

|||||
論 文
 |||||

국산 벤토나이트를 사용한 시스템사의 성질에 미치는 중자사의 영향에 관한 연구

천 병 옥, 최 창 옥

Effect of Core Sand on the Properties of System Sands Using Domestic Active Bentonite

Byoung Wook Cheon, Chang Ock Choi

Abstract

This study has been carried out to investigate into the properties of molding sands containing various core sands, CO₂, Shell, Furan, Pep Set and Cold Box, in the system sands using domestic active bentonite. The properties of system sands with 5% bentonite and 3% moistures containing baked core sands and no-baked core sands were varied by the ratio of core sands. The system sand containing no-baked core sands had been the poor bonding force and rough grain surface than those of the baked core sands. The L. O. I of system sand containing 30% organic binders core sands were more than inorganic binders core sands. It has been found that the no-baked core sands were necessary have to reclaim for using molding sand.

1. 서 론

시스템사는 혼련-조형-주형해체-냉각-재생 등의 공정을 거듭하여 시스템 중을 순회한다. 벤토나이트를 점결재로 한 생사형에 용탕을 주입하면 주형벽에 인접한 부위에서는 수분이 증발하고¹⁾ 벤토나이트는 결정수를 잃어버리는 온도까지 가열되면 비점성 벤토나이트로 변화하여 고유의 점결력을 잃어버리게 되며 또한 무기 및 유기점결재가 첨가되는 경우 열분해가 일어나게 된다.²⁾

회수사를 일정한 조성의 안정된 주물사로 관리하기 위하여 G. J. Vingas³⁾, A. P. Volkmar⁴⁾, C. E. Wenninger⁵⁾, R. H. Heine⁶⁾, 그리고 H. W. Dietert⁷⁾ 등 많은 사람이 연구를 수행하여 왔으며 이 중 R. H. Heine, E. H. King, J. S. Shumacher⁸⁾는 생형압축강도와 생형전단강도의 관계를 이용하여 유효점토에 대하여 연구하였으며, H. W. Dietert

는 splitting strength와 생형압축강도를 이용한 관리도표를 개발하였다.⁹⁾ 또한 A. P. Volkmar, C. E. Wenninger는 충전도와 생형압축강도를 결합한 규사-점토-수분 관리도를 작성하여 유효점토와 결합점토를 조사할 수 있는 관리방법에 대하여 발표하였다.¹⁰⁾

각종 조형기에서 사용되는 생형사는 반복 사용됨에 따라서 시스템사로서의 성질이 다소 변화되고 있는 것으로 이는 주물사의 노화현상이 발생됨과 더불어 각종 중자사가 혼입되게 된다. 그러므로 생형사에 벤토나이트 이외의 점결재를 사용하는 중자사가 첨가되는 경우 생형사의 특성에 다소 변화가 예상된다.

따라서 본 연구에서는 소오다회로 활성화 처리한 국산 벤토나이트를 사용하는 주물사에 있어서 각종 점결재에 의한 중자사가 혼입되는 경우 시스템사의 성질에 미치는 각종 중자사의 영향에 대하여 조사하고자 하였다.

동아대학교 금속공학과(Department of Metallurgical Engineering, Dong-A University)

2. 실험방법

1) 사용재료

본 실험에 사용한 원료사인 규사의 화학조성은 Table 1과 같이 SiO₂ 94.7%이며 입도분포는 AFS

GFN 69.5인 100mesh를 정점으로 하는 3 screen으로 구성된 것으로 이를 Table 2에 나타내었으며 점결재로 사용한 벤토나이트의 화학조성과 성질을 Table 3과 Table 4에 나타내었다. 또한 사용한 중자사의 종류별 점결재 및 경화재의 배합비를 Table 5에 나타내었다.

Table 1. Chemical composition synthetic silica sand.

| Composition | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | LOI |
|-------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------|------|
| Wt(%) | 94.7 | 2.97 | 0.19 | 0.01 | 0.01 | 0.36 |

Table 2. Grain distribution of silica sand.

| Sieve No. | 30 | 40 | 50 | 70 | 100 | 140 | 200 | AFS No. |
|-----------|-----|-----|-----|------|------|------|-----|---------|
| Wt(%) | 0.2 | 0.6 | 2.8 | 17.7 | 66.5 | 10.9 | 1.2 | 69.5 |

Table 3. Chemical composition of domestic active bentonite.

| Composition | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | Na ₂ O | CaO | MgO | K ₂ O |
|-------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------|------|------|------------------|
| Wt(%) | 63.17 | 13.99 | 3.45 | 3.67 | 2.49 | 2.77 | 0.64 |

Table 4. Properties of domestic active bentonite.

| Moisture (%) | Swelling (ml/2g) | pH | M.B Absorption(ml/0.5g) | | | Density (g/cm ³) | P ₂₀₀ (%) | P ₃₀₀ (%) |
|--------------|------------------|------|-------------------------|-------|-------|------------------------------|----------------------|----------------------|
| | | | 100°C | 400°C | 600°C | | | |
| 10.3 | 20 | 10.2 | 32 | 48 | 11 | 0.624 | 86.5 | 63.5 |

Table 5. Ratio of core sands.

| Kind of Cores | Sand | Binders | Hardening Agents |
|----------------------|---------------------|--|------------------------------|
| CO ₂ sand | silica sand 100% | Water glass 5% | CO ₂ gas |
| Shell core sand | " | Phenol resin 2.5% | baking at 300°C |
| Furan sand | " | Furan resin 1.2% | Organic acid 0.6% |
| Cold Box sand | " | Phenol resin 1.5% Polyisocyanate 1.5% | Amine gas |
| Pep Set sand | " | Phenol resin 0.75% Polyisocyanate 0.75% | Organic basic agent 0.02% |

2) 실험방법

신사로서 규사-벤토나이트-수분의 최적조건을 조사하기 위하여 원료사를 사용하여 벤토나이트를

4-8% 첨가하고 각각에 대하여 수분량을 2-5%로 변화시키면서 혼련하였다. 한편 중자사 첨가에 의한 주물사의 성질은 최적 조건으로 판단되는 벤토

Table 6. Foundary sand test

| Item | Test method | Remarks |
|----------------------------|-------------|------------------------------------|
| Permeability | KS A 5303 | H. W. Dietert Co. Modle No. 335B |
| Green Compressive Strength | KS A 5304 | H. W. Dietert Co. Modle No. 405 |
| Air Set Strength | AFS | H. W. Dietert Co. Modle No. 405 |
| Surface Stability Index | NIK | Rotep Sieve Shaker |
| Moldability Index | AFS | Rotep Sieve Shaker |
| Compactability Index | AFS | H. W. Dietert Co. Modle No. 315-17 |
| Shatter Index Surface | IBF | G. Fisher type |
| Surface Hardness | AFS | H. W. Dietert Co. "B" scale |
| Moisture | KS A 5305 | |

나이트 5%, 수분 3%에 중자사의 첨가는 가열하지 않은 비소성중자사와 900°C에서 2시간 동안 가열한 소성중자사를 원료사에 대하여 각각 10-50%로 배합하여 혼련하였다.

혼련기는 실험실용 심프슨 샌드 믹샤(Dia of bowl. 420mm, size of roller 150×60mm capacity/batch 3kg, 회전속도 45rpm)를 사용하여 건식 1분과 습식 3분으로 혼련하였다.

혼련한 주물사는 배출 후 표준시험편(50×50h mm)를 제작하여 Table 6에 표시한 주물사시험을 하였다. 주물사의 점결상태를 SEM으로 조사하였으며 또한 각종 중자사를 원료사에 배합시 작열감량은 DTA에 의하여 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

1) 비소성중자사에 의한 시스템사의 성질변화

주물사의 배합비를 벤토나이트 5% 및 수분 3%로 하고 각종 비소성중자사의 배합비에 따른 주물사의 성질변화를 신사와 비교하여 Fig. 1a 및 Fig. 1b에 나타내었다.

주물사의 응집력을 좌우하는 인자는 점결재의 경화에 있는 것으로 이는 ① 물리적 변화에 의한 경화 ② 화학적 변화에 의한 경화 ③ 물리화학적 변화에 의한 경화로 분류된다.

이들 중 물리적 변화에 의한 경화는 생사형의 점결재로 사용되는 점토와 벤토나이트를 열거할 수 있다. 그 기구로서는 Wiegner의 이온교환체에 따른 정전기적 결합이 유력하며 이런 결합으로 안정하게 되는 경우 강도가 낮아지는 경향이 인정되었다.^{11,12)}

주물사의 혼련에 있어서 벤토나이트 5% 및 수분 3%로 배합비를 일정하게 하고 중자사의 첨가

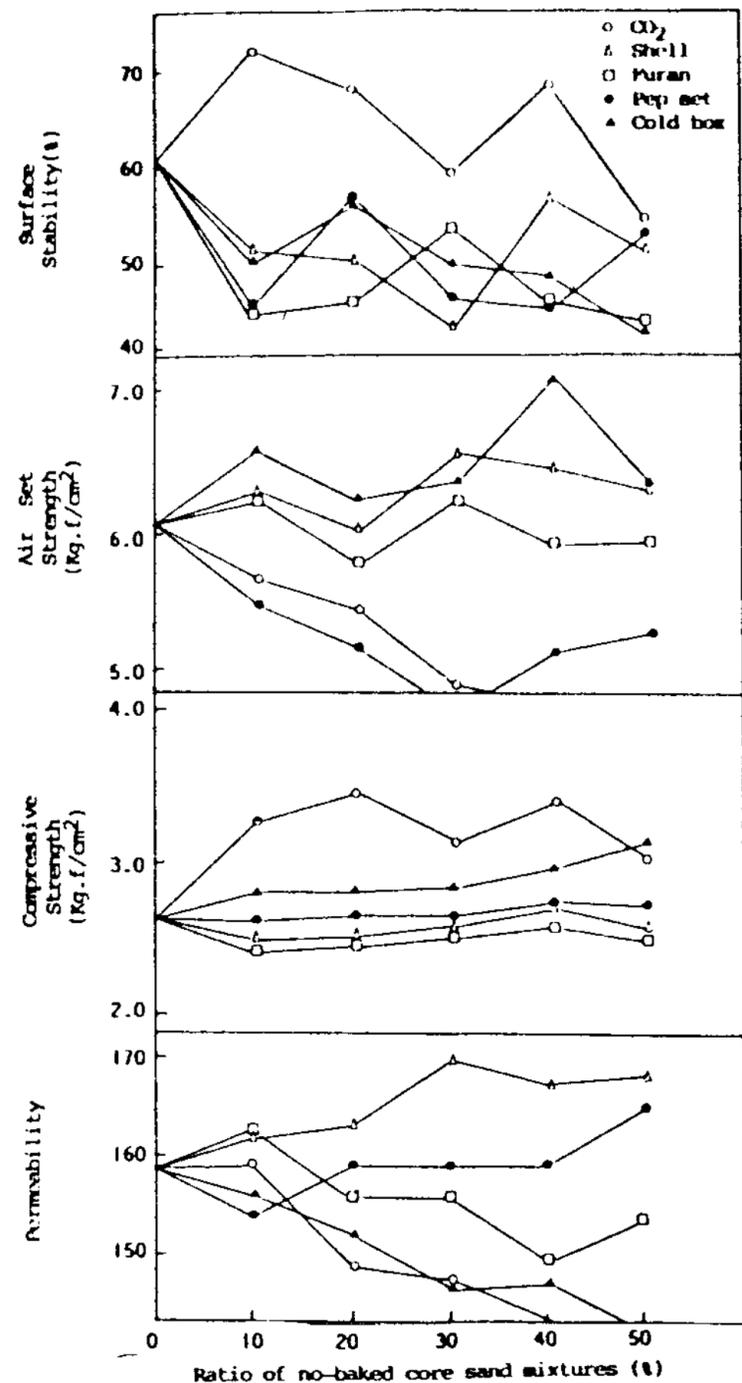


Fig. 1a Effect of ratio of no-baked core sand mixtures with 5% bentonite and 3% moisture on the properties of system sand.

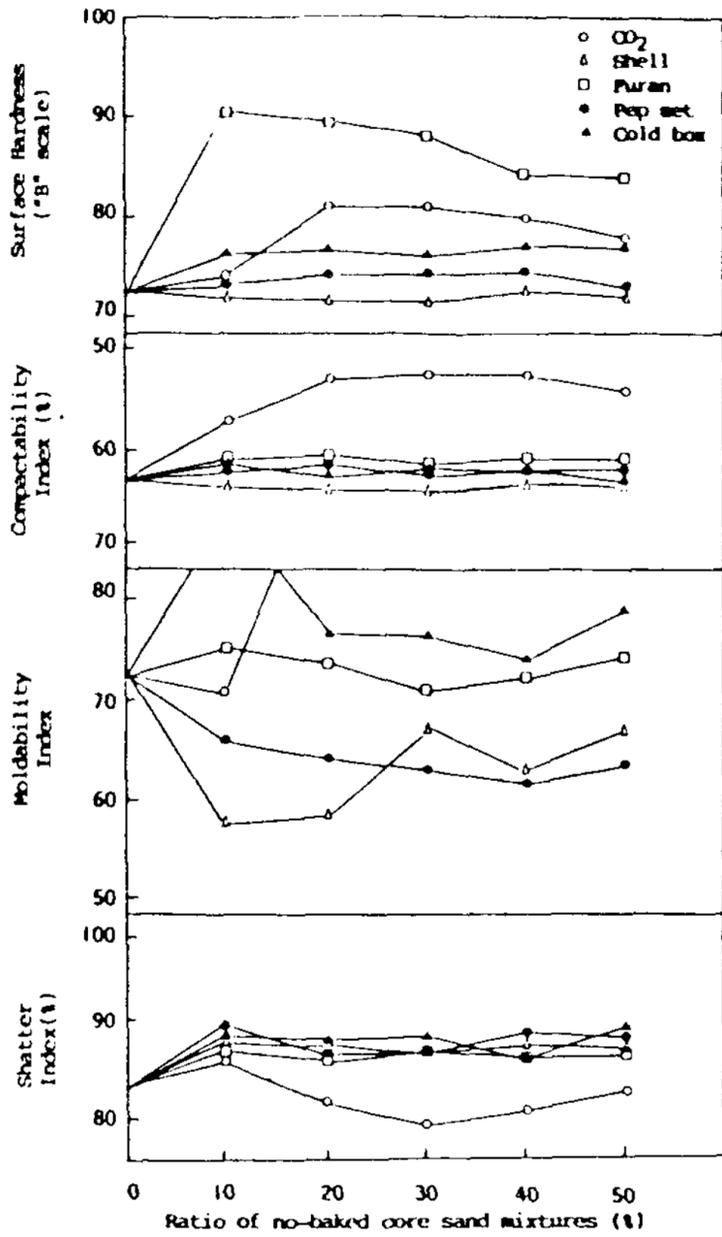


Fig. 1b Effect of ratio of no-baked core sand mixtures with 5% bentonite and 3% moisture on the properties of system sand.

량에 의한 통기도의 변화를 신사와 비교하면 Furan형, CO₂형 및 Cold Box 형사의 경우는 감소경향이 있으나 Shell 형사는 증가하며 Pep Set 형사는 일정한 경향을 나타내었다. 압축강도는 배합비에 따라 CO₂형과 Cold Box 형사는 다소 증가경향이 있으나 다른 중자사는 대체로 일정한 값을 나타내었으며 Air Set Strength는 많은 변화를 보였다. Compactability Index의 경우 CO₂형사에서는 증가경향을 보이고 있으며 Cold Box형, Furan형 및 Pep Set 형사등은 감소경향을 나타내었다. 표면안정도는 전체적으로 감소경향을 보이나 상태에 따라서 차이가 있었다. 또한 Shatter Index의 경우 CO₂형사는 감소경향을 보이며 Shell형, Furan형, Pep Set형 및 Cold Box 형사는 변화가 없는 일정한 경향을 나타내었다.

이상의 결과로부터 비소성중자사가 시스템사에

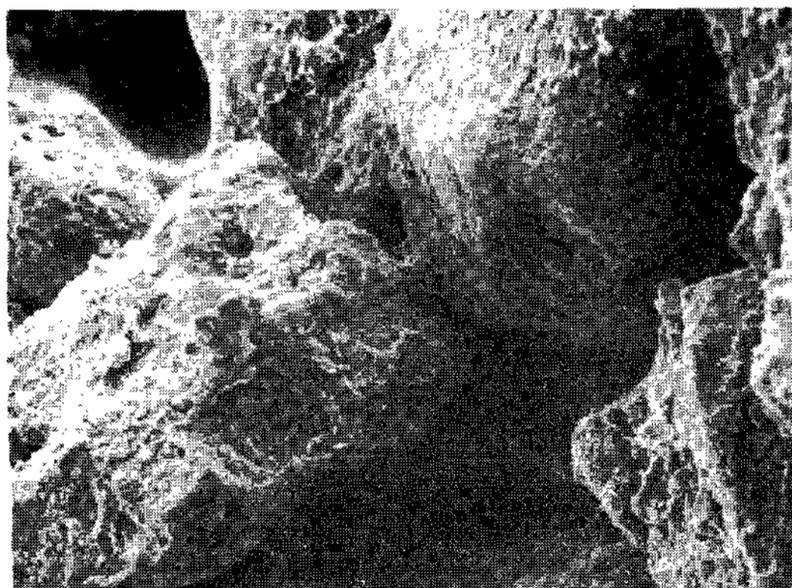
첨가될 경우 중자사의 표면에 유기 또는 무기 점결재가 묻어있는 상태에서 일정량의 벤토나이트 및 수분으로서는 벤토나이트와의 흡착이 잘 이루어지지 않으므로 사립간의 결합력이 다소 감소하고 또한 통기도도 감소하는 것으로 사료되었다. 한편 중자사의 재생처리 과정 없이 비소성중자사의 배합량이 증가하면 점결피막이 두꺼워져 거칠게된 사립자의 량이 증가되어 적정수분량이 증가되며¹³⁾ 미반응 중자사의 점결재가 첨가되는 수분과 반응하므로 벤토나이트의 점결에 소요되는 수분량을 감소시켜 결합력을 감소시키는 것으로 사료되었다. 이는 Photo. 1과 같이 비소성중자사를 30% 첨가한 주물사에 있어서 벤토나이트 흡착 및 사립의 결합상태를 보인 것으로 거칠은 사립자 표면을 나타내었다.

2) 소성중자사에 의한 시스템사의 성질변화

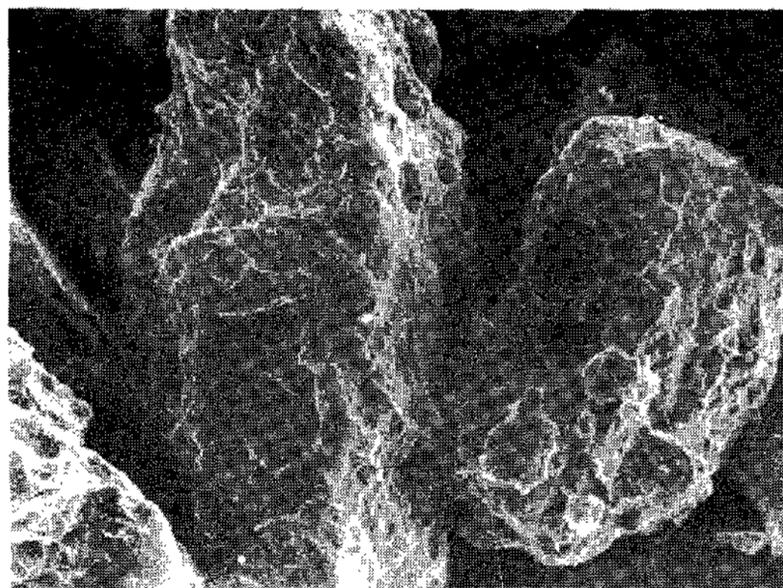
시스템사의 변동요인은 중자사의 혼입과 용탕열에 따른 성질변화에 의한 것으로 이 중 특히 규사 성상에 크게 영향을 주는 것은 용탕의 온도, 용탕 중량과 주형중량과의 비, 해체시간등에 있으며 이에 따라 생형사의 성질은 대폭 변화된다. 또한 열 영향에 대한 벤토나이트의 불활성화, 유기물질의 분해, 연소에 따른 훼손, 용탕계면에서의 사립소결 등의 원인을 열거할 수 있다.

각종 소성중자사의 배합비와 주물사성질과의 관계를 Fig. 2a 및 Fig. 2b에 나타내었다. 통기도는 무기점결재를 사용하는 CO₂형사를 첨가하는 경우 배합비가 증가할수록 증가하고 Shell형사를 첨가하는 경우 다소 감소경향을 나타내었으며 Furan형, Pep Set형 및 Cold Box형사의 경우 첨가량에 관계없이 거의 변화가 없는 일정한 경향을 나타내었다. 압축강도와 Compactability Index는 CO₂형사를 첨가한 경우 중자사의 배합비에 따라 다소 감소경향을 보이며 Furan형, Pep Set형 및 Cold Box형사는 거의 변하지 않은 일정한 경향을 나타내었다. 이는 무기점결재에서는 1000°C 전후에서 연화되어지나 유기점결재는 300°C 전후에서 열분해되기 때문이라고 사료된다.

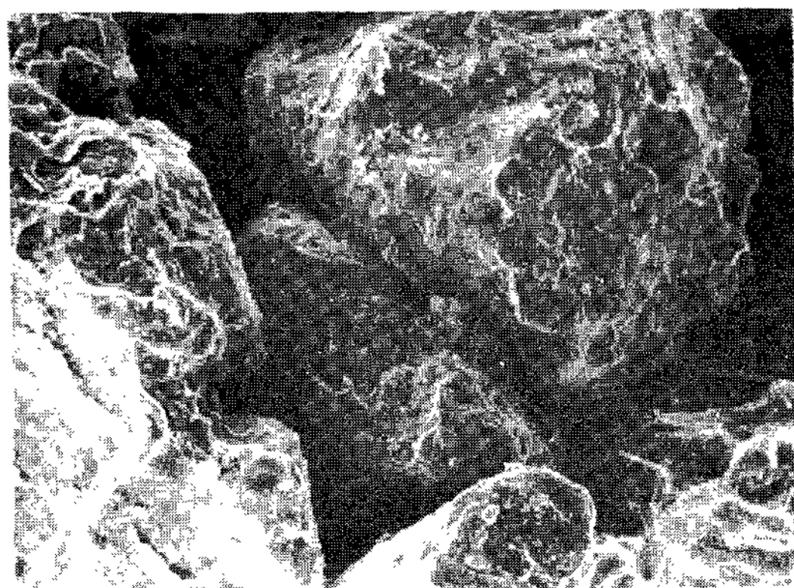
Moldability Index 및 표면안정도는 배합비가 증가함에 따라 감소를 나타내며 Shatter Index는 거의 변화하지 않는 경향을 보였으며 표면경도는 Furan형사를 첨가한 경우 점차 감소경향을 나타



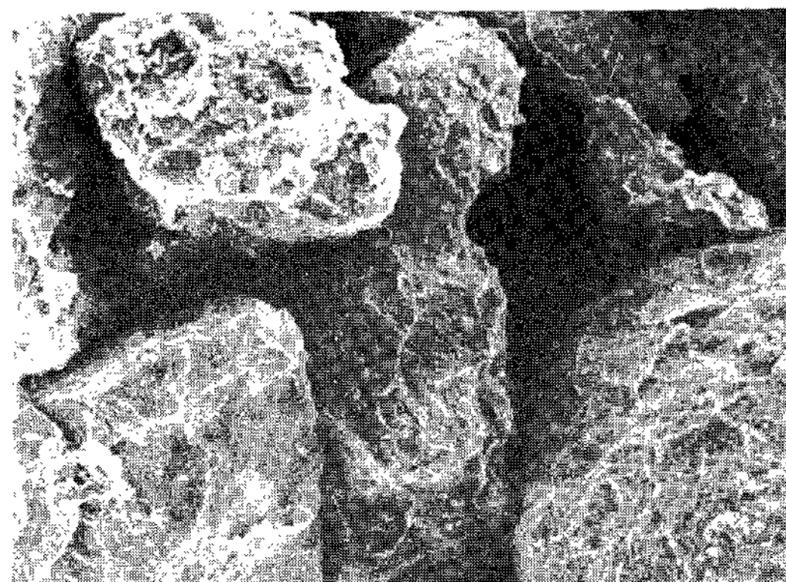
CO₂ core sand



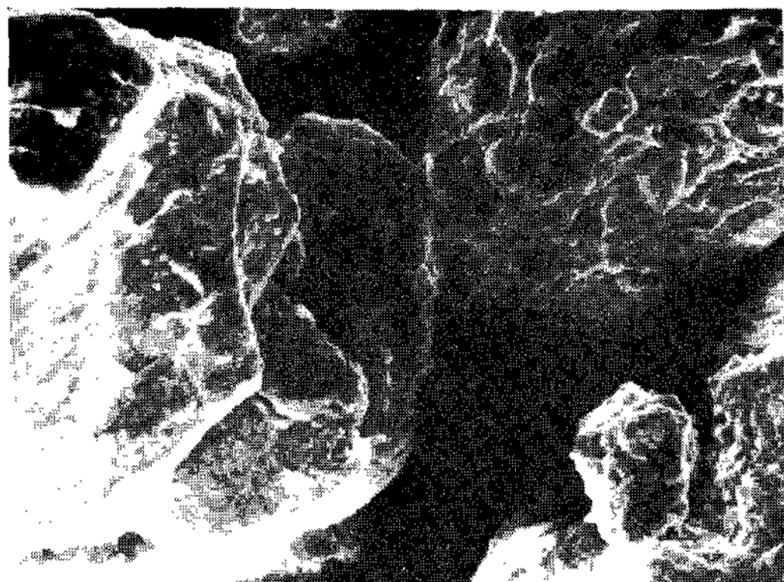
Shell core sand



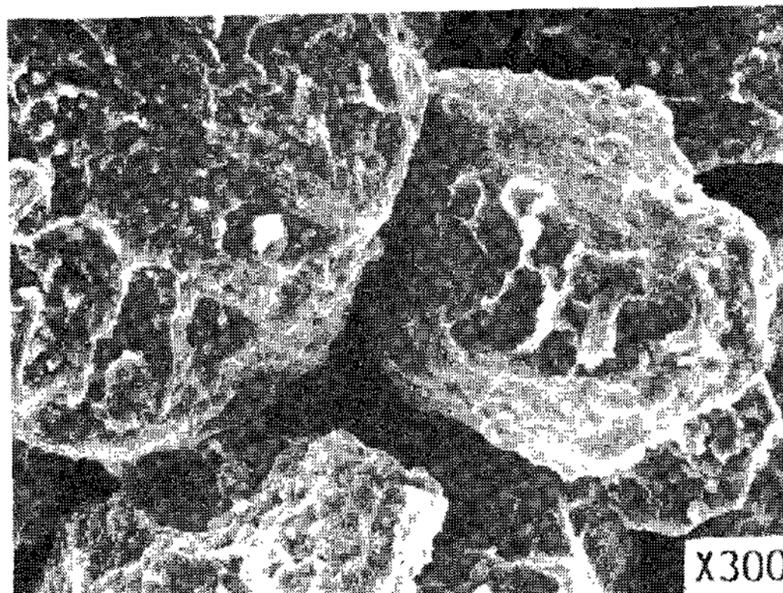
Pep set core sand



Cold box core sand



Furan core sand



Green sand

Photo. 1 SEM micrograph of sand mixtures containing 30% no-baked core sands.(x300)

CO₂ core sand Shell core sand Pep Set core sand Cold Box core sand Furan core sand Green sand

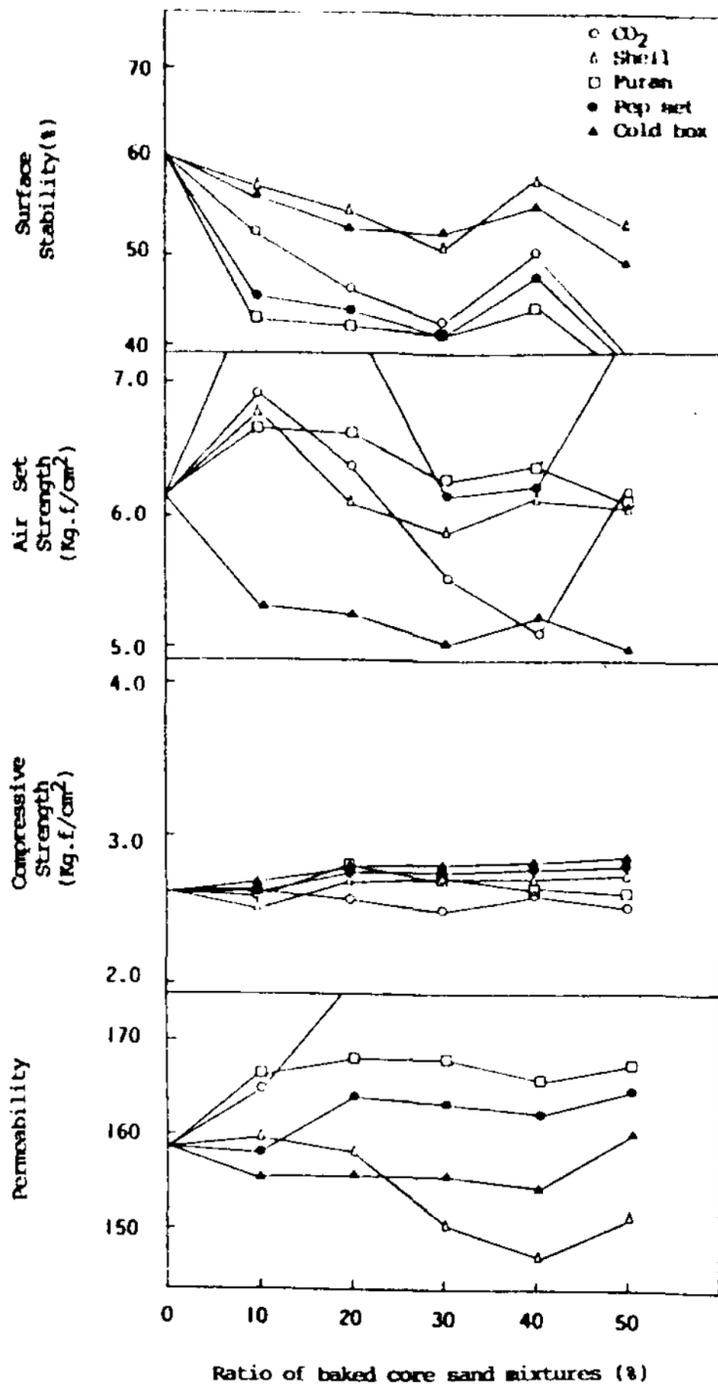


Fig. 2a Effect of ratio of baked core sand mixtures with 5% bentonite and 3% moisture on the properties of system sand.

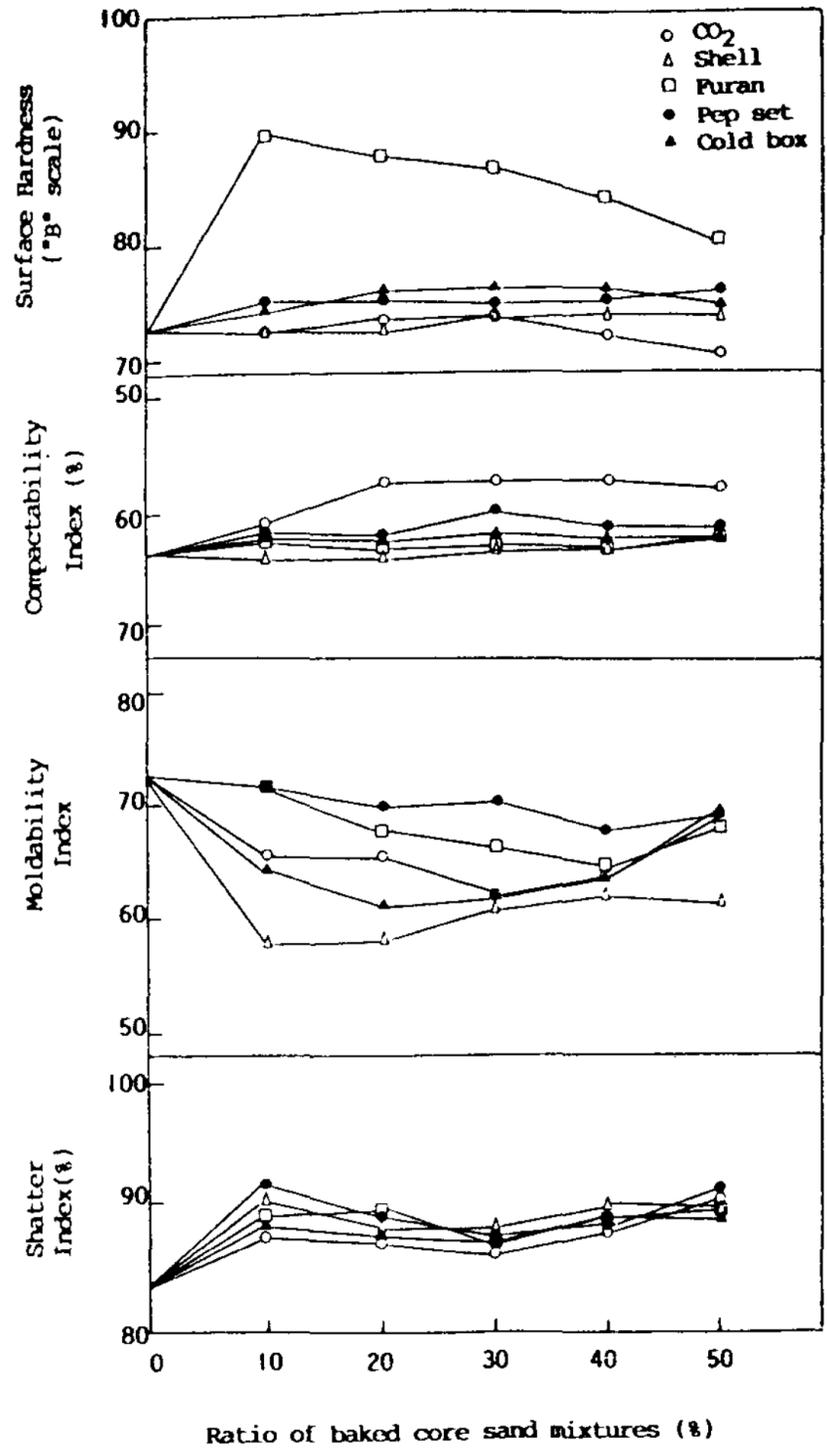


Fig. 2b Effect of ratio of baked core sand mixtures with 5% bentonite and 3% moisture on the properties of system sand.

내며 CO₂형, Shell형, Pep Set형 및 Cold Box형사는 거의 변화가 없는 일정한 값을 나타내었다.

Photo. 2는 소성중자사를 30% 배합한 주물사의 결합상태로서 사립자의 표면이 미려한 벤토나이트 결합상태를 보였다. 따라서 소성중자사를 배합하는 경우 일정한 수분 및 벤토나이트에 있어서 적정 수분량 변화에 의하여 주물사의 성질이 다소 변화를 나타내는 것으로 사료되었다.

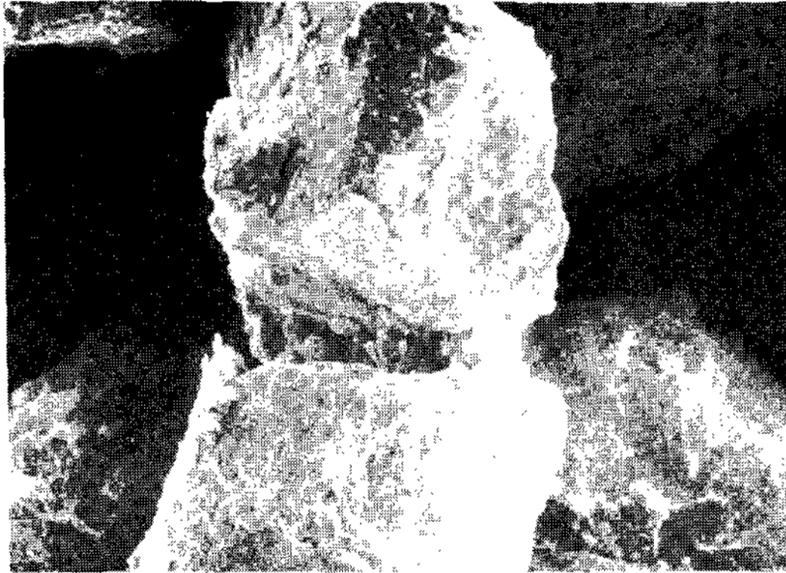
3) 중자사에 의한 작열감량

Fig. 3은 DTA를 이용하여 각종 비소성중자사를 원료사에 30% 첨가 혼련한 주물사의 작열감량을 나타내었다.

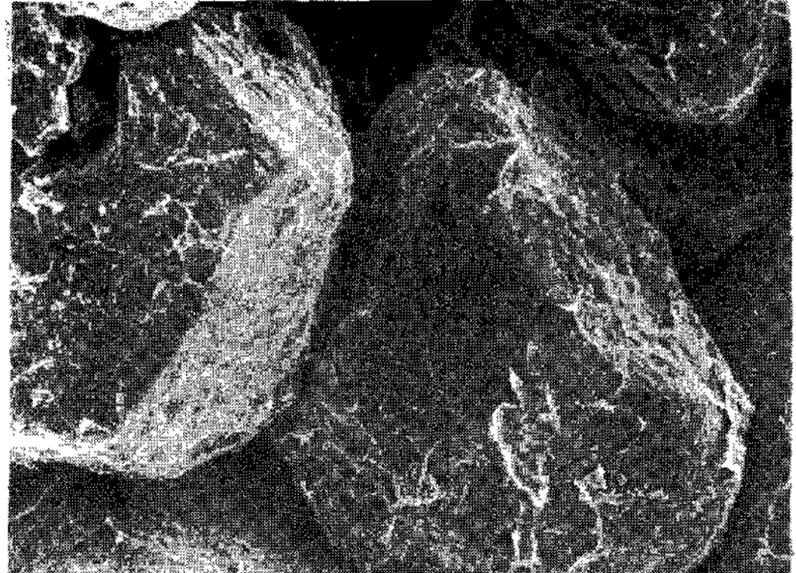
Shell 형사를 첨가한 경우 작열감량이 가장 많았

으며, Cold Box형, Furan형, Pep Set형 및 CO₂형사순으로 작열감량이 감소하였다. 이는 유기점결재를 사용한 중자사가 배합되는 경우 무기점결재를 사용한 중자사보다 작열감량이 많음을 알 수 있었다. 따라서 유기점결재가 무기점결재보다 열화학적 변화가 심한 것으로 사료되었다. 그러므로 중자사가 첨가되는 경우 작열감량을 감소시킬 수 있는 재생처리를 필요로 하였다.

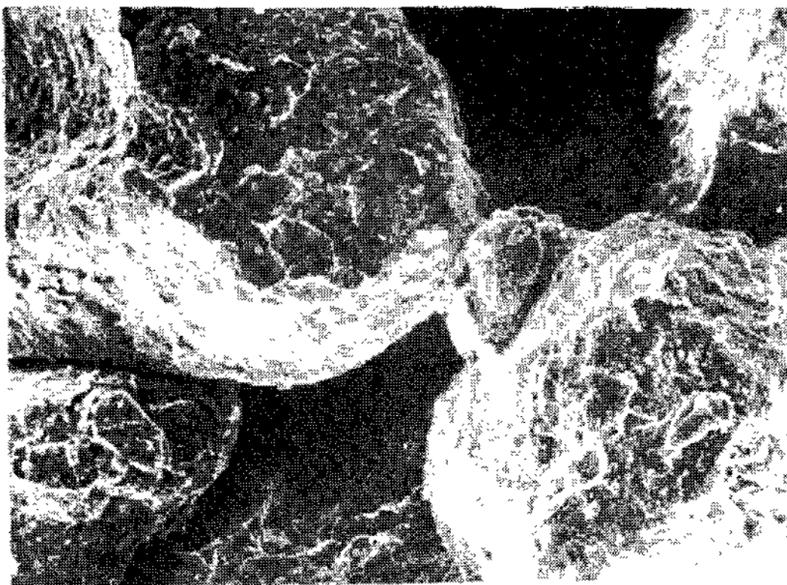
Fig. 4는 비소성중자사를 30% 배합한 주물사의 열분석 곡선을 나타내었다. 580-600°C에서의 급격한 흡열 peak는 주물사의 주성분인 3방정계 α-SiO₂가 573°C에서 6방정계 β-SiO₂로 상변태에 따른 흡열 peak이며 또한 900°C 이상에서의 복잡한 형상의 peak는 열화학 변화에 따른 복잡한 반응으



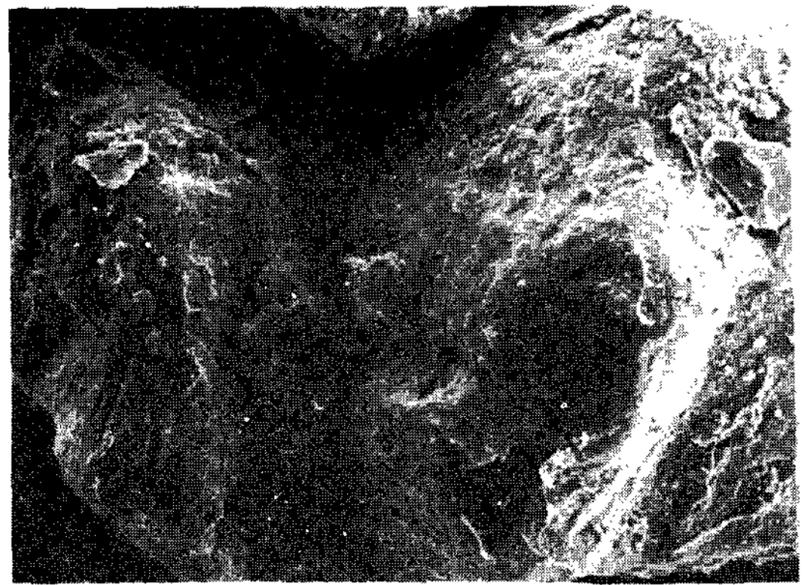
CO₂ core sand



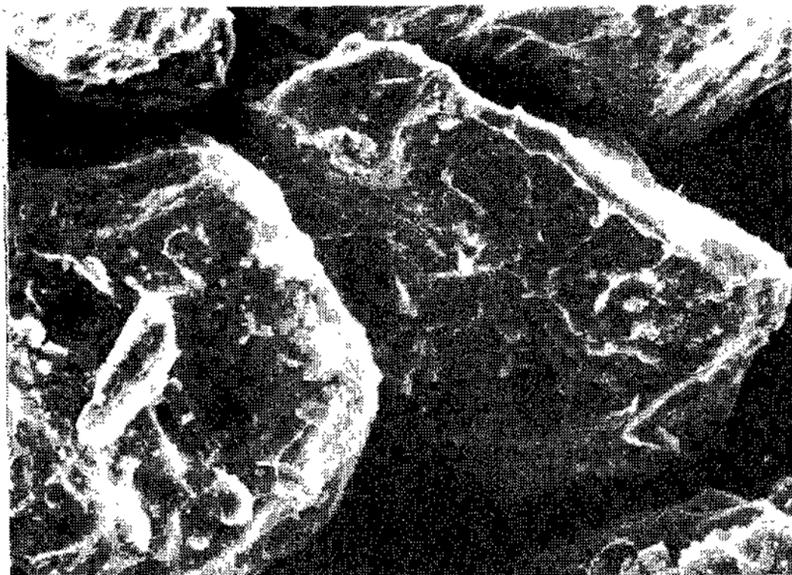
Shell core sand



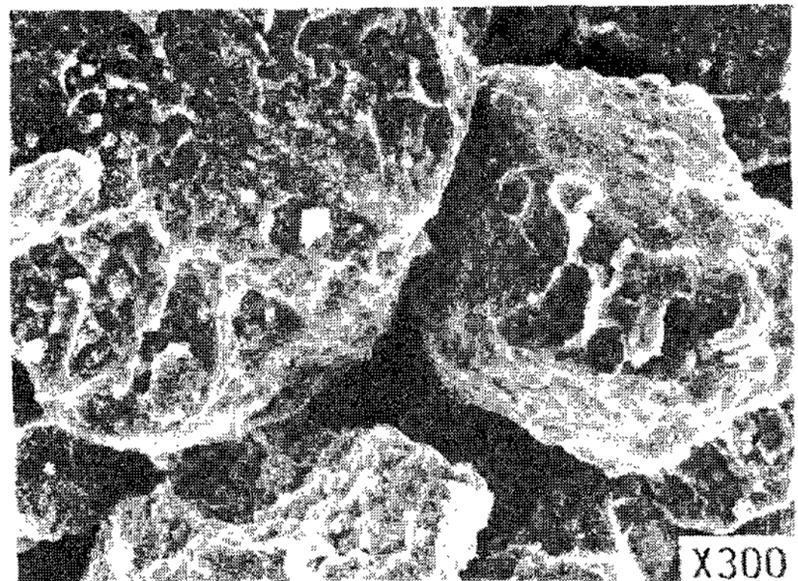
Pep set core sand



Cold box core sand



Furan core sand



Green sand

Photo. 2 SEM micrograph of sand mixtures containing
 30% baked core sands.(x300)
 CO₂ core sand Shell core sand Pep Set core sand Cold Box core sand
 Furan core sand Green sand

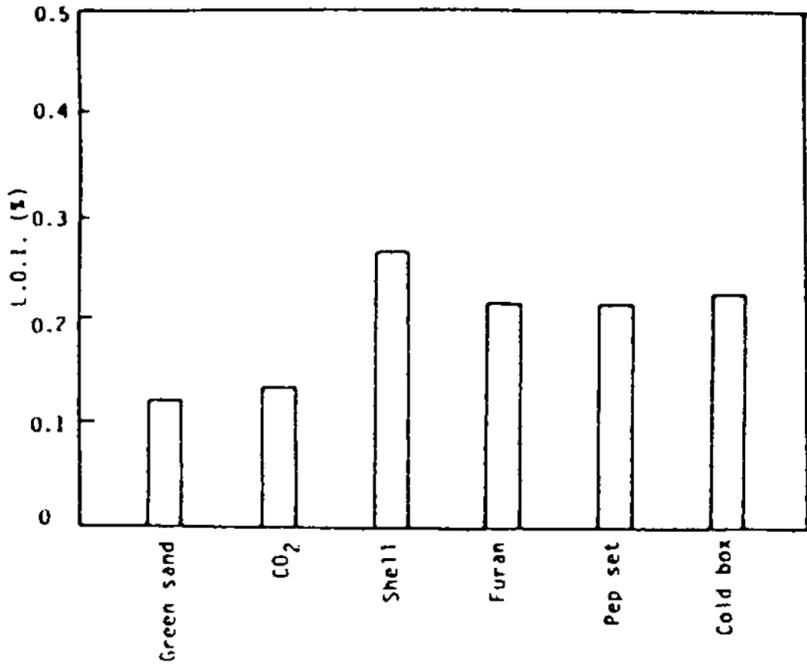


Fig. 3 L. O. I. of sand mixtures containing 30% core sands.

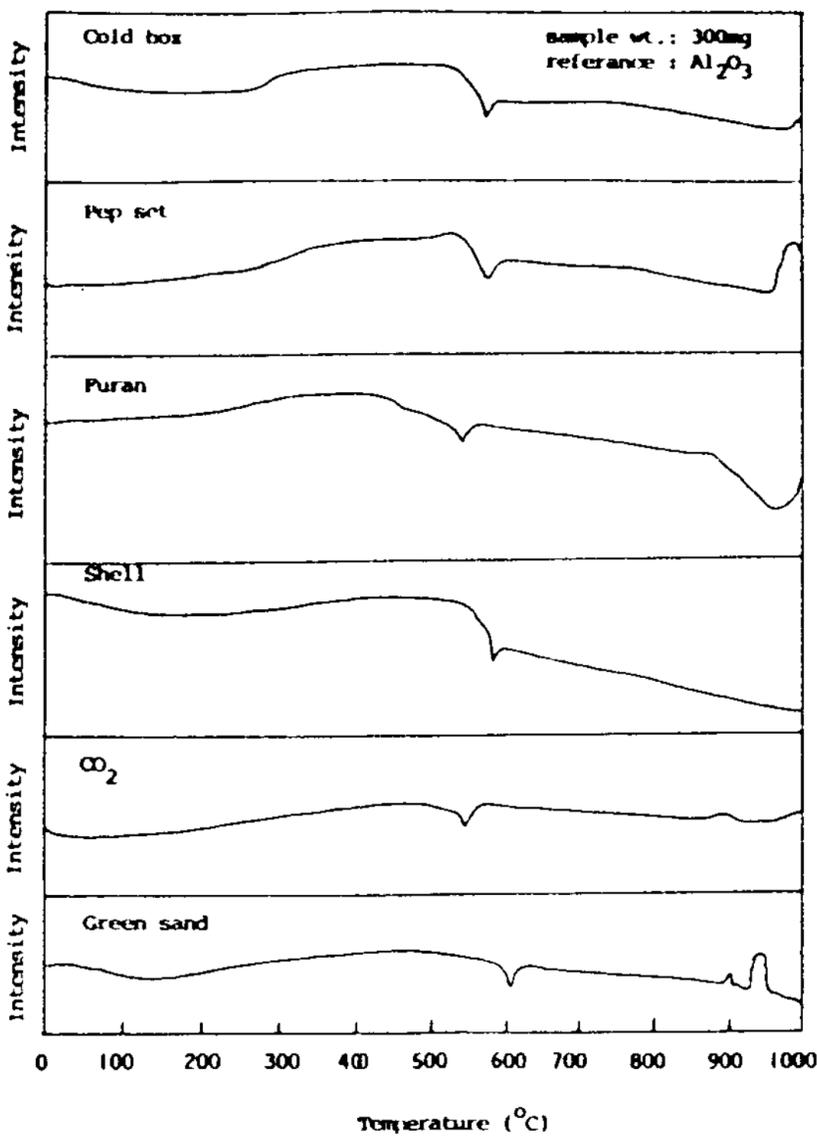


Fig. 4 Thermal analysis curves of various sand mixtures containing 30% core sands and green sand.

로서 중자사의 점결재와 벤토나이트의 반응생성물은 생성되지 않은 것으로 사료되었다.

4) 비소성중자사와 소성중자사의 주물사 성질 비교

시스템사에 있어서 중자사로 가장 많이 사용되는 Shell 형사와 Cold Box 형사에 대하여 주물사

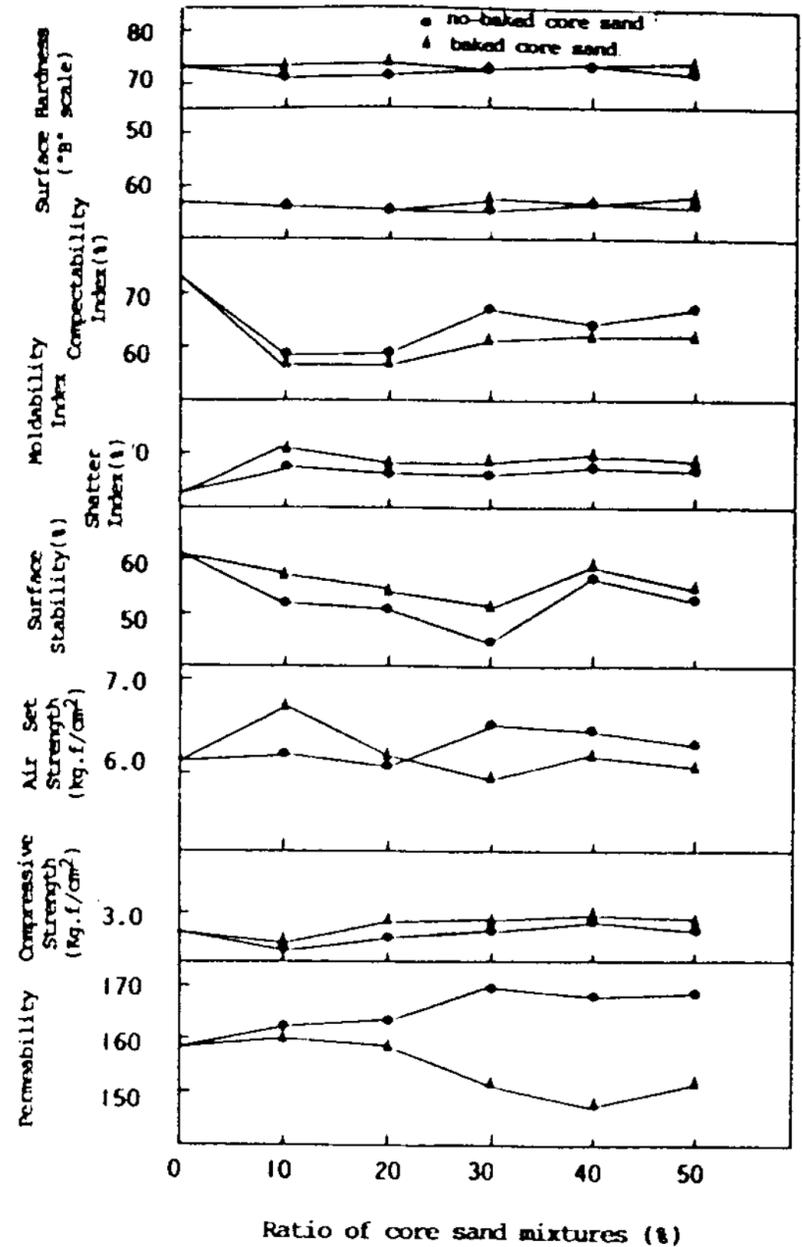


Fig. 5 Variation of the properties of system sand containing Shell core sand.

성질에 미치는 영향을 조사하고자 비소성중자사와 소성중자사를 비교하여 Fig. 5 및 Fig. 6에 나타내었다. 주물사의 성질에 따라 다소 차이는 있으나 중자사의 배합비 증가에 따라 변화하지 않는 경향을 나타내었다.

Fig. 7 및 Fig. 8은 소성 및 비소성중자사를 각각 10% 및 30% 첨가한 시스템사의 주물사성질을 신사와 비교하였다.

중자사를 10% 배합한 경우에는 Shatter Index 및 표면경도는 신사의 경우보다 다소 증가하였으며 압축강도, 표면안정도, Moldability Index 및 Compactability Index 등은 감소하였으며 통기도에서는 CO₂형, Shell형 및 Furan 형사들은 증가하

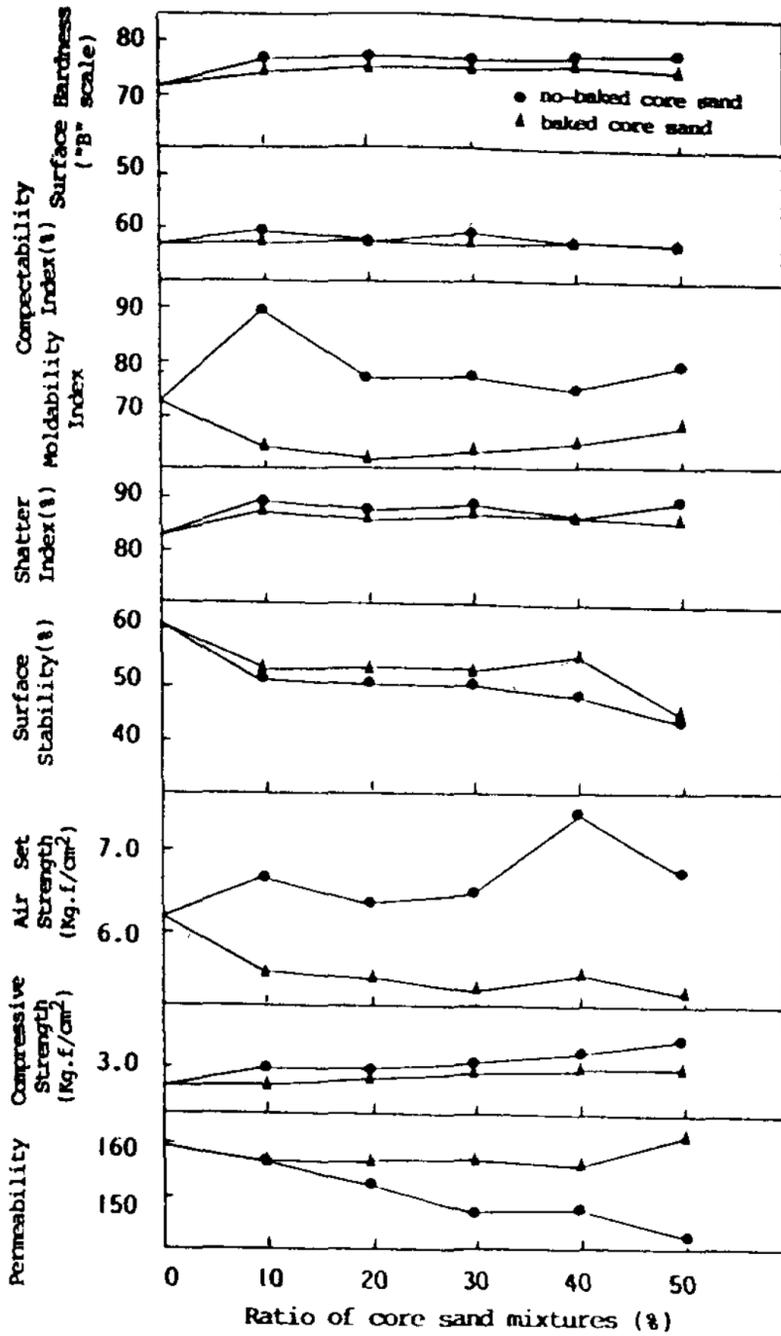


Fig. 6 Variation of the properties of system sand containing Cold Box core sand.

였으나 Pep Set형, Cold Box 형사등은 감소경향을 나타내었다.

또한 증자사를 30% 배합한 경우에는 Shatter Index 및 표면경도는 신사의 경우보다 증가하였으며 표면안정도, Compactability Index 등은 감소하였다. Moldability Index는 비소성 CO₂형 및 Cold Box 형사의 경우에는 증가하지만 그 외는 감소하였다. 압축강도는 비소성 CO₂형사의 경우 증가하였으나 그 외는 변화없이 일정하거나 다소 감소하는 경향을 나타내었다. 통기도는 소성 CO₂ 형사가 첨가된 경우 상당히 증가하였으며 비소성 Shell 형사가 첨가되는 경우에는 다소 증가하였으나 그 외는 감소하는 경향을 나타내었다.

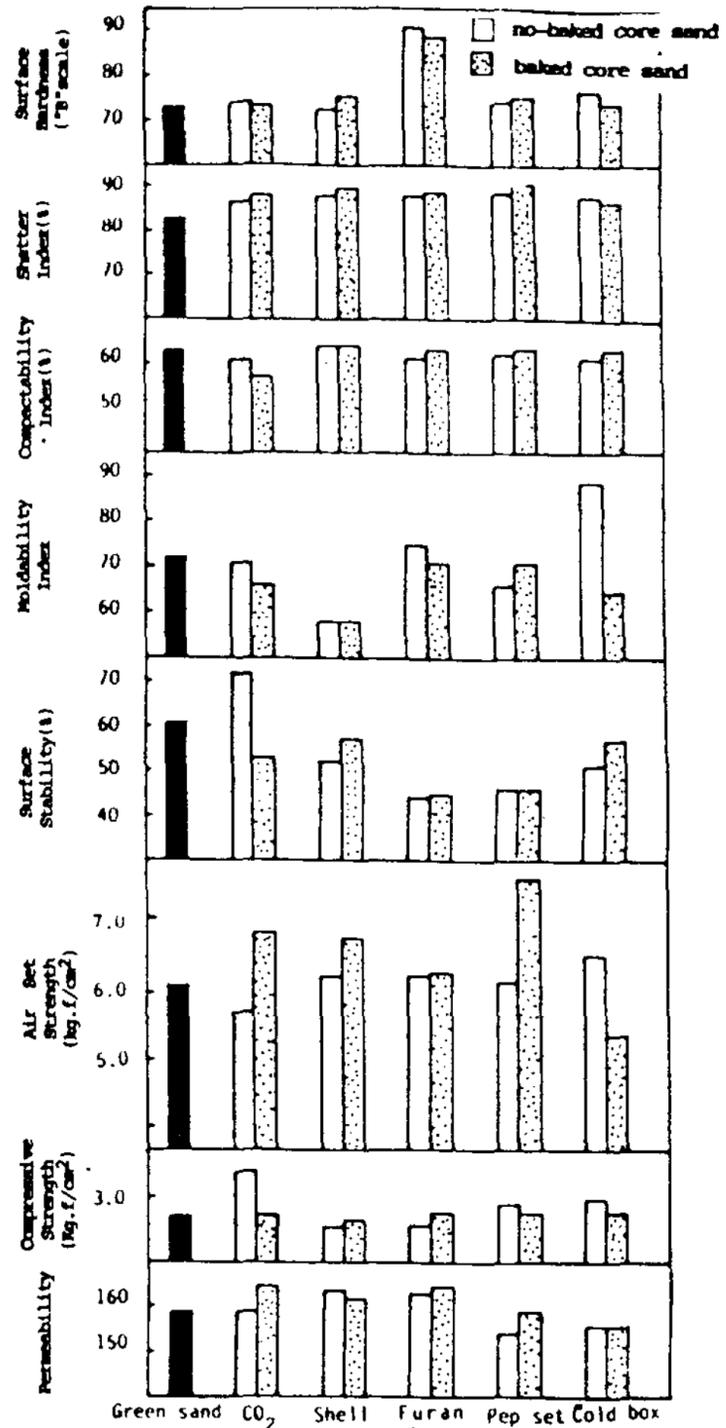


Fig. 7 Variation of the properties of system sand containing 10% core sand.

4. 결 론

국산 벤토나이트를 사용하는 시스템사에 있어서 벤토나이트 및 수분의 양이 일정한 경우 첨가되는 증자사에 의한 주물사의 성질변화를 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 비소성증자사가 첨가되는 경우 증자사의 배합비 증가에 따라 주물사의 성질은 Shatter Index, 표면경도, 압축강도, Compactability Index 및 Moldability Index 등은 변화없이 일정한 값을 나타내며 표면안정도, 통기도 및 Air Set Strength 등은 감소경향을 나타내었다.

2. 소성증자사를 첨가하는 경우 배합비 증가에 따라 주물사의 성질은 Shatter Index, Compacta-

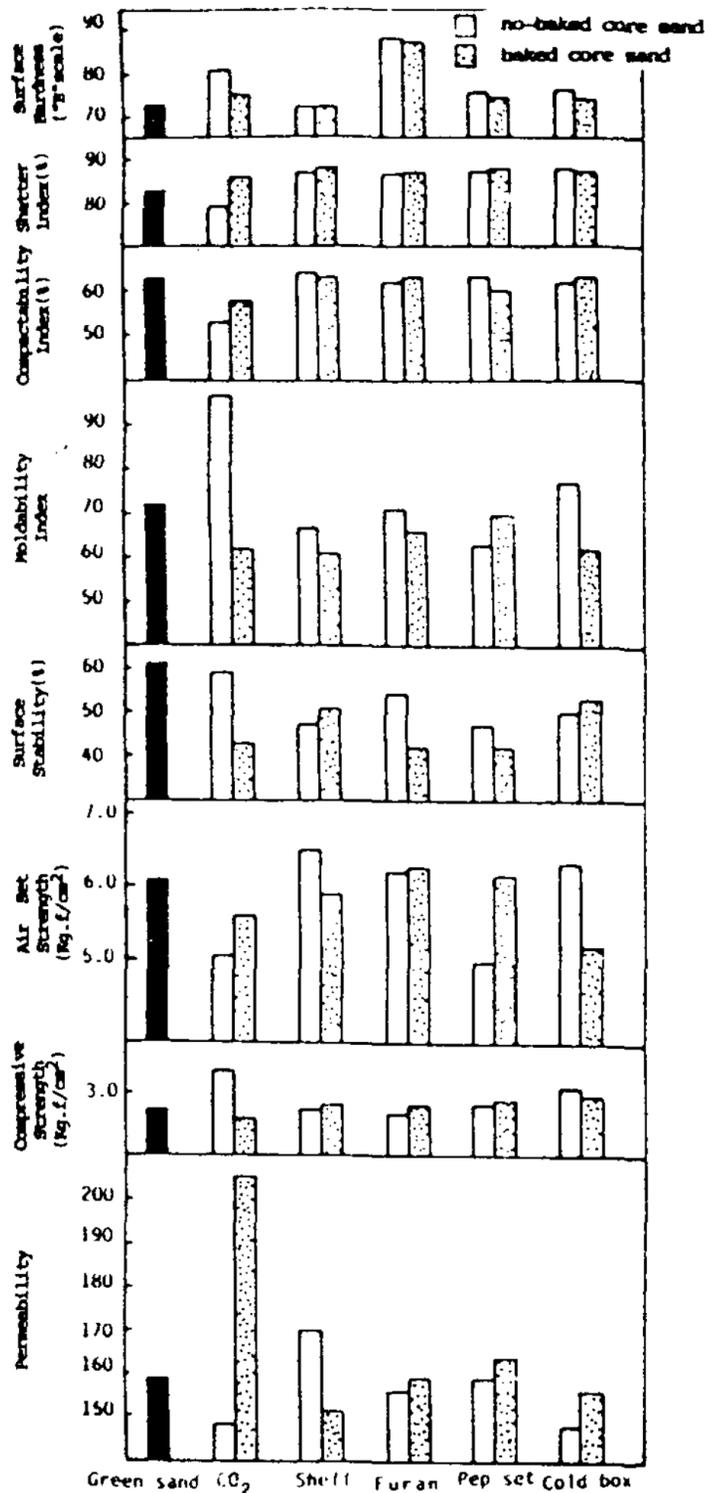


Fig. 8 Variation of the properties of system sand containing 30% core sand.

bility Index, 표면경도 및 압축강도는 변화없이 일정한 값을 나타내며 표면안정도, Moldability Index 및 Air Set Strength는 감소경향을 나타내며 통기도는 다소 증가경향을 나타내었다.

3. 소성중자사와 비소성중자사가 각각 첨가되는 경우 주물사의 성질에 미치는 영향을 신사와 비교하면 소성 및 비소성중자사 모두 Shatter Index는 증가하며 표면경도 및 Compactability Index는 변화가 없으나 표면안정도는 감소경향을 나타내었다. 또한 소성중자사의 경우 Air Set Strength 및 통기도는 증가하고 압축강도는 변화가 없으나 Moldability Index는 감소하며 비소성중자사에 있

어서 Moldability Index, Air Set Strength, 압축강도 및 통기도등은 중자사의 종류에 따라 변화하였다.

4. 주물사의 성질에 미치는 소성중자사와 비소성중자사의 영향을 비교하면 Compactability Index, Shatter Index 등은 중자의 종류에 관계없이 거의 비슷한 경향을 나타내나, 다른 성질들은 중자사의 종류에 따라 다소 차이가 있었다.

5. 비소성중자사를 30% 첨가한 경우 주물사의 작열감량은 무기질보다 유기질점결재의 중자사를 배합한 경우가 약 2배 많았다.

후 기

본 연구는 1987년도 한국주조공학회 연구보조비 지원에 의하여 수행되었으므로 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. S. Tasima, S. Ktasima : Imono, Vol. 59(1987), No. 11, p. 652
2. W. B. Parkes : Clay-Bonded Foundary Sand (1975), p. 192
3. G. P. Vingas : AFS Trans., Vol. 78(1970), p. 213
4. A. P. Volkmar, C. E. Wenninger : AFS Trans., Vol. 78(1970), p. 17
5. C. E. Wenninger : AFS Trans., Vol. 77(1969), p. 39
6. r. W. Heine, J. S. Shumacher : AFS Trans., Vol. 86, p. 365
7. H. W. Dietert, F. Hofman, A. L. Graham : AFS Trans., Vol. 77(1969), p. 134
8. R. W. Heine, E. H. King, J. S. Shumacher : AFS Trans., Vol. 68(1960), p. 86
9. H. W. Dietert, J. S. Shumacher : AFS Trans., Vol. 82(1974), p. 329
10. A. P. Volkmar : AFS Trans., Vol. 78(1970), p. 17
11. Magigugi : (재) 종합주물센타편, "주형의 기초적 방안"(1977)
12. S. Hito et al : 주조공학(1978), pp. 210-249
13. Wakao : "시스템 샌드의 기본과 고찰"(1974)