

동해백토(주) 벤토나이트(BS)에 대한 생형용 점결제로서의 특성조사

* 김 동 옥

** 홍 영 명

1. 서 론

생형사는 국내외를 막론하고 가장 많이 사용되고 있는 주형사로서 조형작업이 쉽고 편리한 점 외에도 다른 주형사가 따를 수 없는 우수한 복용성이 있다.

그동안 주물제품의 전문 생산 공장이 증가하면서 고압 자동기계 조형용 생형사를 많이 사용하게 됨에 따라 외국산 벤토나이트의 사용이 증가되어 왔다. 따라서 외국산에 대체할 고품질의 국산 벤토나이트에 대한 관심도가 주물 생산자는 물론 벤토나이트 생산자에게도 급격히 높아지고 있는 실정이다.

최근 새로운 공정으로 벤토나이트를 생산하고 있는 동해백토(주)의 요청에 따라 동해백토(주)의 벤토나이트(BS)를 공시재로 하여 생형사용 점결제로서의 적합성을 검토하고자 한다.

2. 시험방법

2.1 공시재

본 시험에 사용된 시료는 경북 영일군 청하면 월포리에서 현재 생산되고 있는 동해백토(주)의 벤토나이트로서 생산자가 직접 제공하였다. 시료는 25kg 단위로 포장되어 있었으며 당 주물사 시험실내에 보관하여 두고 시험하기 직전에 포장을 개봉하여 시험을 행하였다.

2.2 벤토나이트의 기본 특성 시험

공시재의 화학성분은 SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 ,

* 한국과학기술원 주물기술 실장
** " " 연구원

CaO , MgO , K_2O , Na_2O 7 성분에 대하여 분석하였다.

벤토나이트 자체의 특성을 측정하는 표준시험법은 국제적으로 규정된 것은 없으나 일본 벤토나이트 공업회 표준시험법(JBAS)에 따라 메칠렌블루 흡착량(MB 흡착량), 팽윤성, PH, 수분, 분말도, 겔보기 비중을 시험하였다.

또한 공시재의 열적특성을 조사하기 위하여 시차열분석(D.T.A)과 노화도 시험을 행하였다. 이때 시차열분석 시험은 $10^\circ\text{C}/\text{min}$ 의 속도로 1100°C 까지 연속 가열하면서 열량을 측정하였고, 노화도 시험은 공시재를 200°C , 300°C , 400°C , 500°C , 600°C 에서 각각 2시간 가열하여 냉각한 후 MB 흡착량을 구하였다.

2.3 생형사에 대한 특성시험

생형용 점결제로서 공시재의 성능을 검토하기 위하여 한영규사 6호사에 대해 공시재를 6%, 8%, 10%, 12%와 적정수분을 첨가하고 생형사를 조제하였다.

여기서 적정수분은 compactability 45% 일때의 생형사 중의 수분으로 간주하였고, 이때 생형 압축 강도(green compression strength), 생형 인장강도(green tensile strength) 수분 응축인장 강도(wet tensile strength)를 조사하였다.

시험에 사용된 한영규사 6호의 입도분포는 표 1과 같다.

3. 시험결과

3.1 벤토나이트의 기본 특성

공시재의 화학성분은 표 2와 같으며, MB 흡착량, 팽윤성, pH, 수분, 분말도, 겉보기 비중을 표 3에 보여 준다.

그림 1은 공시재의 D.T.A 곡선인데 (a)는 강열처리하지 않은 것이고 (b)는 공시재를 700°C에서 2시간 강열한 후 다시 수화시킨 것이다.

표 4는 공시재의 노화도를 나타낸다.

3.2 생형사에 대한 특성

공시재의 첨가량에 따른 적정수분, 생형압축강도, 생형인장강도, 수분응축인장강도의 시험결과를 표 5에 보여준다.

<표 1> 시험에 사용된 규사의 입도분포 단위 : wt, %

Mesh No.	20		30		40		50		70	
한영규사 6호	Tr		0.1		3.6		15.5		26.5	
100	140	200	270	pan		AFS 입도지수				
29.6	16.5	4.7	1.8	1.7		73.1				

<표 2> 공시재의 화학성분 단위 : wt, %

화학성분	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O
시료명							
동해백토	50.7	16.6	2.14	2.04	3.08	5.08	0.40

<표 3> 공시재의 특성 시험 결과

시험항목	MB흡착량	팽윤성	pH	수분	습식분말도	겉보기비중
시료명	ml/g	cc/2g		%	%	g/cm ³
동해백토	116	41.0	10.7	13.0	98.1	0.72

<표 4> 공시재의 노화도

가열온도, °C	상온	200	300	400	500	600
MB 흡착량, ml/g	116	90	72	60	32	2.6
노화도, %	0	22.4	37.9	48.3	72.4	97.8

<표 5> 공시재의 생형사에 대한 특성시험 결과

공시재 첨가량, %	6	8	10	12
적정수분, %	2.0	2.4	2.7	2.9
생형압축강도, kg/cm ²	0.73	1.14	1.58	1.65
생형인장강도, kg/cm ²	0.53	0.70	0.90	1.21
수분응축인장강도, g/cm ²	18.0	22.0	25.5	27.0

(주) : 모든 시험은 Compactability 45 %인 조건으로 행하였음.

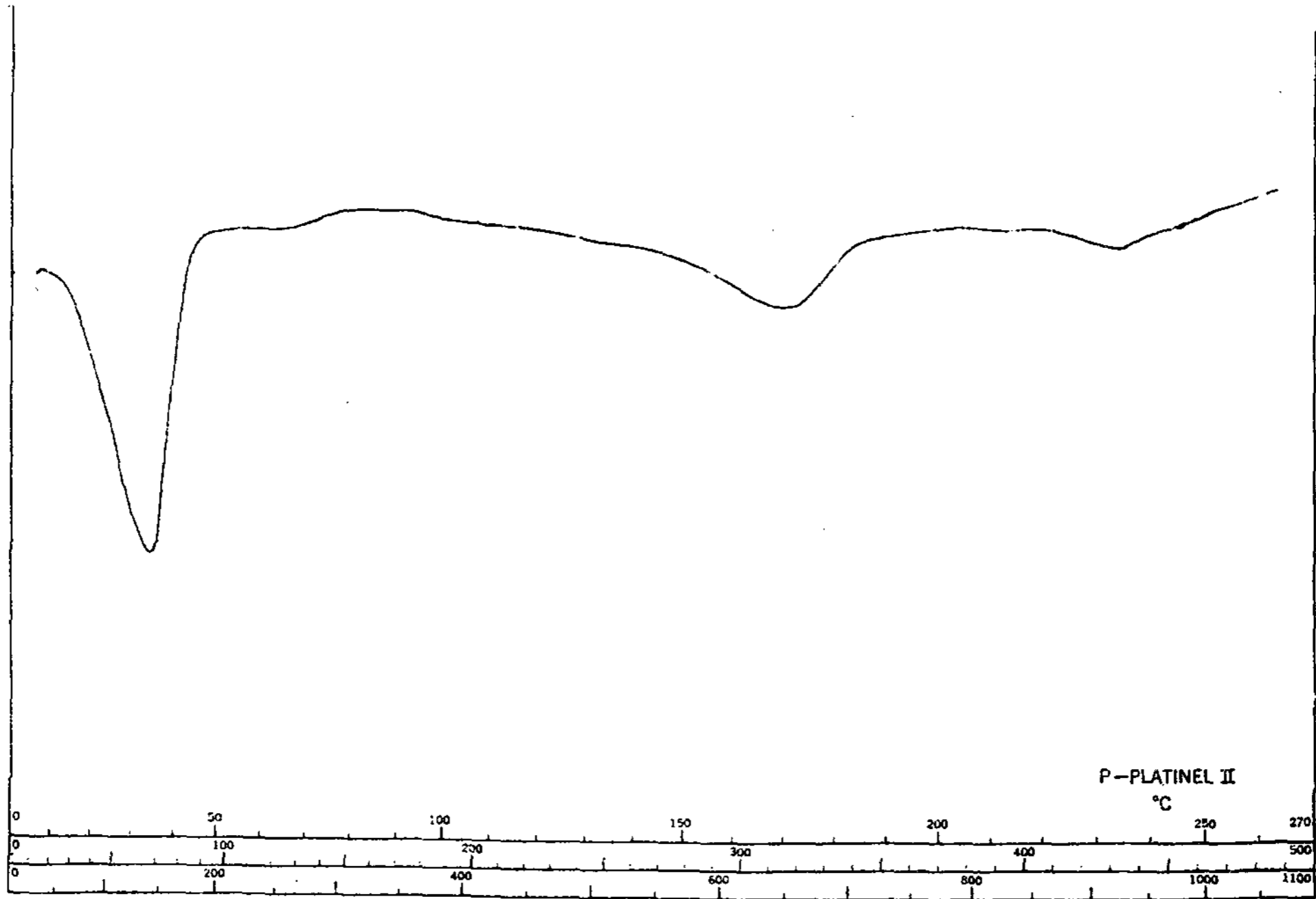


그림 1(a) 강열처리하지 않은 공시재의 시차열분석 시험 결과

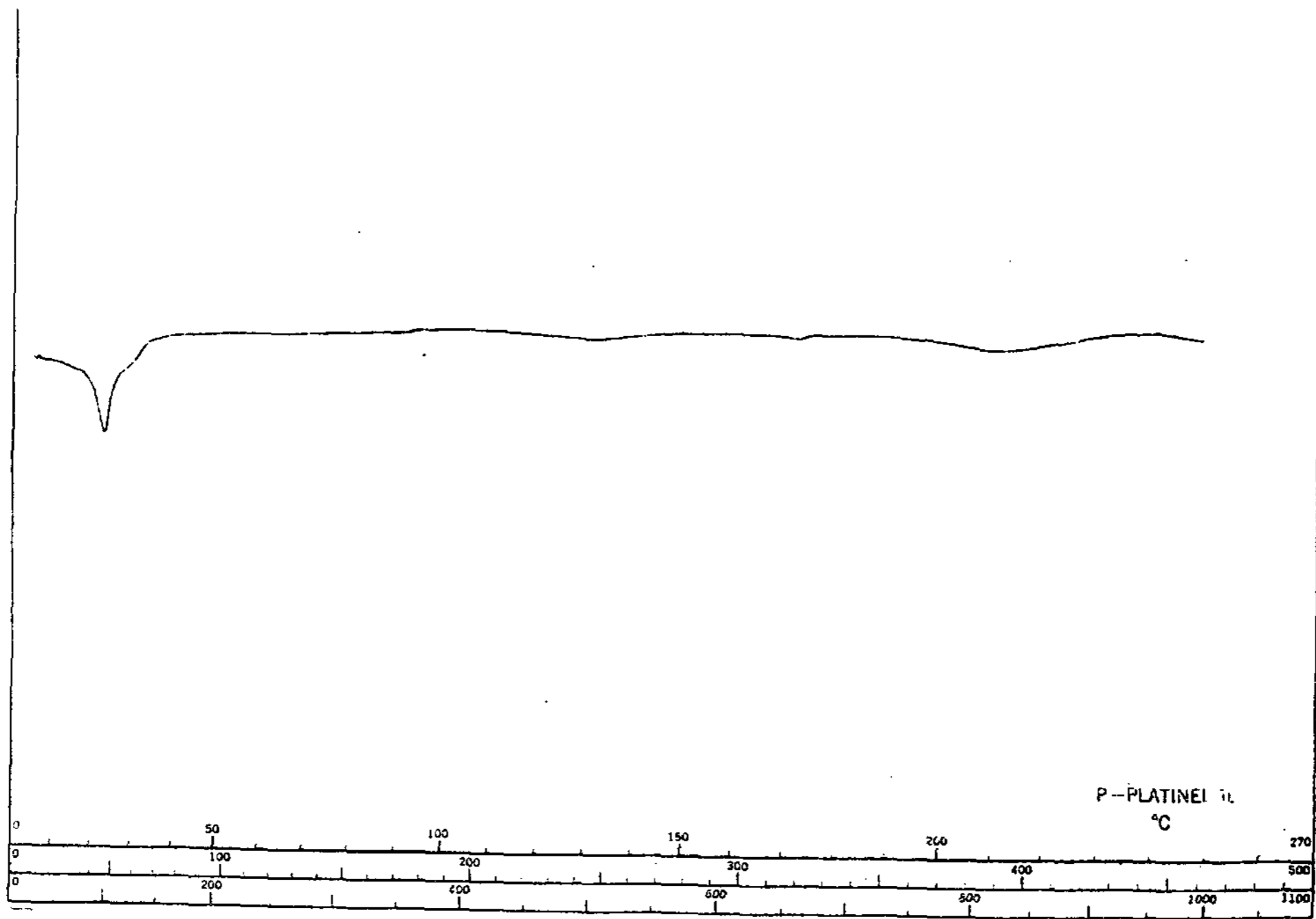


그림 1(b) 700°C에서 2시간 강열하여 다시 수화시킨 공시재의 시차열분석 시험 결과

4. 시험결과에 대한 검토

4.1 벤토나이트의 기본 특성

공시재의 화학성분은 표 2에서와 같이 Na₂O 5.08%, CaO 2.04%이다. 이에 비해 Volclay는 Na₂O 2.54%, CaO 1.05%이다. (표 6 참조)

이를 보면 공시재가 volclay 보다 Na₂O 함량이 훨씬 높은 데 이것은 Na이온이 다량 함유되어 있음을 의미한다.

벤토나이트의 주요 특성은 수분을 흡수하여 점결력이 발휘되는 것인데, 이때 벤토나이트에 대한 MB 흡착량, 팽윤성, pH 값은 점결력과 어느 정도

<표 6>

Volclay의 화학성분

단위 : wt, %

시료명 \ 화학성분	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O
Volclay	55.9	18.7	3.39	1.05	2.54	2.54	0.48

관련성이 있으며, 벤토나이트의 분말상태를 판단하는 분말도, 겔보기 비중도 점결력과 관계있는 것으로 알려져 있다.

공시재의 벤토나이트로서의 특성은 표 3에서와 같이 MB 흡착량 116 ml/g, 팽윤성 41.0 cc/2g pH 10.7로서 높은 값을 보이고 있고, 수분, 분말도, 겔보기 비중은 다른 벤토나이트와 별 차이가 없다.

이에 비해 volclay는 MB 흡착량 98 ml/g,

팽윤성 36 cc/2g, pH 10 이고(표 7참조), 한편 다른 국산 벤토나이트(활성화 처리한 것)는 MB 흡착량 64 ml/g, 팽윤성 10.6 cc/2g, pH 9.8이었다.

또한 분말도는 습식시험에서 200mesh체를 통과한 량이 공시재는 98.1%, volclay는 98.4%이었다. 동일한 벤토나이트에서 입자가 가늘수록 점결력을 향상시키는데 보통 97% 이상이 되면 무난한 것으로 알려져 있다.

<표 7>

Volclay의 특성시험 결과

시료명 \ 시험과목	MB 흡착량 ml/g	팽윤성 cc/2g	PH	수분 %	습식분말도 %	겔보기비중 g/cm ³
Volclay	98	36	10	13.3	98.4	0.72

(주) : 시험일자 1982년 7월 1일.

벤토나이트가 Na 계에 가까울 수록 MB 흡착량, 팽윤성 PH값이 커진다는 사실로 미루어 볼 때, 공시재는 Na 계 벤토나이트 쪽에 가깝다고 생각할 수 있다. 더구나 전형적인 Na 계 벤토나이트인 volclay 보다 MB 흡착량과 팽윤성이 더 크다는 사실은 활성화 처리시 다량의 소다회(Na₂CO₃)를 첨가한 것으로 여겨진다.

벤토나이트의 주 광물인 montmorillonite에 대한 DTA 곡선의 전형적인 모양은 100-200°C, 200-300°C, 700°C 부근에서 흡열피크가 나타나고, 900-1000°C에서 S자 곡선이 나타난다고 한다.

이때 100-300°C에서는 유리수, 흡착수, 층간수가 증발하고 700°C에서는 결정수가 증발하며, 900-1000°C에서는 결정구조가 변태한다.

주조 Vol.2, No.4 (1982)

공시재의 DTA 곡선을 그림 1에서 보면 강열처리를 아니한 시료(a)의 흡열피크는 145°C(유리수, 흡착수, 층간수의 증발)와 650°C(결정수의 증발)에서 보인다. 결정수가 증발하는 온도는 volclay (Na 계 벤토나이트)가 710°C 미국 남부 벤토나이트(ca 계 벤토나이트)가 550°C 인데 비해 공시재의 650°C는 그 중간 성질을 갖는 다고 할 수 있다. 또한 S자 곡선은 Volclay의 경우 910°C 부근에서 분명하게 나타나는데 비해 공시재의 경우 925°C에서 약간의 흡열이 있을 뿐 S자 곡선으로 보기 어렵다.

그림 1(b)는 공시재를 700°C에서 2시간 강열한 후 재수화시킨 시료의 DTA 곡선인데, 유리수, 흡착수, 층간수가 증발하는 온도가 100°C로 낮아

졌고 결정수의 증발과 결정구조의 변태는 보이지 않는다. 즉 700°C의 열을 받으면 완전히 사점토 (dead clay)로 됨을 알 수 있다.

표 4에서는 공시재를 여러온도로 가열했을 때 활성(점결력)을 잃어 노화되는 정도를 나타내었는데, 200°C에서도 22.4%나 노화되었고 400°C

에서 48.3%로서 절반이, 500°C에서 72.4%를 심한 노화현상을 보인다. 한편 Volclay의 경우는 표 8에서와 같이 200°C에선 거의 노화되지 않으며 500°C에서도 30.6%로서 공시재에 비해 노화 현상이 적다. 600°C에서는 공시재와 Volclay가 모두 사점토화 되었다.

<표 8>

Volclay의 노화도

가열온도, °C	상 온	200	400	500	600
MB 흡착량, ml/g	98	92	80	68	8
노화도, %	0	6.1	18.4	30.6	91.8

(주) : 시험일자 1982년 7월 2일.

이것을 보면 벤토나이트을 활성화 처리를 하면 벤토나이트의 생형 특성은 현저하게 향상되지만 복용성을 뜻하는 노화도에 대해서는 천연 Na계 벤토나이트에 비해 큰 기대를 할 수 없음을 알 수 있다.

4.2 생형사에 대한 특성

생형사에서 적정수분이 적게 요구되는 벤토나이트가 더 유리하다. 표 5에서 보면 규사에 대해 공시재를 6%, 8%, 10%, 12%씩 첨가하여 생형사를 조제했을 때의 적정수분은 각각 2.0%, 2.4%, 2.7%, 2.9%로서 상당히 적은 수분이 요구된다. 이에 비해 표 9의 Volclay는 적정수

분이 각각 2.4%, 2.7%, 2.9%, 3.1%로서 공시재 보다 많이 요구된다.

생형 압축 강도와 생형 인장 강도는 공시재(표 5)의 경우가 Volclay(표 9)보다 전반적으로 높은 값을 보이고 있다.

생형주형은 열을 받을 때 수분 응축층이 발생하고 이때의 수분 응축층의 인장 강도는 열팽창 결함(scab)과 관계가 있다. 수분응축 인장 강도는 보통 15-20 g/cm² 이상이 되면 무난한 것으로 알려져 있으나 이 값은 높을 수록 주형의 열팽창 결함방지에 유리하다. 수분응축 인장강도는 공시재(표 5)의 경우가 Volclay(표 9)보다 낮은 값을 보이고 있다.

<표 9>

Volclay의 생형사에 대한 특성

Volclay 첨가량, %	6	8	10	12
적정수분, %	2.4	2.7	2.9	3.1
생형압축강도, kg/cm ²	0.46	0.87	1.34	1.54
생형인장강도, kg/cm ²	0.34	0.46	0.75	0.80
수분응축인장강도, g/cm ²	23.7	20.1	33.1	36.0

(주) : 시험일자 1981년 2월

5. 결 론

동해백토(주)의 벤토나이트를 공시재로 하여 생형사용 점결재로서 적합성을 시험·검토한 결과는 다음과 같다.

1) 시차열분석(D.T.A) 시험에서 결정수가 증발하는 흡열피크를 보면 Ca계 벤토나이트는 550

°C에서, Na계 벤토나이트는 710°C에서 나타나는 데, 공시재는 650°C에서 1개의 흡열피크가 나타나는 것으로 보아 Ca계 벤토나이트가 섞여 있지 않은 것으로서 Na계 벤토나이트에 가깝다.

이것은 화학성분 분석 결과에서도 Na 함량이 높은 것으로 나타났다.

2) 공시재의 열적특성은 200-400°C의 비교적
주조 Vol.2, No.4 (1982)

낮은 열을 받아도 20-50%가 노화되는데, 이것은 회수사의 복용시에 첨가하는 벤토나이트량을 volclay(천연 Na계 벤토나이트)의 경우 보다 증가시켜야 한다. 즉, 활성화 처리된 공시재는 천연 Na계 벤토나이트에 비해 노화도의 개선을 기대하기 어렵다.

3) 활성화 처리된 공시재는 MB 흡착량과 팽윤성이 매우 높고 적정수분량이 적으며, 강한 점결력으로 인하여 생형 강도도 역시 높는데 이런 관

점에선 volclay 보다 우수한 성질을 갖고 있다.

4) 공시재의 수분응축 인장강도(wet tensile strength)는 15 g/cm^2 이상으로서 열팽창 결합의 방지에 무난하다.

5) 수조형 및 jolt-squeeze 조형용 생형사의 조건을 압축 강도 $0.7-1.0 \text{ kg/cm}^2$ 로 보면 공시재는 6-7% 첨가로서 충분하다.

또한 고압자동기계 조형용으로도 적정량 첨가하면 무난히 사용할 수 있다.

AFS Technical Publication For Sale

(1)

	Non Member	AFS Member
Analysis of Casting Defects	\$ 48.00	\$ 24.00
Blast Cleaning and Allied Processes	\$ 47.00	\$ 47.00
Casting Defects Handbook	\$ 30.00	\$ 15.00
Cleaning Castings	\$ 70.00	\$ 35.00
Fettling and Cleaning of Iron Castings	\$ 36.00	\$ 36.00
Foundry Technology of the 80's	\$ 60.00	\$ 60.00
Foundry Engineering	\$ 28.95	\$ 28.95
Foundry Metallography	\$ 24.00	\$ 24.00
Gases in Cast Metals	\$ 40.00	\$ 20.00
History Cast in Metal	\$ 30.00	\$ 30.00
History of the Metalcasting Industry	\$ 50.00	\$ 25.00
Industrial Engineering in the Foundry	\$ 66.00	\$ 33.00