

나노 다이아몬드의 농도 및 시간에 따른 흡광도 변화 특성

강순국*, 박중순**, 장민훈*

*선문대학교 환경공학과

**충북대학교 환경공학과

e-mail:kskang@sunmoon.ac.kr

Combustion characteristics of nanodiamond synthesized by detonation

Soon-Kook Kang*, Jong-Soon Park**, Min-Hoon Chang*

*Dept of Environmental Engineering, Sunmoon University

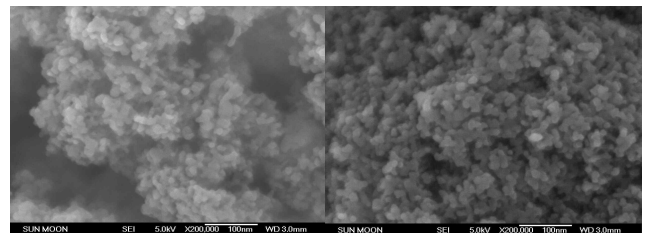
**Dept of Environmental Engineering, Chungbuk University

요 약

수용액에 첨가된 나노다이아몬드는 용매상 내에서 안정된 분산 특성을 나타낸다. 이런 분산 특성은 일정 시간동안 유지되지만, 농도와 시간에 따라 분산특성이 떨어지면서 일부 다이아몬드들의 침강이 나타난다. 이런 분산 및 침강 특성을 정량화하기 위하여 나노다이아몬드 수용액의 흡광특성을 비교 분석하였다. 파장에 따른 나노다이아몬드의 흡광도는 농도에 상관없이 350 nm까지 상승하다가 점차적으로 완만하게 감소하고 있다. 또한 300nm 파장에 대한 흡광도는 나노다이아몬드의 농도에 따라 거의 직선적으로 증가하는 것으로 나타났다.

1. 서론

현재 고온 고압법, 화학 기상 증착법, 충격파, 폭발법 등으로 제조되어 다양한 크기로 분급되어 판매되고 있는 나노다이아몬드는 sp³ 결합을 이루는 고결정성 나노 입자로서 투명도, 고강도, 화학적 안정성, 열전도성 등의 특성이 있어 도금, 고분자 복합재, lapping 또는 연마 도구 등으로 사용될 수 있다 [1-2]. 또한 인체 내에서도 변하지 않는 특성과 무해하다는 장점을 가지고 있어 인공망막이나 약물 운송장치 등 바이오 의료장치로 연구가 이루어지고 있다 [3-4]. 그러므로 본 연구에서 조사되고 있는 나노다이아몬드의 분산성에 대한 정량화 작업은 매우 가치가 있는 것으로 사료된다. 액상 수용액 내의 고체 미립자의 분산 정도를 절대 정량화수치로 표현하는 것은 매우 어려운 작업이나 기존 여러 연구에서 흡광도를 이용한 방법들이 거론되고 있다[5-6]. 본 연구에서는 UV 흡광분석계를 이용하여 수용액 내의 산처리 다이아몬드, 폭발에 의한 제조된 비정형 다이아몬드와 흑연의 농도에 따른 분산성을 제시하고자 한다.



(A) 폭발 다이아몬드 (B) 산처리 다이아몬드
[그림 1] 폭발 및 산처리 다이아몬드의 SEM 사진.

2. 실험

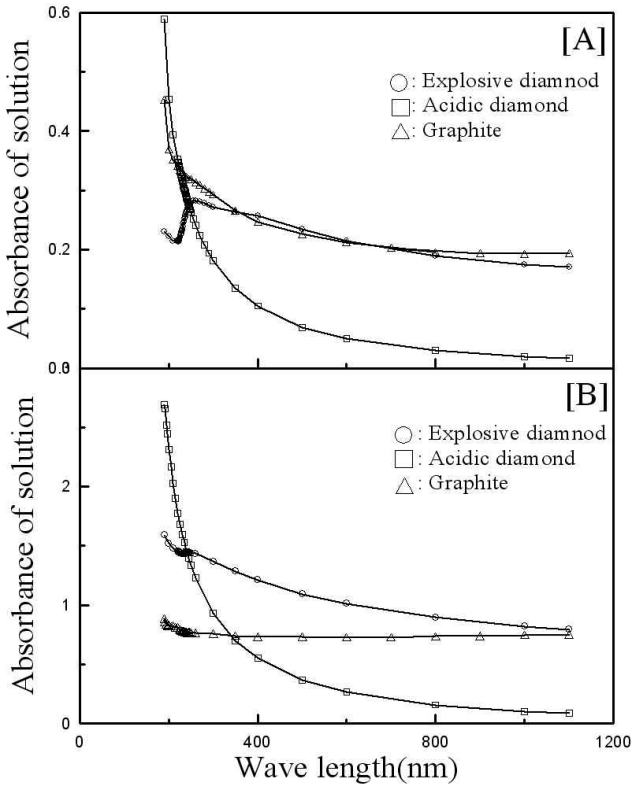
본 연구에 사용된 분산고체는 폭발법에 의해 제조된 흑연성 나노다이아몬드, 후처리인 산처리된 나노다이아몬드, 열처리된 나노다이아몬드 및 흑연이 사용되었다. 그림 1은 본 연구에 사용된 폭발 및 산처리 다이아몬드를 200,000배로 확대한 SEM 사진이다. 그림에서 보듯이 산처리 다이아몬드나 폭발 다이아몬드의 나노성 입자들은 서로 응집된 형태를 유지하고 있다. 또한 이들 입자에 대한 이미지 분석을 통해 산처리 다이아몬드는 보편적으로 11~20 nm이고, 폭발 다이아몬드는 15~25 nm로 측정되었다.

수용액 내의 각 나노입자들의 분산성을 평가하기

위한 흡광도 분석은 UV 흡광분석계(Biochrom S22)를 이용하였으며, 각 나노입자의 액상농도는 20 ~ 100 mg/L이다. 또한 분산의 안정성을 평가하기 위해서 시료 용액의 유지시간을 24시간으로 적용하여 매시간 마다 흡광도를 측정하였다. 또한 각 분산고체에 대한 표면의 극성 정도 또는 활성그룹을 평가하기 위해 FT-IR를 측정하였다.

가함에 따라 감소하는 경향성을 보이고 있다.

3.2 농도에 따른 흡광분석

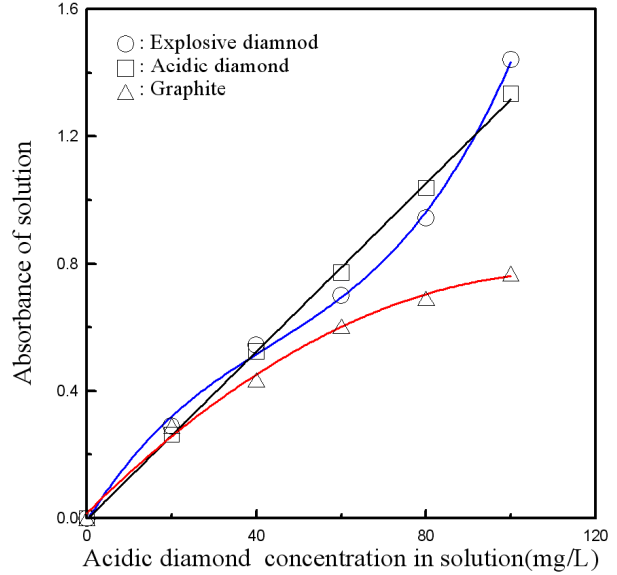


[그림 2] UV 파장에 따른 수용액 내의 입자에 의한 흡광도; (A) 20mg/L (B) 100 mg/L

3. 결과

3.1 UV 흡수광 파장에 따른 흡광분석

그림 2는 UV 파장에 따른 폭발 나노다이아몬드, 산처리 다이아몬드 및 흑연의 흡광도를 농도별로 나타내고 있다. 그림에서 보듯이 산처리 다이아몬드의 흡광도는 자외선 영역(400nm 이하)의 흡광 파장에서는 큰 폭으로 이 감소하지만 가시와 적외선 파장대에서는 감소폭이 그리 크지 않게 나타나고 있다. 흑연 수용액에 대한 흡광도 변화는 20 mg/L나 100 mg/L에서 크지는 않지만, 자외선 파장에서 흡광 특성이 크게 나타나고 있다. 고농도 그리 크지 않게 나타나고 있다. 저농도(20mg/L) 폭발 다이아몬드 수용액의 흡광도는 250nm 이하의 자외선 영역에서는 파장에 따라 감소하다가 증가하고 있다. 가시광선이나 적외선 영역에는 파장이 증



[그림 3] 수용액 내의 나노입자의 농도에 따른 흡광도.

그림 3은 수용액 내의 폭발에 의해 제조된 다이아몬드, 산처리된 다이아몬드 및 흑연 농도에 따른 흡광도를 나타낸 것이다. 그림에서 보듯이 수용액 내 나노입자의 농도가 증가할수록 증가하고 있다. 각 나노입자의 흡광변화 특성은 산처리 다이아몬드, 흑연 및 산처리 다이아몬드의 농도에 대해 각각 1차, 2차와 3차로 나타낼 수 있었다. 이들 흡광특성과 농도와의 관계는 다음 식(1)~(3)으로 나타낼 수 있다.

(i) 산처리 다이아몬드의 농도와 흡광도

$$Y = -0.005 + 0.0132X \quad (1)$$

(ii) 흑연의 농도와 흡광도

$$Y = -5.77 \times 10^{-5} X^2 + 0.0132X + 0.0153 \quad (2)$$

(iii) 폭발성 다이아몬드

$$Y = 2.31 \times 10^{-6} + 3.0 \times 10^{-4} X + 0.022X - 0.009 \quad (3)$$

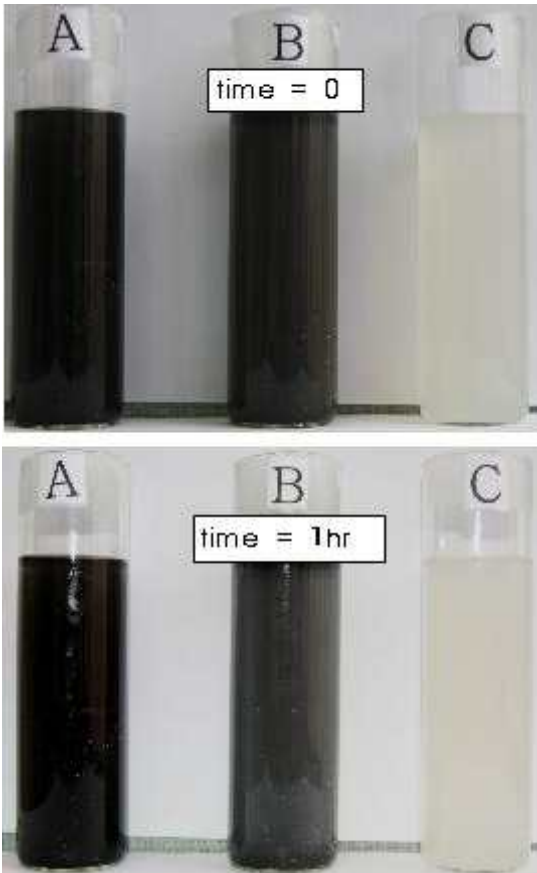
여기서 Y와 X는 각각 수용액의 흡광도와 수용액 내의 나노

입자의 농도를 나타낸다. 또한 식(1) ~ 식(3)으로 나타낸 수용액 내의 나노 성분의 질량과 흡광도에 대한 상관식의 R값은 산처리 다이아몬드, 흑연 및 폭발 다이아몬드에 대해 각각 0.999, 0.992과 0.98이다.

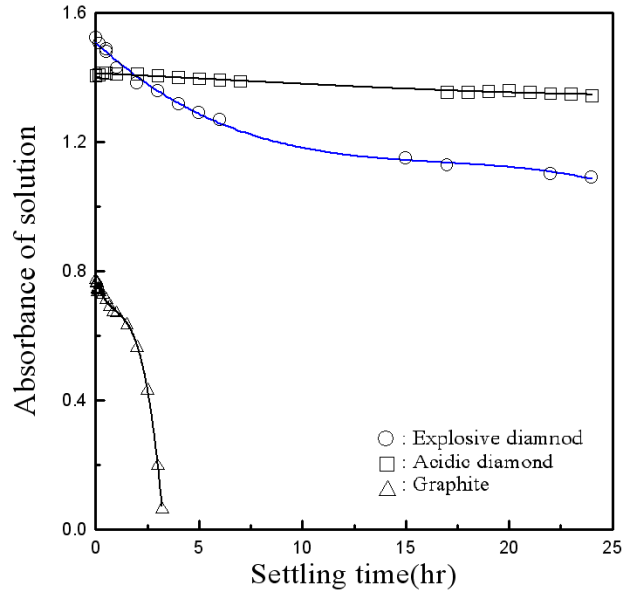
3.3 침강시간에 따른 분산 안정성 분석

그림 4는 침강시간 0과 1시간에 대한 폭발성 다이아몬드 분산용액(A), 산처리 다이아몬드 분산용액(B)과

흑연 분산용액의 사진을 나타낸 것이다. 본 실험에 사용된 분산용액은 초음파 분산기에서 2시간 분산시켜서 준비하였다. 나노입자의 분산농도는 100mg/L이다. 그림에서 보듯이 분산초기에는 3개의 분산용액의 분산정도가 크게 차이가 없음을 알 수 있다. 폭발성 다이아몬드와 산처리 다이아몬드 분산용액은 육안으로는 크게 차이가 없음을 나타내고 있지만, 흑연은 분산정도가 크게 떨어짐을 알 수 있다. 이는 흑연의 표면은 비극성으로 소수성을 띠고 있기 때문에 극성인 물에 대해 빠르게 침전이 일어나고 있다. 하지만 산처리된 다이아몬드나 폭발에 의해 제조된 다이아몬드의 표면에는 친수성기인 COOH나 OH 그룹에 표장되어 있는 것으로 사료된다. 이로 인해 나노 다이아몬드 입자들은 극성인 친수성에 가까운 특성을 보이는 것으로 사료된다. 그로인해 침강시간이 증가하여도 분산정도가 크게 감소하지 않고 있다. 하지만 육안으로는 분산 또는 침강 정도를 평가하기 힘들다.

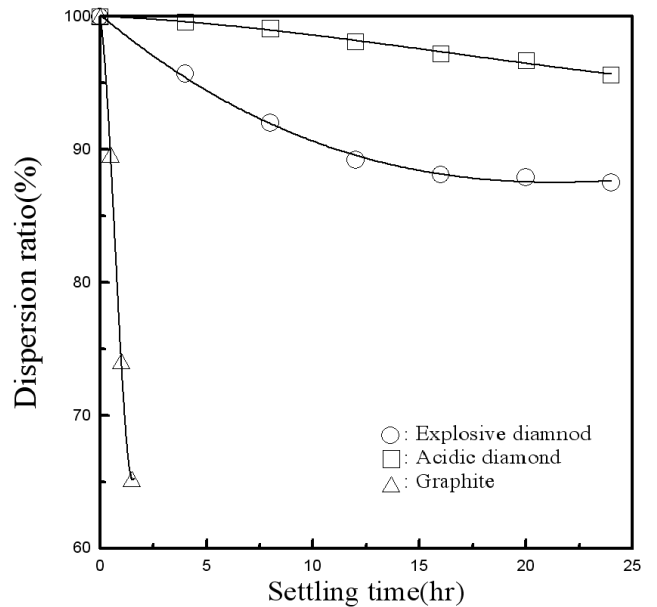


[그림 4] 침강시간에 따른 폭발성 다이아몬드 분산용액(A), 산처리 다이아몬드 분산용액(B)과 흑연 분산용액의 사진.



[그림 5] 침강시간에 따른 나노 분산용액의 흡광도.

그림 6은 침강시간에 따른 폭발성과 산처리 다이아몬드 및 흑연 분산용액(100mg/L)의 흡광도를 나타낸 것이다. 그림에서 보듯이 흑연 분산용액은 침강시간 3시간에 거의 침전이 되어 분산정도가 0이 됨을 알 수 있다. 폭발성 다이아몬드와 산처리 다이아몬드를 산처리 정제를 통해 가공된 다이아몬드 분산용액에서 나노입자의 침전은 시간지남에 따라 크게 증가하지 않고 있음을 알 수 있다. 특히 산처리 다이아몬드의 나노입자는 산처리 과정에서 많은 라디칼들을 입자표면에 가지고 있어서 침전이 크게 진행되지 않음을 알 수 있다.



[그림 6] 침강시간에 따른 다이아몬드와 흑연 나노입자의 분산용액의 분산율.

분산용액 내의 나노입자의 분산 백분율에 대해서 다음의 식(4)의 형태로 나타내고자 한다.

$$Dispersion\ ratio = \frac{w}{W_0} \times 100 (\%) \quad (4)$$

여기서 W_0 과 w 는 각각 분산용액 내의 초기 나노입자의 질량(mg)과 일정시간에 따른 분산용액 내의 나노입자의 질량을 나타낸다. 식(4)에 대한 정의는 약간의 무리를 수반하고 있을 수 있는 것으로 사료된다. 또한 일정시간에 따른 분산용액내의 나노입자의 질량은 그림 5와 수식(1) ~ 수식(3)을 이용하여 구할 수 있다. 그림 6은 수식(4)를 통해 구해진 분산용액 내의 분산 백분율을 침강시간에 따라 나타낸 것이다. 그림에서 보듯이 산처리된 나노 다이아몬드 분산용액은 24시간이 지나도 95(%)의 분산정도를 나타내지만, 흑연 분산용액은 2시간 이내에 65% 이하의 분산정도를 나타내고 있다. 폭발에 의해 제조된 나노 다이아몬드의 분산용액은 24시간이 지나면 초기농도에 대해 90% 정도의 분산특성을 보이는 것으로 나타난다. 그러므로 폭발 또는 산처리된 나노 다이아몬드는 기존의 다이아몬드, 카본 나노튜브나 흑연과 같은 탄소소재의 나노 입자들에 비해 극성인 수용액에 분산특성이 높다는 것을 알 수 있다.

4. 결론

나노 다이아몬드와 흑연의 분산용액에 대한 흡광실험을 통하여 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

(1) 산처리 다이아몬드와 흑연의 흡광도는 자외선 영역에서는 큰 폭으로 감소하지만 적외선에서는 감소폭이 크지 않다.

(2) 폭발 다이아몬드 수용액의 흡광도는 자외선 영역에서는 파장에 따라 감소하다가 증가하지만, 이후의 파장에서는 감소하고 있다.

(3) 나노입자의 분산용액에 대한 입자농도와 흡광도는 다음의 수식으로 나타낼 수 있다.

(i) 산처리 다이아몬드 : $Y = -0.005 + 0.0132X$

(ii) 흑연 : $Y = -5.77 \times 10^{-5} X^2 + 0.0132X + 0.0153$

(iii) 폭발성 다이아몬드

$$Y = 2.31 \times 10^{-6} + 3.0 \times 10^{-4} X + 0.022 X - 0.009$$

(4) (3)에서 나타낸 수식을 통해 나노입자의 분산 백분율에 대해 정량화의 시도가 가능하였다.

참고문헌

- [1] Q. Zou et. al., "Charaterization of structures and surface states of the nanodiamond systhesized by deternation", Materials charaterization, Article in press, 2009.
- [2] L. H. Chen et al., "Electrochemical oxidation of nitrite on nanodiamond powder electrode", Electrochemica Acta, 53, 3443 -3445(2208).
- [3] Y. Zhu et. al., "Dispersion of nanodiamond and ultra-fine polishing of Quartz wafer", China prtucuclogy, 2, 153-156 (2204).
- [4] S.A.Rarka et al., "Diamond nanorods from nanocrystalline diamond films", J. of Crystal Growth, 311, 3332-3336(2009).
- [5] S. Devipriya et al., " Photocatalytic Degaration pf Pesticide Contaminants in water", 86, 209-348(2005).
- [6] J. M. Herrmann et al., "Hetrogeneous Photocatalysticis: an Emerging Technology for water treatment', Catal/ Today, 17, 7-20(1993).