

고산석회석의 압력전달특성에 대한 연구

김광영, 차상준

경애하는 최고령도자 김정은동지께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《과학연구부문에서는 과학기술로 경제발전의 길을 열고 과학기술로 경제를 이끌어 나가야 한다는 관점과 립장을 가지고 우리 경제의 자립성과 주체성을 강화하며 인민생활을 향상시키기 위한 과학기술적방안과 실행대책을 명확히 세우고 집행해나가야 합니다.》

(《조선로동당 제7차대회에서 한 중앙위원회사업총화보고》 단행본 40페이지)

고체압력전달매질[1-6]은 초고압고온에서의 물성연구, 재료합성에서 매우 중요한 역할을 한다. 고체압력전달매질로 리용되는 재료에는 엽랍석, 활석 등과 함께 탄산염재료들이 속한다.

우리는 탄산염재료에 속하는 고산석회석의 물리력학적특성을 고찰함으로써 고산석회석이 초고압발생을 위한 압력전달매질로 적합하다는것을 확증하였다.

실 험 방 법

실험에서는 평양시 대성구역 고산동에서 채취한 석회석을 리용하였다. 채취한 고산석회석은 검은색에 가까운 진한 회색이다. 상대적으로 연한 회색부분도 있다.

장치로는 X선회절분석기(《Rigaku-Miniflex》)와 시차열분석기(《Shimadzu TGA-50H》)를 리용하였다.

이때 리용된 석회석분말의 립도는 $40\mu\text{m}$ 이하이다.

고체압력전달매질의 쓸림특성을 고찰하기 위한 시편은 다음과 같이 제조하였다. 고산석회석재료를 립자의 최대크기가 2mm정도 되도록 분쇄하였다. 분쇄한 분말에 밀도가 1.2g/cm^3 인 물유리를 10%정도 섞고 다시 균일하게 혼합한 다음 형타에서 직경 6mm, 두께가 2, 3, 4mm 되게 각각 3개씩 200MPa의 압력으로 성형하고 대기속에서 자연건조시켰다.

실 험 결 과

고산석회석시료의 XRD도형은 그림 1과 같다.

그림 1에서 보는바와 같이 회절각 23.15° , 29.54° , 36.11° , 39.56° , 43.28° , 47.66° , 48.68° 에서 CaCO_3 (방해석)의 봉우리들이 나타났으며 31.07° , 33.62° , 37.43° , 41.21° , 44.99° , 51.11° , 59.93° 에서 $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (고회석)의 봉우리가 관측되였다. 이외에도 20.96° , 26.75° , 50.75° 에서 SiO_2 (석영)의 약한 봉우리가 나타났다.

또한 X선분석결과 고산석회석에는 CaCO_3 이 70.33질량%, SiO_2 은 3.57질량%, $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ 은 26.1질량%가 들어있었다. 이것은 선행연구결과[3]와 거의 류사하다.

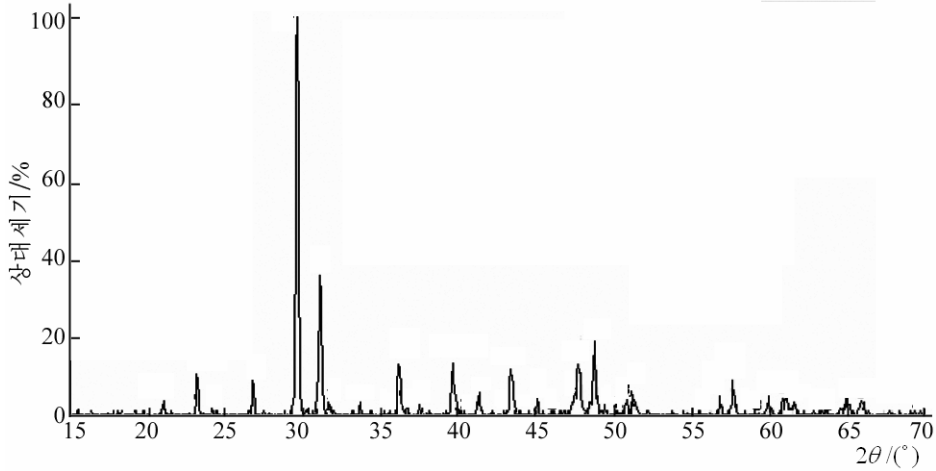


그림 1. 고산석회석시료의 XRD도형

고산석회석의 열무게분석결과는 그림 2와 같다. 시료에 대한 가열은 24.71°C로부터 시작하였으며 총가열시간은 약 45min이다.

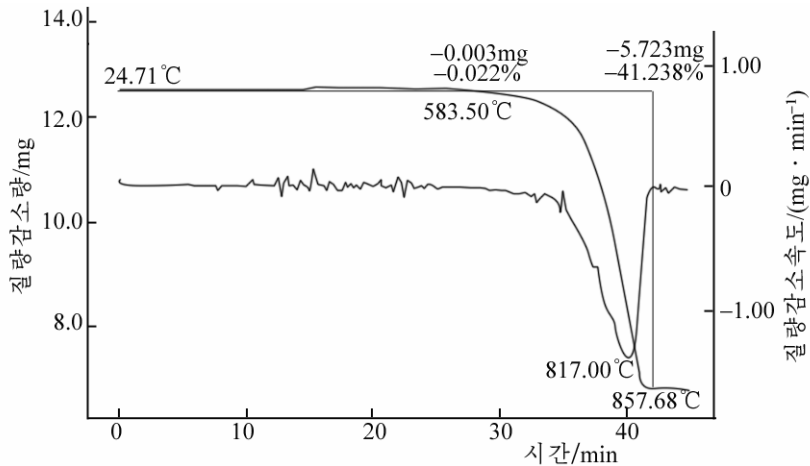


그림 2. 고산석회석의 열무게분석결과

그림 2에서 보는바와 같이 583.50°C에서 시료의 질량은 0.003mg(0.022%)만큼 줄어들었으며 857.68°C에서는 5.723mg(41.238%)만큼 줄어들었다.

질량감소의 원인은 CaCO_3 이 일정한 온도에서 가열되면 CaO 와 CO_2 로 분해되면서 CO_2 이 날아나는데 있다고 본다.

최근에 압력전달매질로 광범히 이용되고있는 방해석의 주성분은 CaCO_3 인데 10^5Pa 의 압력에서는 640°C에서 분해되지만 고압하에서는 녹음점에서도 분해되지 않는다. 사실 초고압실험에서는 수천°C의 온도가 요구되지만 그렇다고 하여 압력전달매질전체가 그만한 온도에 있게 되는것은 아니다. 가열은 간접 및 직접가열방식으로 압력전달매질이 설치된 시료실에서 진행되므로 시료실을 둘러싸고있는 극히 작은 구역만이 국부적으로 세계 가열된다. 그러므로 CaCO_3 이 분해되는 온도에는 이르지 못한다.

시료실과의 린접구역에서 형성되는 CaO 는 밀폐된 상태에서 압력전달매질과 유사한

역할을 하며 CaCO_3 이 분해되면서 생기는 CO_2 은 시료실내부의 압력을 보다 높여주게 된다.

또한 CO_2 은 비산화성기체로서 초고압고온실험때 시료와 그것들의 반응과정에 부정적 영향을 주지 않는다.

고산석회석의 쓸림특성값은 제조한 시편을 1.44GPa의 압력으로 압착하여 림계두께(h_c)를 측정하는 방법으로 결정하였다.

림계두께는 공이작업끝면의 직경이 6mm인 평면모루형고압장치를 리용하여 측정하였다. 두께가 2, 3, 4mm인 시편들에 대하여 림계두께를 측정하고 그것의 평균값을 결정하였다.(표)

표. 고산석회석시편의 림계두께

시편두께/mm	시편번호	림계두께/mm	평균값/mm
2	1	0.64	0.61
	2	0.56	
	3	0.63	
3	1	0.61	0.57
	2	0.58	
	3	0.53	
4	1	0.58	0.62
	2	0.64	
	3	0.66	

표에서 보는바와 같이 고산석회석의 림계두께는 0.6mm이다.

쓸림특성값은 림계두께를 공이의 직경으로 나누어 결정한다. 즉 고산석회석의 쓸림특성값은 $h_c/(2a)=0.6/6=0.1$ 이다.

삼신랍석의 쓸림특성값은 0.054~0.061, 강서랍석의 쓸림특성값은 0.067~0.073이다.[2]

최근 압력전달매질로 광범히 리용되고있는 방해석의 쓸림특성값은 분말상태에서 0.095정도이며 엽랍석의 쓸림특성값은 0.074정도이다.[5]

고산석회석의 쓸림특성값은 0.1로서 랍석재료에 비하여 크다.

압력전달매질은 압력밀폐작용과 압력전달작용을 동시에 수행하게 되는데 압력밀폐작용을 하는 재료는 쓸림특성값이 큰것일수록 좋다. 따라서 고산석회석은 압력밀폐작용이 좋은 재료라는것을 알수 있다.

맺 는 말

탄산염재료들중의 하나인 고산석회석이 초고압발생을 위한 압력전달매질로 리용할수 있는 좋은 재료로 된다는것을 확증하였다. 고산석회석은 CaCO_3 을 70.33질량%, SiO_2 을 3.57질량%, $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ 을 26.1질량% 함유하고있다. 고산석회석의 쓸림특성값은 0.1로서 엽랍석이나 활석과 같은 다른 재료들에 비하여 약간 크다.

참 고 문 헌

- [1] 김수건; 초고압물리학, 김일성종합대학출판사, 63~69, 주체94(2005).
- [2] 김광영 등; 김일성종합대학창립 70돐기념 전국부문별과학토론회논문집(수학, 물리), 고등교육도서출판사, 125~126, 주체105(2016).
- [3] С. А. Виногров; Сверхтвердые материалы, 3, 36, 2000.
- [4] Л. Г. Хвостинцев и др.; Успехи физических наук, 178, 10, 1095, 2008.
- [5] Elena Boldyreva et al.; High-Pressure Crystallography, Springer, 1~34, 2010.
- [6] Y. A. Litvin; Genesis of Diamonds and Associated Phases, Springer, 137~143, 2017.

주체107(2018)년 3월 5일 원고접수

On the Pressure Transmission Property of Kosan Limestone

Kim Kwang Yong, Cha Sang Jun

We confirmed that Kosan limestone, being a carbonate material, can be used as a pressure transmission medium for super high pressure generation. Kosan limestone composed of CaCO_3 , SiO_2 and $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ of 70.33wt%, 3.57wt % and 26.1wt%, respectively.

The friction property of Kosan limestone is approximately 0.1, which is a little higher than those of other pressure transmission media such as pyrophyllite and talc.

Key words: super high pressure, pressure transmission media, friction property