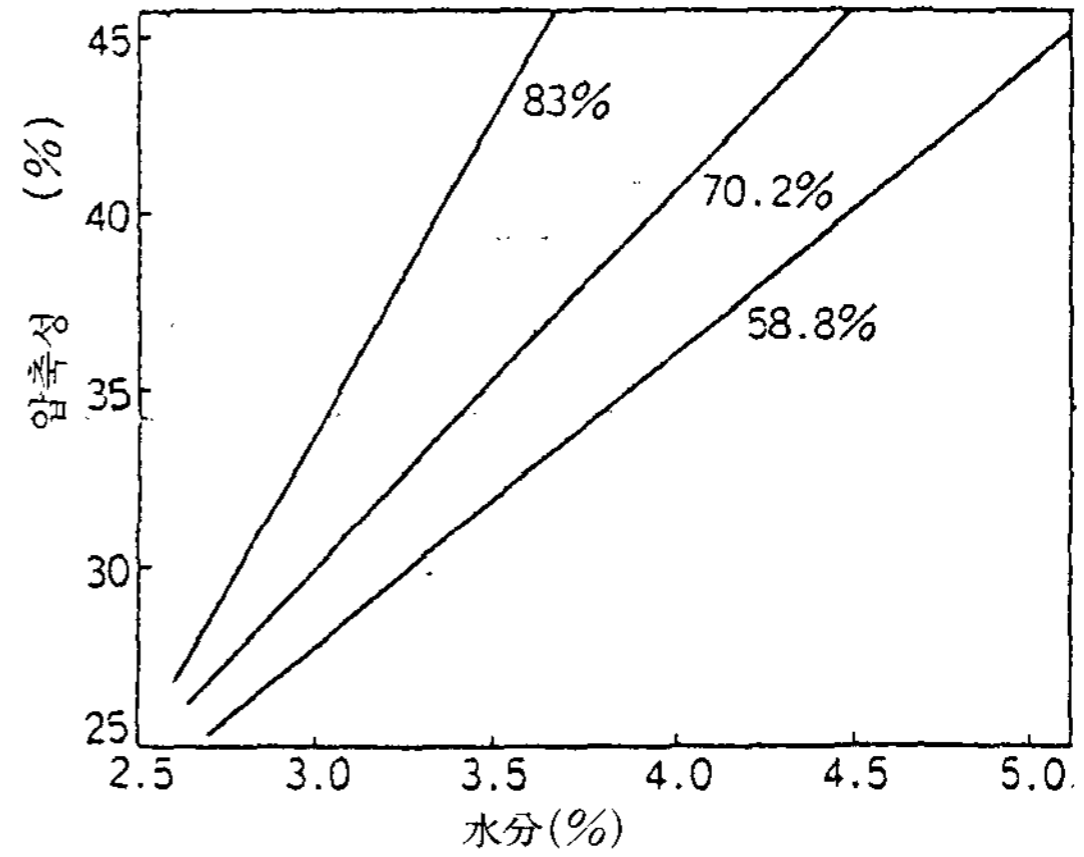


그림 7 청정도가 다른 사의 압축성과 수분의 관계

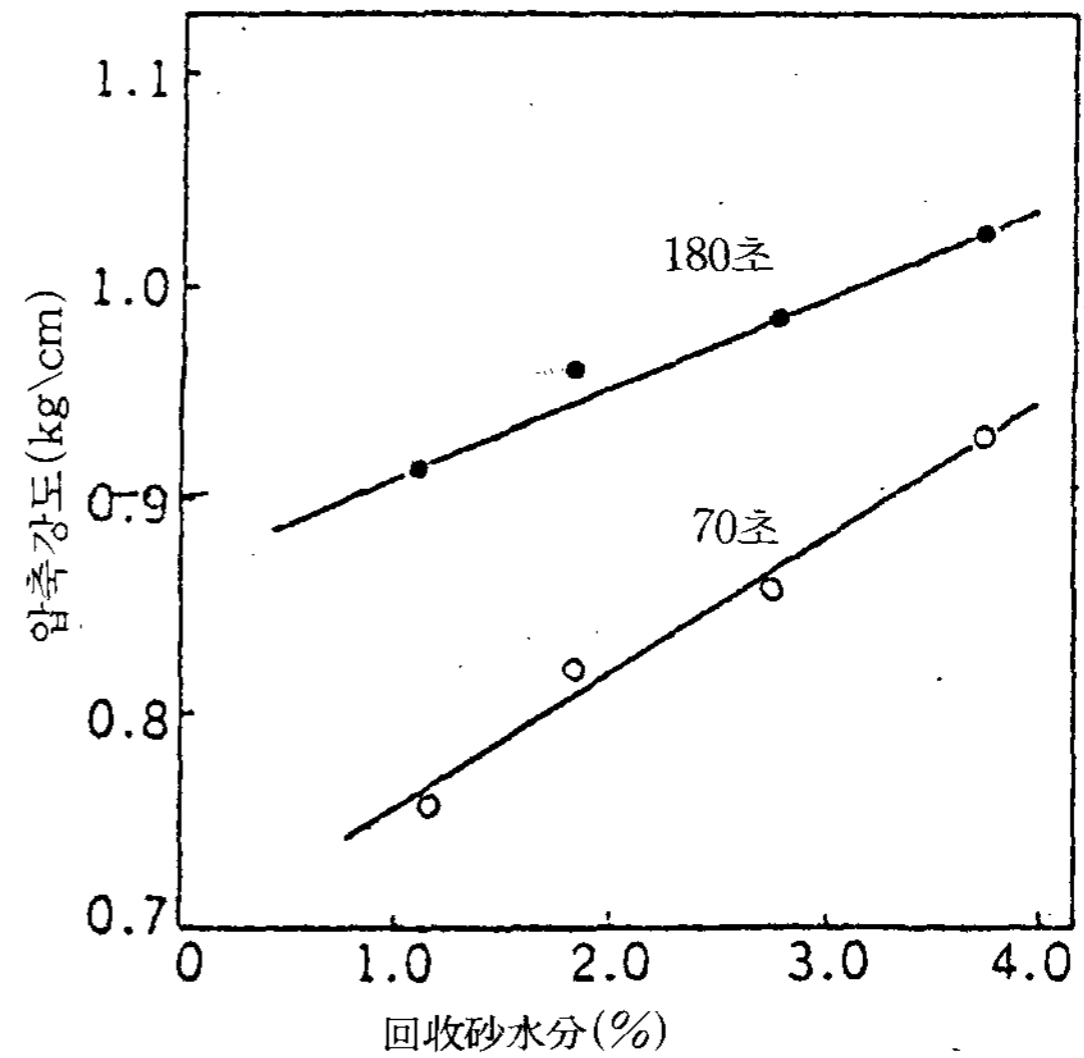


그림 8. 압축강도에 미치는 회수사 수분과 혼련 시간의 영향(speed muler)

고 있으며, 순환사의 안정화에 크게 기여하고 있다. 이 경우는 조성수분은 2.5~3.0이 적당하다. 고수분사 및 고온사는 사저장조의 걸림을 일으키기 쉬우므로, 체류시간이나 그때의 기온에 따라서 회수사의 조정이 필요하다.

혼련된 순환사의 물리적성질은 조형까지의 과정에 있어서 예상 이상으로 변화한다. 특히, 고온사, 혼련이 부족한 주형사, 청정도가 낮은 순환사에 이런 경향이 높다. 따라서 반송과정(搬送科程)에 있어서 경시변화(經時變化)의 감시는 혼련과

정에의 재공급면에서도 매우 중요한 것이다.

5. 품질평가 방법

순환사의 양부가 종합적으로 판단될 수 있을 만한 평가기술은 아직도 확립되어 있지 않고 시행착오의 상태가 계속되고 있다. 우리가 이제까지 행하여 온 품질평가 방법은 주형의 습태 및 고온성질과 순환사의 구성물과의 균형이 축(軸)을 이루고 있다. 그 사이, 실제로 여러가지 품질평가를 위한 시험법이 탄생되었다. 이들의 특성치에는 각기 의의가 있으며, 생형주물의 진보에 크게 공헌하였으나, 최근에는, 약식 시험을 행하는 경향이 커지고 있다. 여기에는 여러가지 이유가 고려될 수 있으나, 안정된 순환사는 개개의 시험에서 얻어진 것이 아니라 사순환계통 자체를 제어함으로써 비로서 가능하다는 것을 깨달았기 때문이다.

다시말하면, F. Hofmann⁷⁾은 순환사 특성의 변동과 구조결합의 발생은 소손된 벤토나이트 및 탄소물질에 의하여 형성된 사립피복물의 적층화에 의한 것으로서, 순환계통의 적절한 처리가 필요하다고 기술하고 있다.

또한, Dietert⁸⁾ 등은, 적층사의 정량화에 있어

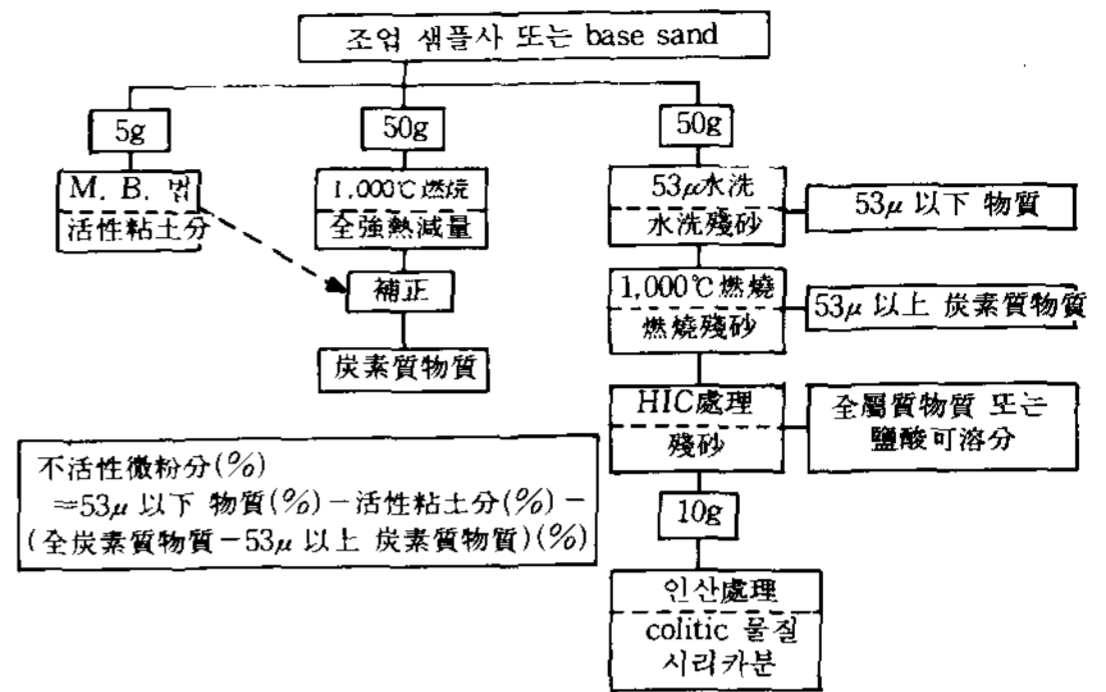


그림 9. 시리카 program의 순서

계통분석, SiO₂분석치를 기준으로 한 시리카프로그램(silica program)에 의한 평가법을 그림 9와 같이 정리하였다. 이들이 제창하는 사립피복적층화물질(Oolititics)을 기초(基調)로 한 품질평가 방안의 타당성에 대하여 많은 공장의 순환사를 대상으로 검토한 결과를 표 1에 보여준다.

이 외에 동합금, 주강시에 대하여도 동일한 시험을 행하였으나, 사립적층화(Oolitization)의 경향은 전반적으로 신사보급이 적든가 혹은 가스형코어를 대량으로 사용하는 라인에서 많이 보이며, 특히 분진을 다량으로 순환계통에 되돌리는 곳에

표 1. 주물사에 대한 분석예

재질		A 사		B 사	C 사		D 사		E 사	
		GCD	GCD	GCD	GC (표면사)	GC (동수사)	GC	GC	GC	GC
사	신사, 중자사	-	-	0.7	-	-	0.82	0.50	0.79	1.05
배	벤토나이트	0.3	0.4	-	1.4	-	0.5	0.5	0.3	0.4
합	전 분	0.1	0.1	-	1.6	-	0.12	0.04	-	-
(%)	탄 소 질	0.05	0.07	-	0.5	-	-	-	0.08	0.06
sand/metal 비		-	-	-	-	-	12	12	6.7	5.3
전 점 토 분 (%)		10.6	12.2	13.9	15.8	13.1	12.5	9.2	14.6	12.8
활 성 점 토 분 (%)		-	-	10.9	11.6	10.0	9.0	5.4	8.3	11.5
강 열 감 량 (%)		6.2	5.2	4.3	7.1	5.4	3.3	2.4	5.9	5.0
탄 소 질 물 질 (%)		4.7	3.6	-	-	-	-	-	4.3	3.2
수 세 사 강 열 감 량 (%)		2.8	1.8	1.7	-	-	0.8	0.9	3.2	2.5
불 활 성 미 분 (%)		-	-	-	-	-	-	-	-	-
금 속 물 질 또는 가 용 분 (%)		1.0	1.0	-	*8.6	*10.7	-	-	1.8	2.8
oolitic 분 (%)		15.3	9.9	24.5	24.4	23.7	37.7	34.3	41.8	41.7
시 리 카 분 (%)		70.3	75.7	63.8	68.5	70.9	54	59	38.6	40.2
SiO ₂ (%)		-	-	83.0	-	-	-	-	73.8	74.4

표 2. 신상에 대한 시리카 분석예

주물사명											평균 입도	점토(%)
	20	30	40	50	70	100	140	200	270	270		
김포 A	0.2	0.1	0.2	0.2	0.4	2.6	2.8	4.0	4.3	84.8	276.0	20
김포 B	0.3	0.2	0.3	0.5	1.4	0.7	23.3	20.9	11.5	41.5	210.4	10.5
천 안	2.6	3.4	8.0	15.2	18.6	14.6	11.4	7.1	5.1	13.5	101.5	48.0
영도 A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25.2
영도 B	0.4	0.5	0.7	0.8	1.4	3.4	8.1	8.1	10.0	67.0	264.1	63.8
울 산	0.3	0.4	0.7	1.4	2.2	4.3	14.0	18.0	15.4	42.5	125.7	73.4

서 현저하였다. 청정도{ $SiO_2\% / (SiO_2\% + \text{용제 물질} + \text{금속물질}) \times 100$ }는 주철공장에서는 47~87%로 폭이 넓고, 주강사에서 75~86%이었다. Dietert등이 적정치로 잡고 있는 기준치(주철 70~85%, 주강 85%이상)에 비교하여 상당히 낮은 값으로 나타나 있으며, 이 원인을 확실하게 하기 위하여 다시 보급사의 청정도를 측정하는 것이 표 2이다.

이 결과에서 시리카프로그램에 의하여 구한 사립적층화물질(Oolitics) 또는 시리카(SiO_2)량은 원사의 산가용성분에 현저하게 영향받으며, 반드시 사립적층화(Oolitization)의 진행상태를 보여주는 것은 아니라는 것을 알 수 있다. 신사의 청정도가 높고, 또한 코어사가 동일한 경우는 예외로 하더라도 이력이 불명확한 코어사가 혼입되는 순환사에서 이들의 측정치로부터 정당한 품질평가를 행하는 것은 극히 위험하다.

확실히 Hofmann이 기술하는 바와 같이, 사립피막의 적층화는 반드시 해로운 것만은 아니다. 적당한 피막물의 형성은 팽창결함의 감소, 주형수분의 증가에 의한 주물표면의 향상에 기여한다고 생각하지만, 적정한 적층피막을 이런 분석법으로 구하는 것은 불가능하다. 오히려, 적층화의 진행도를 아는 데는 여기에 제안되어 있는 순환사의 표준시험편 중량과 시리카량과의 관계로부터 추정하는 방법이 더 우수하다. 어느 공장에 측정된 순환사의 시험편중량은 115~150g범위에 들어 있으나, 모래박힘, 소착 등의 주물표면에 관계된 문제점이 많은 주물사의 시험편중량은 140g이었다는 것은 적층현상과 무관하지 않다는 것을 시사하고 있어 흥미롭다.

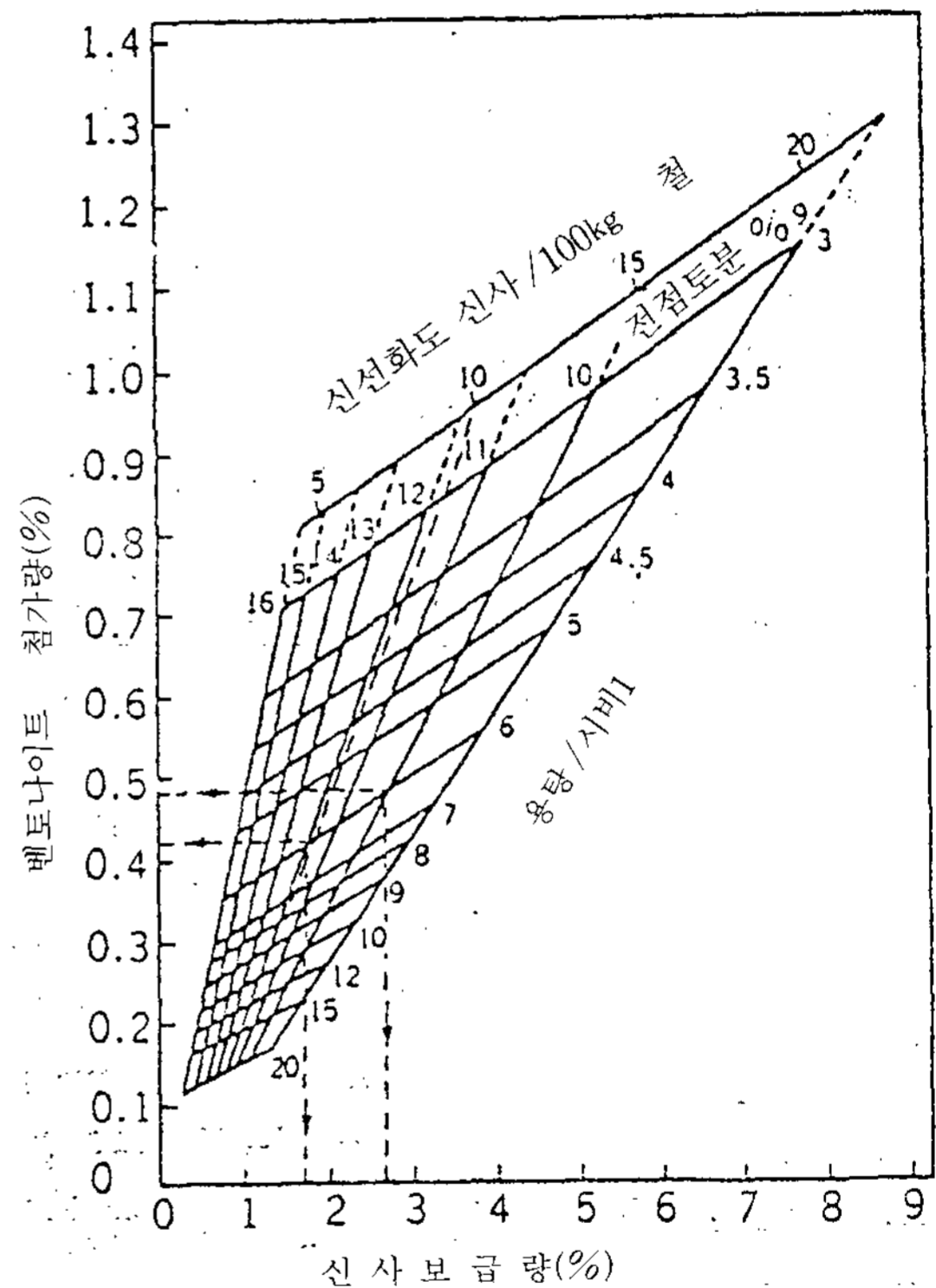


그림 10. Sand system 제어를 위한 상태도

앞에도 기술하였듯이, 순환사의 품질을, 시료의 시험데이터로부터 평가하는 것은 너무나도 오차가 많으므로, 많은 노력에 비하여 안정화에 대한 기여가 적다는 것은 지금까지 깊이 인식하여 왔다.

H. Löblch⁹⁾, Levelink¹⁰⁾ 등은 순환사계통에서는 열부하에 대한 구성물질의 균형이 보다 중요하다

며, 이러한 안정평형이 충분히 유지되면 주조문제점의 상당량을 미연에 방지할 수 있을 것이라고 한다. 그 중에서도 Levelink는 그림 10과 같이 재료수지(材料收支)에 의한 순환사제어 상태도를 작성하고, 품질안정화에 대한 유효성을 강조하고 있다.

이 경우의 주형특성수준은 항압력 20N/cm², 체질밀도 0.8g/cm³가 산출의 기초로 하였다. 이 상태도가 실제 주물공장에의 적용가능여부는 별개로하고, 하나의 순환사평가의 방법으로서 앞으로의 참고가 될 것이다.

이러한 평가방안을 외국의 대다수 공장에서 경험적으로 실시하고 있으며, 주물사 재료수지(sand balance)의 중요성을 다시 강조하지 않을 수 없다. 주물사재료수지에 의한 순환사를 평가하는 경우에 필요한 항목을 아래에 열거한다.

1. 라인의 사보유량
2. 혼련량 t/d
3. 용해량(주탕량) t/d
4. 신사보급량 t/d (코어사 혼입량 포함)
5. 벤토나이트 보급량 t/d
6. 탄소 및 기타 첨가물의 보급량 t/d
7. 미분의 되돌아오는 량 t/d
8. 버려지는 미분 및 사(부착사)의 량 t/d

이들 항목에 대하여 일주 또는 일개월의 사용실적으로 재료의 수지를 계산하고, 의도하는 대로 주형성질과 구성물질의 균형이 보장되고 있는지 여부를 판정한다.

이들의 일정기간의 수지계산치로 부터 순환사의 순환회수, 사/금속비(sand metal ratio) 및 사온변화, 기타구성물질의 잔류상태가 어느정도 파악될 수 있으므로, 때때로 주물사 시험치와 대조하면서 균형의 수정을 행한다. 이 외에 벤토나이트 및 첨가물의 배출량(겉보기 비중, 온도에 영

향을 미침), 저장조 걸림, 미분의 막힘 상황 및 사순환계통의 이상을 사전에 발견할 수 있는 잇점이 있다. 또한, 순환사의 원단위의 산출을 결과적으로 행하게도 되고, 원가절감을 도모하는 데도 편리하다.

6. 결론

생형순환사의 품질평가에 대한 방안, 대응 방법은 여러가지가 있을 수 있으나, 그 기본은 구성물질의 구성비와 이들의 존재상태에 대한 적절한 처리라고 생각된다. 따라서, 주물사의 변동요인, 투입재료의 열적변화와 함께 이들 재료의 수지균형을 잘 파악할 필요가 있다.

참 고 문 헌

1. H. W. Dietert, J. S. Schumacher : AFS Trans. 78(1970), 208
2. B. C. Yearley : Foundry(1967), 1, 82
3. 喜多, 岡倉 : 鑄物, 33(1961)2, 32
4. H. W. Dietert : AFS Trans. 42(1934), 199
5. F. Hofmann, H. W. Dietert : Compactability Testing A New Approach in Sand Research, H. W. Dietert Co.
6. J. B. Caine, R. E. Toepke : Foundry (1972), 5, 134
7. H. W. Dietert : Modern Casting(1966), 4, 117
8. 丹治道生 : 鑄物, 34(1962), 4, 35
9. A. L. Graham, J. Toth : Modern Casting (1974), 6, 68
10. J. B. Caine, R. E. Toepke : Foundry, (1969), 6, 74