

생석회-알루미늄분말혼합물에서 성분들의 수화거동에 대한 연구

윤준, 김진명, 리광혁

생석회-알루미늄분말로 이루어진 혼합물은 일종의 발열재로서 열원이 없는 장소에서 식품이나 의료설비 또는 약품을 가열 및 보온[3, 4]하는데 널리 리용하고있으며 이에 대한 연구[1, 2]도 널리 진행되고있다.

우리는 우리 나라에 많이 매장되어있는 석회석을 소성하여 얻은 생석회와 금속알루미늄분말을 발열재로 리용하는데서 나서는 과학기술적문제들을 풀기 위하여 이 혼합물들에 염화마그네시움과 초산나트륨을 첨가할 때 저온수화과정에서 일어나는 성분들의 수화거동을 연구하였다.

실험 방법

실험에 리용한 생석회의 화학조성은 선행연구[1]와 같으며 금속알루미늄분말은 Al_2O_3 함량과 불순물함량이 4.2질량%이하이고 립경은 $45\mu m$ 이하인것을 리용하였다.

수화실험은 다음과 같은 방법으로 진행하였다.

모든 시료들은 수화하기 전에 $150^{\circ}C$ 에서 2h동안 건조시켰다. 다음 생석회와 알루미늄분말을 일정한 량으로 각각 평량하여 볼밀분쇄기에서 60r/min의 속도로 30min동안 혼합분쇄하였다. 1회실험에 리용한 발열재량은 60g(생석회와 알루미늄분말 각각 30g)이고 수화반응에 리용한 증류수나 첨가제가 용해된 용액의 온도는 $0^{\circ}C$ 이다. 500mL 수지비커에 온도계를 설치하고 $0^{\circ}C$ 의 항온분위기에서 주어진 량의 증류수 또는 첨가제가 용해된 $0^{\circ}C$ 의 용액 100mL를 첨가하는 순간부터 1min간격으로 시간에 따르는 수화계의 온도변화를 측정하였다. 측정과정에 $0^{\circ}C$ 의 항온분위기는 냉장실의 온도를 일정하게 유지하는 방법으로 보장하였다. 수화계의 온도변화 즉 발열특성을 열량계를 리용하여 측정하지 않은것은 겨울철 야외조건에서 주어진 발열재의 발열효과를 고찰하고 적합한 발열재료와 첨가제를 선택하기 위해서이다.

실험결과 및 고찰

수화시간에 따르는 CaO-Al혼합물의 온도변화를 고찰한 결과는 그림 1과 같다.

그림 1에서 보는바와 같이 $0^{\circ}C$ 에서 생석회와 알루미늄은 물과 작용하여 1min내에 발열되기 시작하며 7min후에는 최대온도에 이르지만 시간에 따르는 온도감소가 심하다.

이것은 CaO-Al혼합물의 수화과정은 초기에 CaO의 수화가 먼저 일어나고 수화계의 온도가 높아지는데 따라 Al의 수화반응이 뒤따라 일어나는 방식으로 진행되며 미반응 CaO함량이 감소하는데 따라 수화계의 온도가 낮아지면 수화속도도 같이 떠진다. 그것은 CaO-Al혼합물의 수화반응이 효과적으로 일어나면서도 시간에 따르는 수화계의 온도변

화 즉 발열속도가 균일하게 조정되지 못한것과 관련된다.

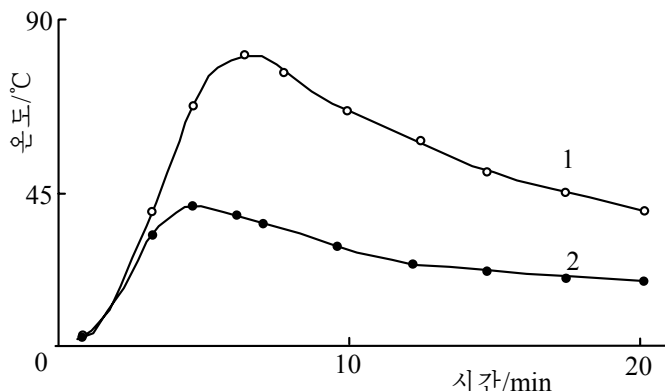


그림 1. 수화시간에 따르는 CaO-Al혼합물의 온도변화
1, 2는 CaO-Al과 CaO인 경우

CaO-Al혼합물에서 생석회와 알루미늄의 함량에 따르는 수화계의 최대온도 및 유지시간(60°C이상)변화를 표에 보여주었다. 1회 실험량은 발열재총량 60g 그리고 증류수첨가량은 100mL로 고정하였다.

표. CaO-Al혼합물에서 CaO와 Al함량에 따르는 수화계의 최대온도 및 유지시간변화

No.	함량/질량%		최대 온도/°C	60°C이상 유지시간/min
	생석회	알루미늄		
1	50	50	81	8
2	55	45	79	10
3	60	40	75	12
4	65	35	83	6
5	70	30	83	6

표에서 보는바와 같이 CaO-Al혼합물의 발열특성은 생석회와 알루미늄의 함량사이 복잡한 관계에 있다는것을 보여준다. 혼합물에서 알루미늄함량이 감소하는데 따라 최대온도는 감소하는데 유지시간은 증가하는 경향성을 나타낸다. 이것은 수화계의 최대온도증가에는 알루미늄이 중요한 영향을 주지만 지속적인 유지에는 생석회가 큰 작용을 한다는것을 보여준다. 그러므로 생석회와 발열재에 의한 수화계의 온도상승을 효과적으로 조절하기 위하여 첨가제에 의한 발열실험을 진행하였다.

그림 2에 CaO-Al혼합물의 수화반응계에서 CH_3COONa 와 MgCl_2 첨가제가 발열특성에 미치는 영향을 수화시간에 따르는 온도변화로 고찰하고 실험결과를 CaO와 Al의 수화반응경우와 비교하여 주었다.

그림 2에서 보는바와 같이 CaO-Al-1.5질량% CH_3COONa -1.0질량% MgCl_2 수화계의 발열특성은 CaO-Al혼합물에 1.5질량%의 CH_3COONa 를 첨가한 경우와 일부 다른 경향성을 나타낸다는것을 알수 있다. 두 경우에 수화반응의 유도시간은 유사하지만 최대온도와 그것에 도달하는 시간은 CH_3COONa 를 첨가한 경우 더 효과적이지만 유지시간은 1.0질량% MgCl_2 을 첨가한 경우에 더 길다.

CaO-Al혼합물에서 수화초기 CaO수화에 의하여 OH^- 의 농도가 증가하는 동시에 계의 온도가 높아지면서 CH_3COONa 의 가수분해가 촉진되는 결과에 알루미늄결면의

Al_2O_3 이 제거되고 Al수화반응이 빨리 일어난다.

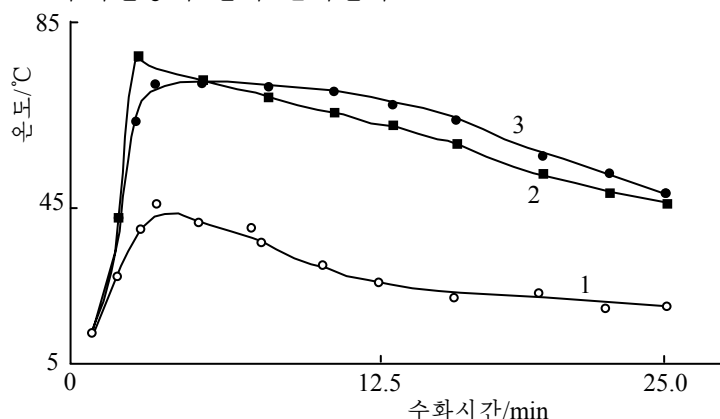
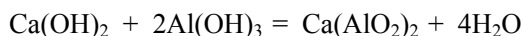
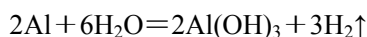
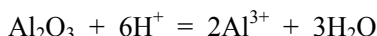
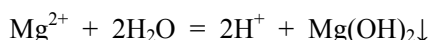
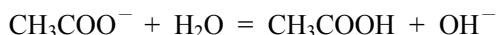
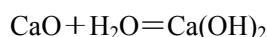


그림 2. CaO-Al혼합물의 발열특성에 미치는 첨가제의 영향
1-3은 CaO-Al-1.5질량% CH_3COONa -1.0질량% MgCl_2 , CaO-Al-1.5%질량
 CH_3COONa , CaO-1.5질량% CH_3COONa 인 경우

이 혼합물에 1.0질량%의 MgCl_2 이 더 첨가되면 CH_3COO^- 과 마찬가지로 Mg^{2+} 의 가수분해가 일어나면서 수화초기에 Al의 수화반응이 촉진되지만 동시에 난용성 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 함량도 늘어난 결과 CaO의 수화반응이 완만하게 일어난다고 볼수 있다. CaO-Al혼합물에 1.5질량%의 CH_3COONa 를 첨가하면 수화반응의 유도시간과 최대온도에 이르는 시간이 짧아지며 1.0질량%의 MgCl_2 을 첨가한것은 그 이상에서는 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 에 의한 수화반응속도가 거의 변하지 않는것과 관련된다.

총적으로 CaO-Al-1.5질량% CH_3COONa -1.0질량% MgCl_2 혼합물의 수화과정은 다음의 반응으로 설명할수 있다.



실험결과들로부터 0°C에서 CaO-Al혼합물의 수화는 CaO의 수화가 먼저 일어나고 수화계의 온도가 높아지는데 따라 Al수화반응이 뒤따라 일어나는 방식으로 진행되며 수화촉진제 CH_3COONa 는 가수분해되어 금속알루미늄표면의 Al_2O_3 막을 제거한다는것을 알수 있다. 또한 수화조절제 MgCl_2 은 생석회와 알루미늄에 대하여 난용성 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 을 형성하여 수화반응을 억제하는 작용을 한다고 볼수 있다.

맺 는 말

CaO-Al혼합물의 수화과정에서 CH_3COONa 는 가수분해되어 금속알루미늄표면의 Al_2O_3 막을 제거함으로써 알루미늄의 수화를 촉진시키는 역할을 하고 MgCl_2 은 생석회와 알루미늄에 대하여 난용성의 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 을 형성하여 수화반응을 억제하는 작용을 한다.

참 고 문 헌

- [1] 강희성 등; KP 58008Y, 주체103(2014).
- [2] 김진명 등; 화학공업, 2, 25, 주체109(2020).
- [3] M. A. Barakat; Separation and Purification Technology, 3, 214, 2015.
- [4] W. C. Richard; US 20170240441A1, 2017.

주체110(2021)년 1월 5일 원고접수

On the Hydration Behavior of Components in Mixture of Quicklime—Aluminium Powder

Yun Jun, Kim Jin Myong and Ri Kwang Hyok

In the hydration process of $\text{CaO}-\text{Al}$ mixture, CH_3COONa accelerates the hydration of aluminium by hydrolyzing and MgCl_2 inhibits the hydration reaction by forming $\text{Mg}(\text{OH})_2$ with slightly solubility.

Keywords: quicklime, aluminium, hydration, exothermic heat