

|||||||
現場技術
 |||||

SYSTEM SAND의 수분 콘트롤

우 창 노*

1. 서 언

최근의 주조공장에서는 생산성 향상 대책과 다품종 소량생산 system의 경향이 많아 1주형당 주입중량의 증대화와 pattern change의 빈번화가 이루어지고 있다. 그래서 조형, 주탕, 형해체 등을 통한 system sand의 성상은 크게 변동하여 사처리 시스템에 있어 그 대응책이 점점 어렵게 되어가고 있다. 그래서 주조제품에 대한 불량율의 저감, 춘법정도의 향상 등에 엄격한 것이 있어 그것에 대응하는 하나의 방법으로써의 고 품질의 system Sand를 성력화, 성에너지 사처리 system에서 안정 공급하는 것이 요망되고 있다. 그에 따라 주형사 수분과 주물의 변형량이나 불량발생, system Sand 관리의 중요성 등에 관한 몇몇의 주수 system이 보고되어 있고 수분 control은 사냉각과 병행해서 최우선하는 과제로 생각되어지고 있다. 그래서 회수사 성상의 안정화를 주 목적으로 한 사처리 system 중의 수분 control system에 관해서 수분변동의 현상, 수분 control의 기본적 사고 방법, 실시예 및 그 효과에 대하여 서술하고자함.

2. 회수사 성상의 변동요인과 현상

2-1 회수사 성상의 변동요인

system sand의 성상을 효과적으로 균일화하기 위해서는 회수사 성상의 변동요인 및 그 영향도를 파악하는 것이 선결 과제로 되어있다. 또 system sand의 성상은 조성상 수분과 밀접한 상

호관계가 있어 주탕시의 열부하에 대해 어떠한 물리 화학적 변화를 표시하는가 회수사온과 수분이 어느 정도 변화하는가 가 수분을 control하기 위한 고려항목으로 되어있다. 거기서 회수사온 및 수분의 변동요인을 정리하여 본 것이 다음 항목이다.

(1) 주조 조건에 의한 변동

- a. 주입중량에 대한 주형중량 (sand metal비)
- b. 주입재질과 온도
- c. 형해체시의 제품온도 (제품 표면적, 두께, 주형내 냉각시간)
- d. 사의 종류, 중자 사용량 등

(2) 설비 가동조건에 의한 변동

- a. 주탕 주형의 냉각시간 및 설비 정지시간 (익일 해체)
- b. 회수상태 (조형 duct, spilt sand량 등)
- c. 설비 조건 (형해체 방법, sand cooler의 유무, 집진풍량 등)
- d. 대기 조건

(1) 항의 주조 조건에 의한 변동에 의해서 영향이 가장 큰 것으로 생각되는 (a)항의 주입중량에 대한 중량(S/M비, 이하 샌드 메탈비로 약칭한다)이 회수사 온도와 수분에 미치는 영향을 그림 1에 표시한다. 그림은 shake out M/C 사용에 있어 샌드 메탈비와 형 해체후의 사온 및 증발 수분의 관계를 표시한 것이며 공장에서의 실측치이다.

이에 따르면 샌드 메탈비가 감소함에 따라 형해체 후의 사온은 높게되고 증발수분은 크게되는 것을 알 수 있다. 또 형해체시의 제품온도가 낮은 쪽이 사

* 대동공업 (주)주조부차장

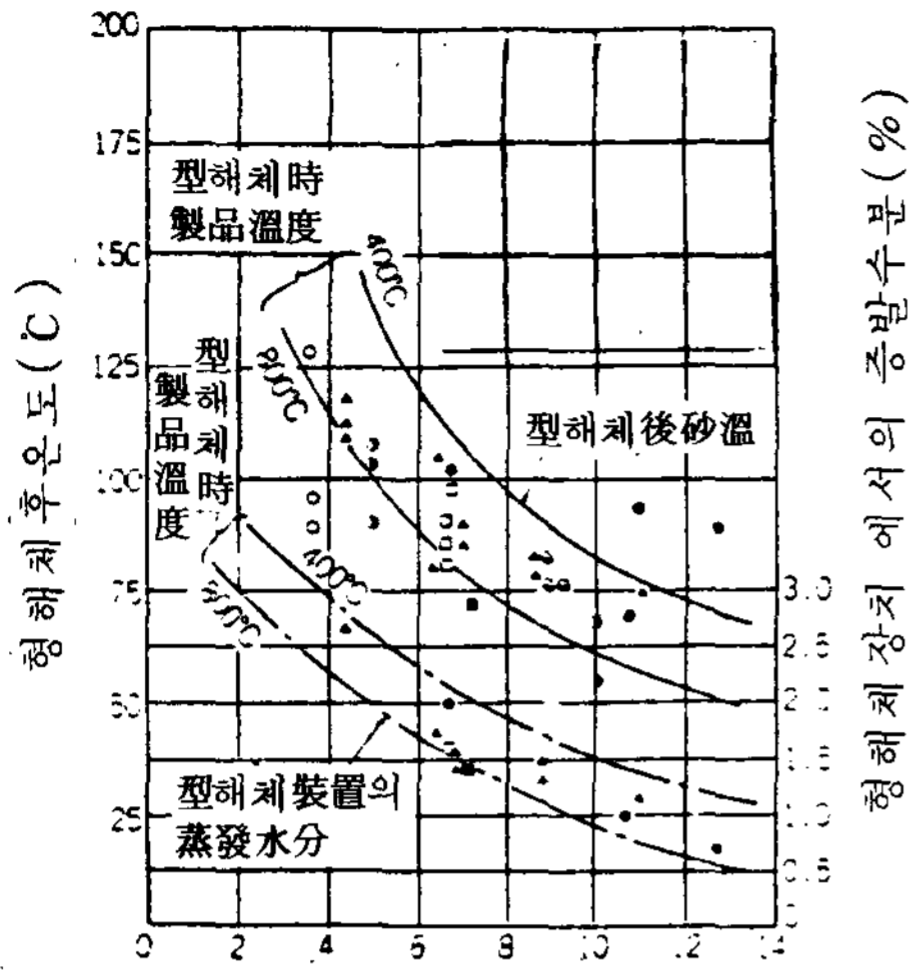


그림 1. 주형중량 / 주입중량

LINE 은 형 해체장치로서 볼드클러가 있고 그 후의 라인 구성은 그림 11에 표시하는 구성과 동일하다.

그림에 따르면 오전 11시까지는 익일해체사가 회수된 상태로 회수사온은 낮고 수분은 당일 해체사 수분보다 높게 되어있고 주탕주형의 냉각시간이 큰 변동 인자로 된다는 것을 이해할 수 있다. 다시 말하면 sand 쿨러 출구에 있어 사온 및 수분은 실제로는 수분 control을 한 결과이다.

2-2 회수사 성상의 변동상황 (수분콘트롤을 하지 않은 경우)

수분 control을 하지 않은 경우의 회수사 수분 변동예를 표 1에 나타낸다.

표에 있어 라인구성 설비조건 등에 따라 다르나 혼련기 투입전에 있어 수분 변동은 $\pm 0.8 \sim 1.0\%$ (즉

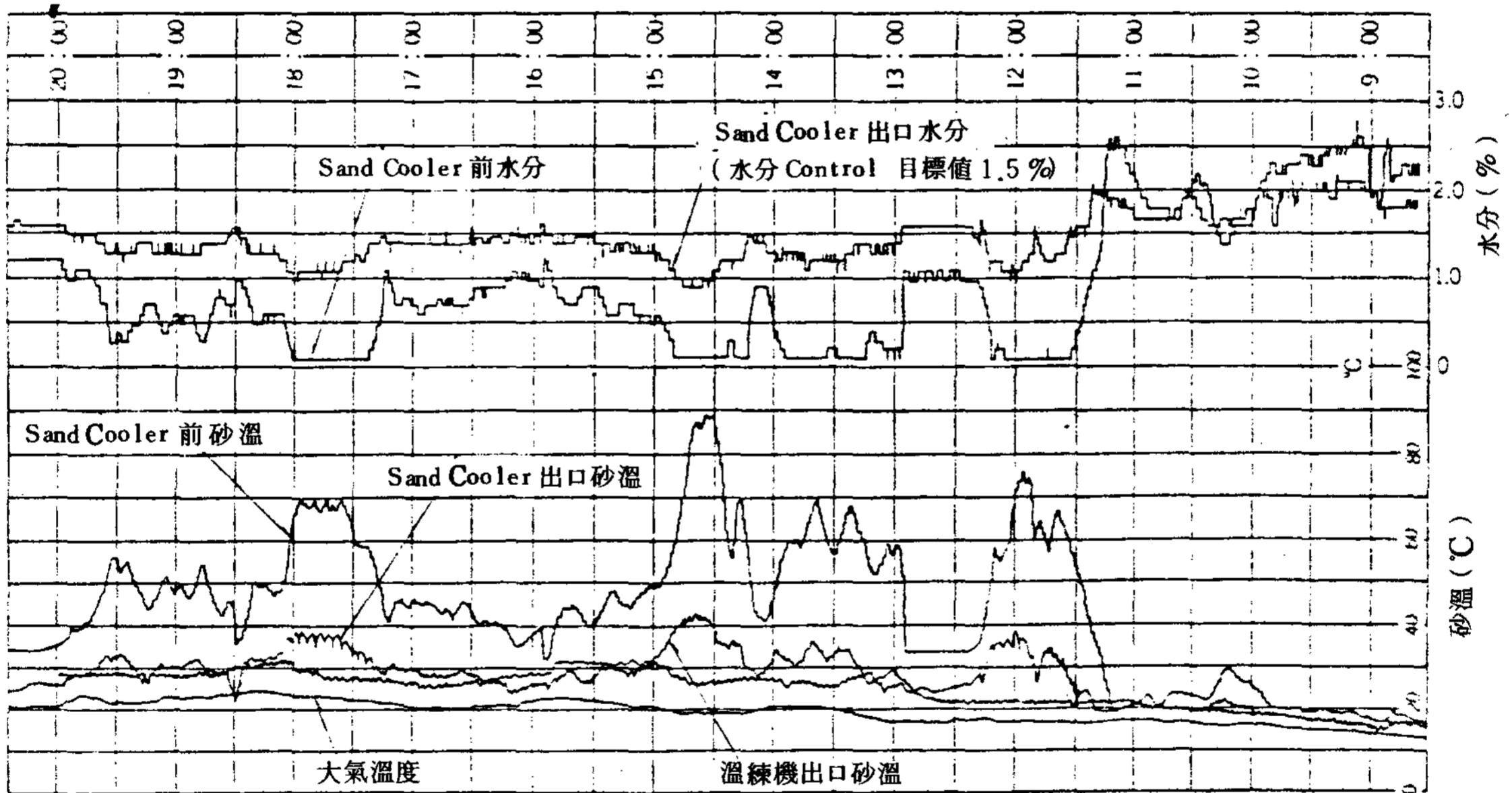


그림 2 회수사온과 수분의 변동

온 및 증발수분이 크게 되고 형해체시 제품온도가 낮은 것은 용탕이 보유하는 열이 주형에 많이 이동한 것을 의미한다.

(2) 항의 설비 가동조건에 따른 예로써 실제의 다종 소량 생산하고 있는 대표적 공장에 있어서 1일 회수사온과 수분 변동 상황을 그림 2에 표시한다. 이

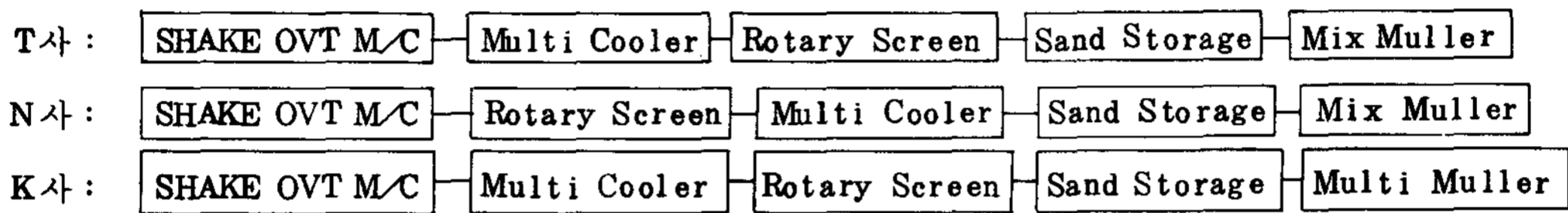
정치의 95%가 포함되는 범위를 나타낸다. 표준편차를 σ 로 하면 $\pm 2\sigma$ 를 의미한다. 이하 동)정도 있는 것을 알 수 있다. 그래서 그에 따른 수분 변동이 격심한 회수사를 일정한 특성을 가진 혼련사로 조사(調砂)하여 안정 공급하는 것이 아무래도 곤란하여 숙련 작업이 요구된다.

표 1 回收砂水分變動例

工場名	設 備 條 件			測 定 場 所	水 分 變 動 (%)		
	砂 量	S / M 比	混練砂水分		變動範圍(R)	平 均 值(x)	標 準 偏 差 (δ)
T社	26 t/h	6 ~ 15	4.8 %	Sand storage 出口	2.6 ~ 4.2	3.2 (n=10)	± 0.50
N社	120 t/h	6 ~ 10	3.4 %	Multicooler 出口	0.4 ~ 1.8	1.1 (n=21)	± 0.37
K社	90 t/h	5 ~ 12	2.9 %	sand storage 出口	0.6 ~ 2.6	1.5 (n=15)	± 0.49

(n = sample 수)

※ 각사의 설비 라인구성



3. 수분 컨트롤의 기본적 사고방법 컨트롤 원리 및 센서 (SENSOR)

3-1 수분 컨트롤의 기본적 사고 방법

형해체한 사(砂)중에는 열의 영향을 받지 않은 사 덩어리가 많이 함유된 회수사의 사온은 검출하기가 어렵다. 따라서 로타리 스크린 등에서 사 덩어리를 미세화하여 회수사를 혼합 균일화 하는 전처리 공정이 사처리 system에서 전제조건으로 된다. 또한 회수된 사량에 주조조건, 각 공정의 가동조건 형해체 방식 등에 따라 크게 변화하기 때문에 그 사량에 대한 주수 컨트롤이 필요하게 된다. 특히 연속하여 회수된 사에 대해서 타이밍에 따른 그 사량을 검지하여 주수하는 것은 컨트롤이 복잡하게 되어 (응답시간, 주수량 제어) 정량 절출등에 의해 사량 변동을 연구하는 것이 필요하고 고정밀도 고 신뢰성의 수분 컨트롤을 행하는 것이 point 로된다. 따라서 수분 컨트롤은 목표 수분 레벨에 대해 부족한 수분을 보급하면 목적이 달성된다고 생각되어지나 부족한 수분만 단순히 보급하면 만족한 수분 컨트롤은 행해지지 않는다. 특히, 사 냉각공정에 있어서는 수분의 증발 잠열을 이용하는데 따라 크게 다르게 된다. 거기서 목표로하는 공정까지에서는 증발하는 수분을 정확히 예측하여 주수하는 것이 고정도의 수분 컨트롤을 달

성하기 위한 불가결한 것으로 된다. 필요이상으로 목표수분 레벨을 높게하면 반송계통 효과등에 사부착 hanging 등이 발생하게 되고 사온이 높은 경우는 수분이 증발하여 사처리 라인상의 trouble 발생을 쉽게하는 결과로 된다. 회수사의 수분 control 에서 가장 중요한 것은 조형라인을 포함한 라인 전체의 특성 (주조조건 가동조건 등) 을 충분히 파악하기 위한 각 사처리 공정마다의 목적 (기능) 에 대한 최적 수분레벨을 결정하여 그 목표치를 용이하게 설정가능한 control flow 를 검토하는 것이다.

이상 서술한 수분 control 의 기본적 사고 방법을 실제의 사처리 system 에 응용하는 경우 그 하나의 구체적인 예를 그림 3 에 표시한다. 본 SSD system 은 고 품질의 system sand 를 안정 공급하는 것을 목적으로 하여 running cost 를 저감 성력화를 목표로 한 system 으로서 회수사의 성상변동을 적극적으로 안정화하는 것을 목적으로 하고 있다. 본 system 에 있어서는 3 개의 주수 unit, 냉각 sieving 공정전의 주수 system (온도비례 주수장치), 예비혼련공정 전의 주수 System (수분측정 주수장치) 및 본 혼련공정에 있어서의 주수 system (mouldability controller) 를 조합한 것으로된다. 본 혼련공정의 mouldability controller 에 대해서는 이미

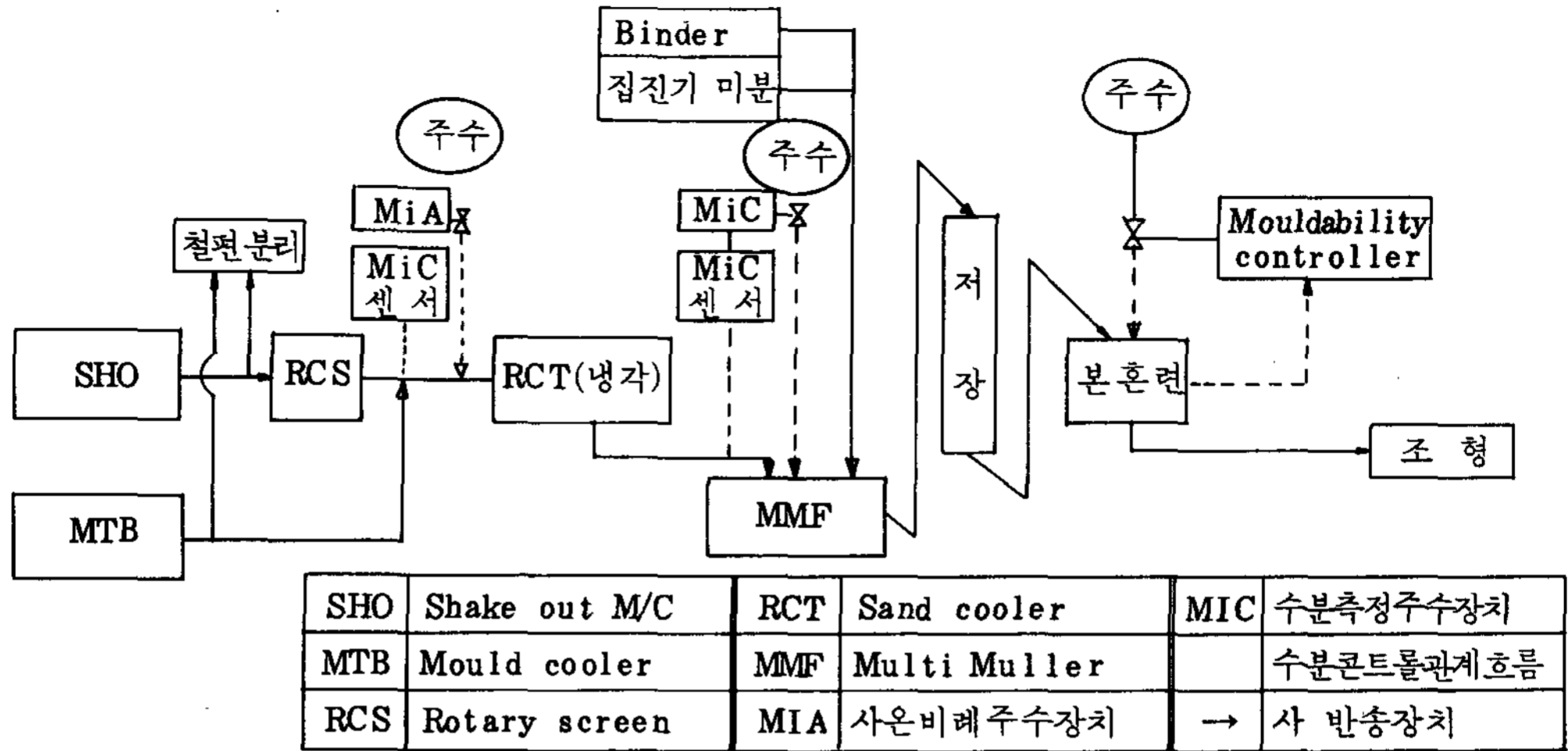


그림 3 SSD SYSTEM

몇 개의 보고서가 있으므로 여기서는 수분 controller 중 온도비례 주수장치와 수분측정주수장치에 대해서 그 원리 및 실시 예를 기초로 효과적인 설명을 하고자 한다.

3-2 수분 CONTROL의 원리와 그 센서 (SENSOR)

3-2-1 온도비례 주수장치 (MIA)의 원리

냉각장치의 기구 (mechanism)는 공기와의 직접 접촉 방식이므로 회수사 수분의 증발잠열을 이용하는 것이 가장 효과적이다. 그러나 형해체 장치에 몰드쿨러를 사용하든가, S/M비가 낮아 사온이 상당히 높은 경우 등은 저 수분의 사가 회수되기 때문에 사가 냉각되는 것을 조건으로 한다. 그림 4는 회수사

온과 잔류 수분의 사이에는 반비례의 관계를 알 수 있고 사온을 측정하는 데 따라 수분 컨트롤이 가능하다는 것이 표시되어 있다. 그러나 몰드 쿨러에 의한 형해체 방식이 shake out M/C에 의한 방식보다도 또는 형해체 방식이 동일해도 하계 (대기 온도 30~35°C)가 동계 (10~17°C)보다도 동일 수분에서 사온이 높게 되어 있어 형해체 방식 및 계절 변화에 의해 그 특성은 크게 변화하는 것을 이해할 수 있다.

사량 × 비열 × 냉각 온도차 = 사량 × 증발수분 × 증발잠열.

$$G \times 0.2 \times \Delta T = G \times \frac{\Delta T}{100} \times 560$$

$$(kg/h) (Kcal/kg^{\circ}C) (^{\circ}C) (kg/h) (%)$$

$$(Kcal/kg \text{ at } 45^{\circ}C) \Delta T = 28 \Delta H$$

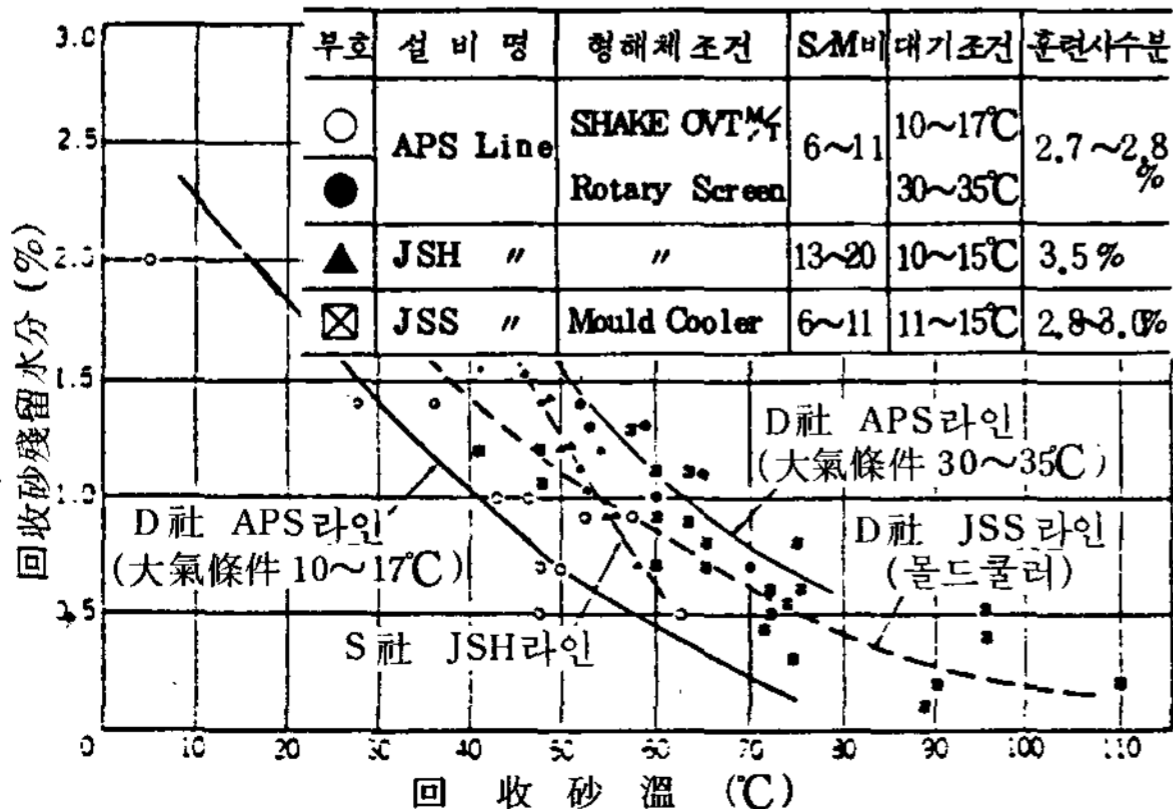


그림 4 회수사온과 잔류수분의 관계

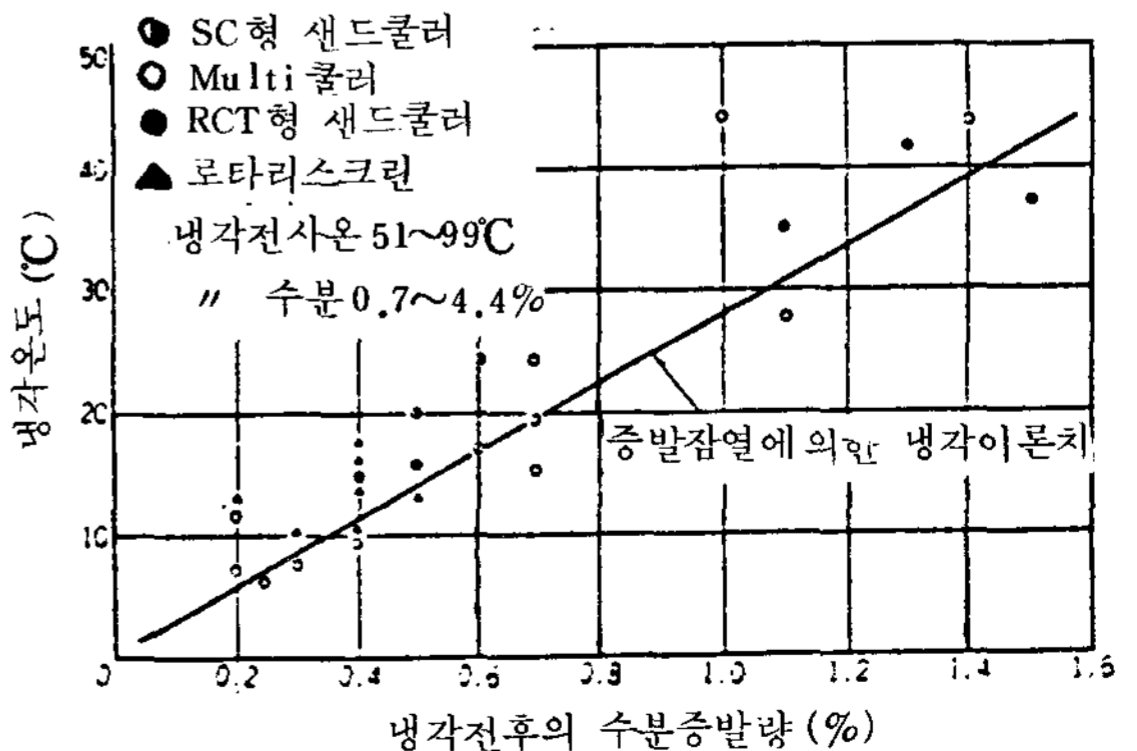


그림 5 冷却前後의 水分蒸發量과 冷却溫도의 關係

수 있다. 사 냉각시에 있어서 증발수분을 파악하기 위해서는 그림 5에 각 냉각장치 전후의 냉각온도와 수분 증발량과의 관계를 표시한다. 그림에 표시하는 증발잠열에 의해 사냉각 이론치는 아래의 식을 이용한 것이다.

그림에 따르면 수분증발은 증발잠열에 의한 냉각 이론치와 거의 근사한 경향이고 사냉각에 있어서는 수분증발은 지배적으로써 사의 수분이 1.0% 증발함에 따라 사온은 30~40℃ 떨어지는 것을 알 수 있다. 따라서 회수사 냉각을 효율적으로 행함과 동시에 수분 컨트롤을 하기위해서는 회수사온과 잔류수분이 반비례 관계에 있는 것과 냉각시에 필요로 하는 증발수분을 고려하여 사온이 높으면 높은 만큼 많이 주수하는 것이 필요하다. 이것이 온도비례 주수장치(이하 MIA로 약칭)의 원리이다. 본 원

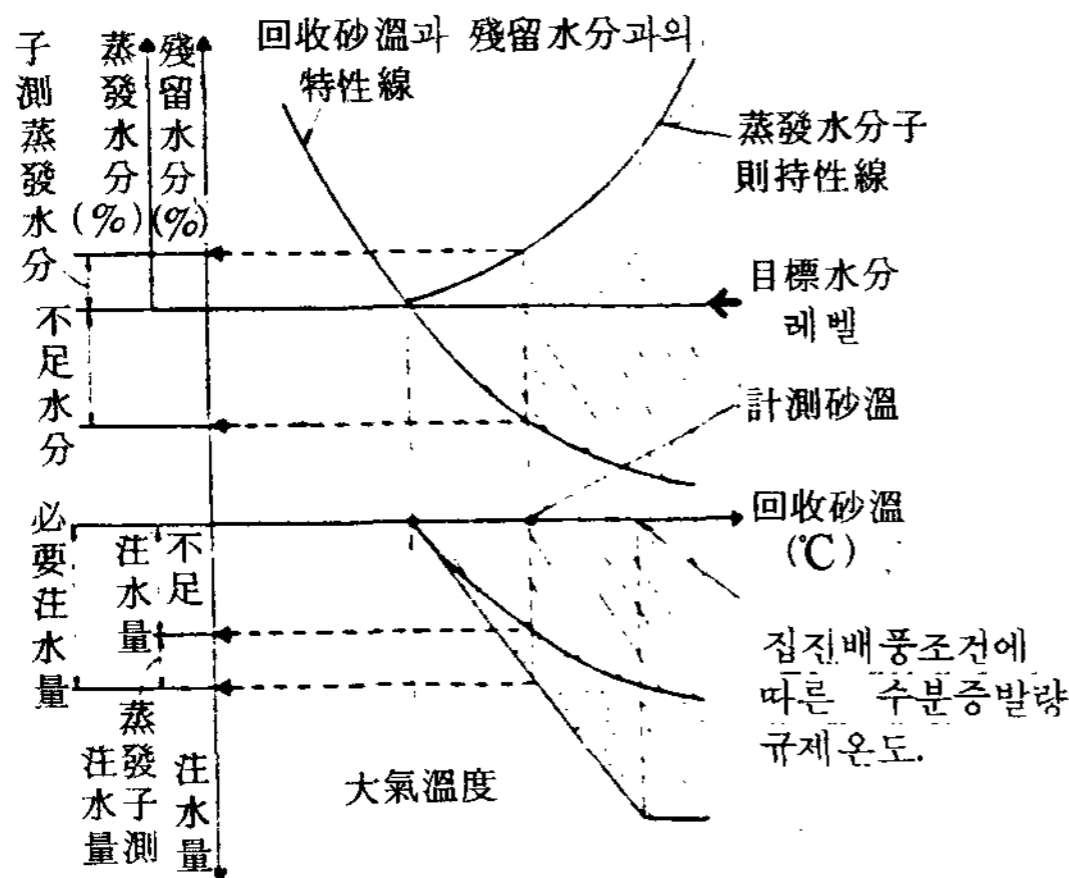


그림 6 온도비례주수장치(MIA)의 원리모식도

리의 모식도를 그림 6에 나타내고 있다.

그림 7은 MIA sensor 구조도이나 이것은 belt conveyor 상의 회수사 온도를 연속적으로 측정하는 것이므로 그림중의 스크레파(2)가 표면을 고르게 하고 스크레파(1)은 회수사의 일부를 취하여 (1)과(2)사이에서 속도를 줄여 회오리 층을 만들고 거기에 열전대를 삽입하여 사온을 측정하는 기구(mechanism)로 되어 있다. 그렇기 때문에 시즈경이 작은 열전대를 사용해도 마모가 적고 응답성이 좋으며 회수사 전체를 대표하는 사온을 측정하는 것이 가능하다.

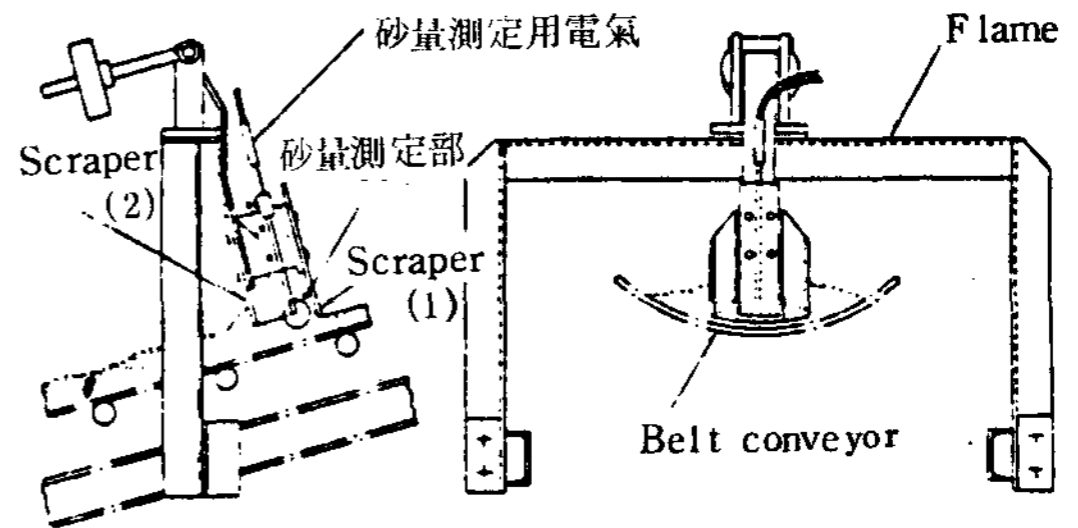


그림 7 MIA Sensor 構造圖

3-2-3 수분계측 장치(MIC)의 원리

system sand의 수분 측정용은 여러가지 방법이 소개되어 있으나 아무래도 한 line에 조합되어 이용되어지고 있는 예는 적은 것으로 되어 있다. 본 원리에 사용되어지는 수분계측 방법은 전기저항식으로서 사중에 평판전극(100mm폭)을 50mm 길이로 100mm의 간격으로 삽입하여 교류전압 12V를 인가할 때 전극간에 전기저항을 mV전압으로 변환하여 측정하는 것으로 되어 있다. 그림 8에 실측 수분과 수분계 출력 관계를 표시한다.

그림에서 사온이 높은 만큼 수분계 출력은 낮게 되고 사온보정이 불가결하게 되어 수분계 출력이 낮은 만큼 실측 수분은 낮게 된다. 저 수분측은 계측한계

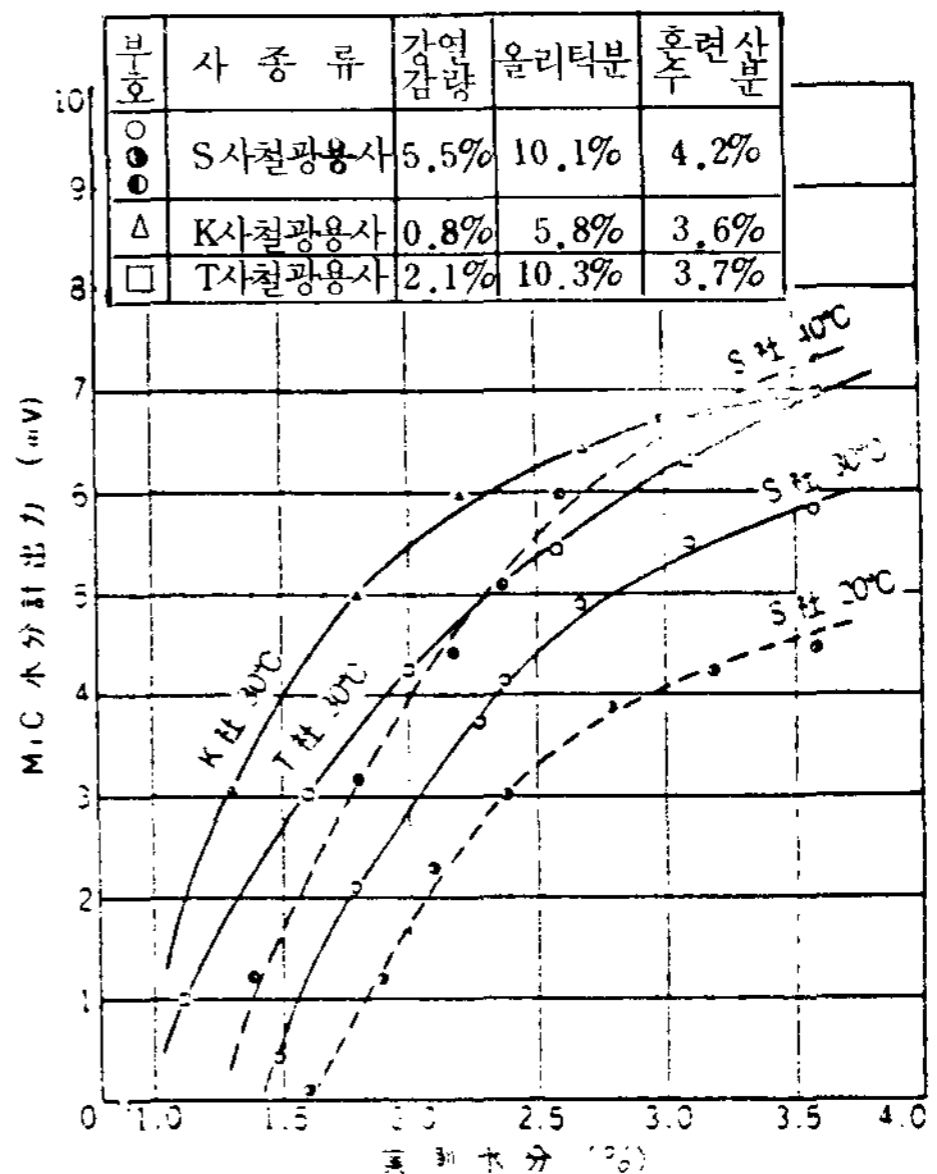


그림 8 實測水分과 水分計出力의 關係

가 있는 것을 알 수 있다. 종래 전기 저항식 수분계는 실용적으로 내용성이 없으며 그 원인은 사온보정이 부족하며 고(高)수분 영역의 적용에 고집되어 있는 것으로 생각된다. 전기저항식 수분계에 의한 회수사 수분을 엄밀히 계측하여 목표수분에 대한 부족한 수분과 목표로 하는 공정까지에 증발하는 수분을 합하여 주수하는 것이 수분측정주수장치(이하 MIC로 약칭)의 원리이다. 본 원리의 모식도를 그림 9에 나타내고 있다.

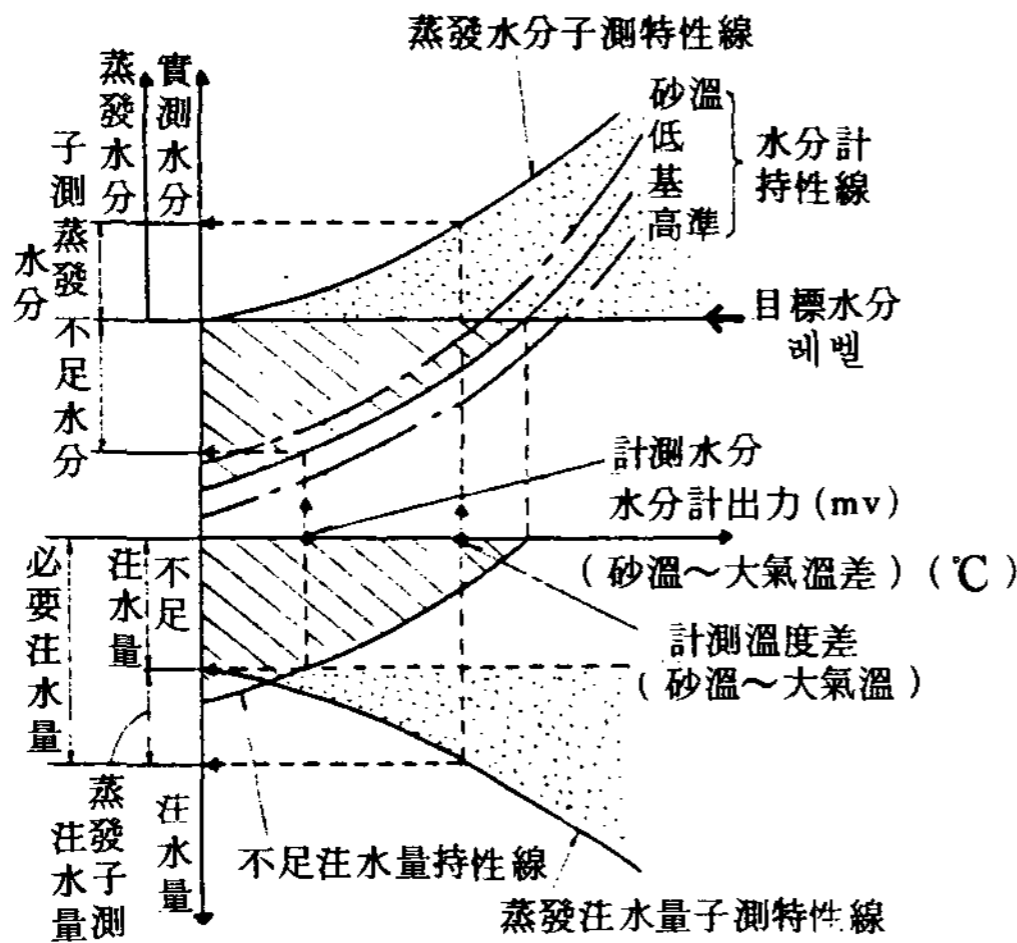


그림 9 수분측정주수장치 (MIC)의 원리모식도

한 라인에 사용하는 MIC는 전기저항식의 결점을 배제하여 장점을 최대한 활용하기 위해서 아래와 같은 사용 범위의 한정이나 연구가 되어 있다.

(1) 수분 계측의 정도가 높은 범위는 혼련사 전체 수분의 1/2~3/4에 상당하는 수분이다. 그 때문에 MIA를 앞에 설치하여 항상 그 적정수분 범위로 할 것.

(2) 사온에 따라 저항치가 변하나 온도 보정기구를 설계하여 사변동을 적게할 것.

(3) 실작업의 가혹한 회수조건에 견디는 sensor 일것. 구체적으로는 전극에의 사 부착을 방지함과 동시에 전극의 형상에 대해 연구할 것.

(4) 사 조성 특히 점토분, 강열감량율리덕분에 따라 수분계 출력이 변화하기 때문에 라인마다 검량을 행할 것등, 여기서 상술하지는 않으나 흑연계의 전도물질 산 알카리 중자의 혼입, 중자혼입량, 미분량의 변동은 실제 라인에 있어 수분 계측에 전혀 영향이 없다.

3-2-4 MIC 수분계측 SENSOR

그림 10에 belt conveyor 상에 설치하는 MIC sensor의 구조도를 표시한다.

전극과의 접촉면적이 변하면 검출하는 수분계 출력이 변하기 때문에 사층을 일정하게하는 scraper가 설계되어 있다. paner feeder는 전극에

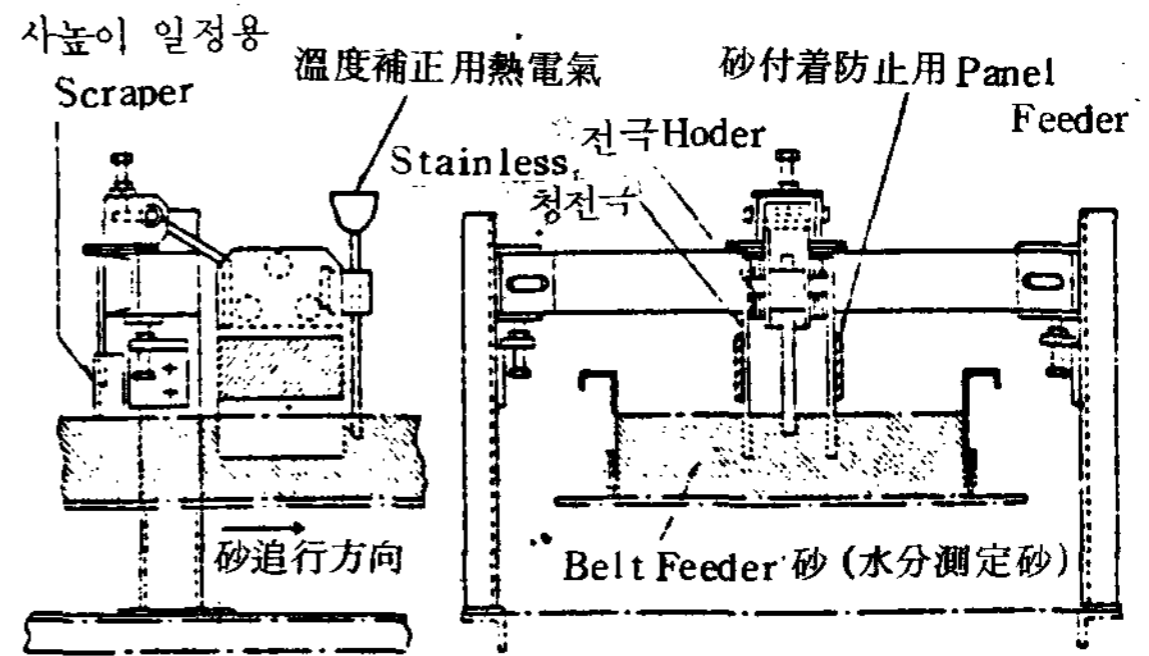


그림 10 MIC SENSOR 구조도

의 사부착 방지에 열전대는 사온변화에 따른 수분계 출력변화의 보정용으로 이용된다. 이 MIC sensor는 micro computer를 사용하는 MIA sensor에 붙여서 사온및 사수분을 동시에 계측한다. (다음호에 계속)

〈 회원 동 정 〉

- 정해철 : 현대엔진공업 (주) 상무이사
- 이일우 : 미진금속공업 (주) 상무이사
- 이광철 : 부산주공 (주) 생산부부장

- 이종열 : (주) 통일 제 3 공장 주조부차장
- 김기선 : 아주금속공업 (주) 주조부차장