

## 방사선조임법에 의한 나노동제조에서 립자크기에 미치는 계면활성제의 영향

김경석, 오인환, 박영일

위대한 수령 김일성동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《원자력을 생산에 받아들이기 위한 연구사업을 전망성있게 진행하며 방사성동위원소와 방사선을 공업과 농촌경리를 비롯한 여러 부문들에 널리 적용하여야 할것입니다.》

(《김일성전집》 제27권 391페이지)

나노동은 나노은이나 나노금에 비하여 제조하기 쉽고 전기전도성과 열전도성이 높은것으로 하여 전자공업을 비롯한 여러 부문들에서 널리 리용되고있다.[2] 나노동분말제조에서는 립자들사이의 응집을 막기 위하여 합리적인 계면활성제를 첨가하여야 한다.[1] 그러나 지금까지 립자크기에 미치는 계면활성제의 영향을 평가한 연구자료는 발표된것이 없다.

우리는  $\gamma$ 선조임법에 의한 나노동제조에서 계면활성제의 종류와 농도에 따르는 립자들의 크기를 연구하였다.

### 실험 방법

시약으로는 분석순의  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ , PVA,  $\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{NaSO}_4$ , PVP, 《Span-80》을, 기구로는  $^{60}\text{Co}-\gamma$ 선조임장치(《Исследователь》), UV-Vis분광광도계(《UV-2201》), X선회절분석기(《JEOL JDX-10》), 투과식전자현미경(《PHILIPS CM12》), 수자식pH미터(《DKK HG-3》), 전열건조로를 리용하였다.

먼저 증류수에 적당한 량의  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 를 용해시켜  $2 \cdot 10^{-3} \text{mol/L}$ 의 류산동용액을 만들고  $\text{OH} \cdot$  포획제로 0.3mol/L  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 를, 분산안정제로 PVA(분자량 73 100)를 각이한 농도로 첨가하였다. 암모니아수로 용액의 pH를 8로 맞추고 Ar기체를 통과시켜  $\text{O}_2$ 을 제거한 후 선량을 0.028Gy/s인  $^{60}\text{Co}-\gamma$ 선조임장치에서 8.6kGy의 흡수선량으로 조임하였다. 이때 검붉은색의 나노동현탁액이 얻어졌다. 이것을 원심분리하여 침전물을 분리하고 증류수로 여러번 세척한 다음 건조로(50°C)에서 3h동안 건조시켰다.

같은 방법으로 분산안정제로 0.3mol/L PVP,  $\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{NaSO}_4$ , 올레인산에타놀아민에스테르, 《Span-80》을 첨가하여 나노분말을 제조하였다.

나노동분말의 립자크기 및 분포는 X선회절분석기와 투과전자현미경으로 결정하였다.

### 실험결과 및 분석

계면활성제의 종류에 따르는 립자크기변화  $\gamma$ 선조임법으로 나노립자를 제조할 때 용액에서는 방사화학적환원에 의해 생겨난 나노립자들의 무질서한 브라운운동과 반 데르 발스

힘, 전기뮌 이온들사이의 끌롱힘 등에 의하여 응집되고 침전되므로 나노립자를 얻기 힘들게 된다. 따라서 립자들의 응집을 억제하고 균일하게 분산시키기 위하여 합리적인 계면활성제를 선택하여야 한다.

분산안정제로 각이한 계면활성제들을 선택하고 그것을 리용하여 제조한 나노동의 X선회절도형은 그림 1과 같다.

그림 1에서 보는바와 같이 모든 경우에 나노동이 정확히 합성되었다는것을 알수 있다.

그림 1로부터 쉘러의 공식을 리용하여 계면활성제종류에 따르는 나노립자의 평균크기를 계산한 결과는 표와 같다.

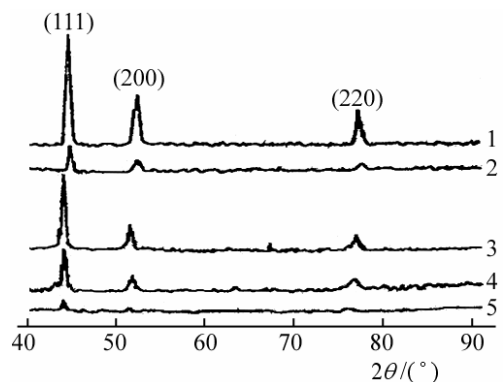


그림 1. 나노동의 X선회절도형  
1-5는 계면활성제로 각각 PVA, PVP,  $C_{12}H_{25}NaSO_4$ , 올레인산에타놀아민에스테르, 《Span-80》을 리용한 경우

표. 계면활성제의 종류에 따르는 나노립자의 평균크기

계면활성제	PVA	PVP	$C_{12}H_{25}NaSO_4$	올레인산에타놀아민에스테르	《Span-80》
평균크기/nm	45	122	165	183	66

표에서 보는바와 같이 계면활성제로 PVA를 리용한 경우 립자크기가 가장 작다. 이것은 PVA가 동이온과 안정한 착체를 형성하며 고분자계면활성제로서 용액의 점도를 크게 해주고 생성된 동립자겉면에 흡착되어 립자들사이의 응집을 억제하기때문이다.

PVA의 농도에 따르는 립자크기변화 각이한 농도의 PVA를 첨가하여 제조한 나노동의 X선회절도형은 그림 2와 같다.

PVA농도에 따르는 나노동의 립자크기변화는 그림 3과 같다.

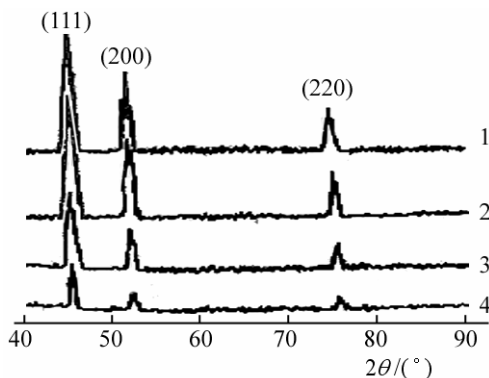


그림 2. 나노동의 X선회절도형  
1-4는 PVA의 농도가 각각 1, 2, 3,  $4 \cdot 10^{-3} \text{mol/L}$ 인 경우

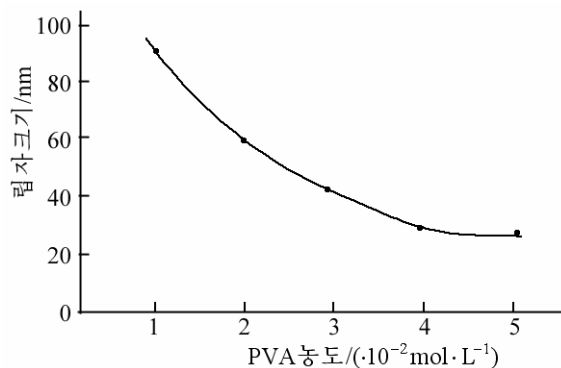


그림 3. PVA농도에 따르는 나노동의 립자크기변화

그림 3에서 보는바와 같이 PVA농도가 짚어짐에 따라 나노동의 립자크기가 작아지다가  $0.004 \text{mol/L}$ 이상에서는 일정하였다. 이것은  $0.004 \text{mol/L}$ 이상에서 PVA의 동이온에 대한 착체형성과 동립자에 대한 흡착이 포화에 이르기때문이다.

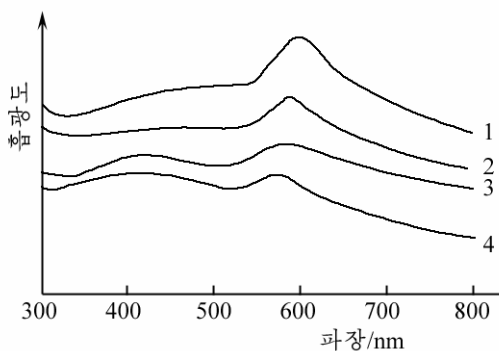


그림 4. 각이한 농도의 PVA를 리용하여 제조한 나노동의 UV-Vis 흡수스펙트르  
1-4는 PVA의 농도가 각각 1, 2, 3,  $4 \cdot 10^{-3} \text{mol/L}$ 인 경우

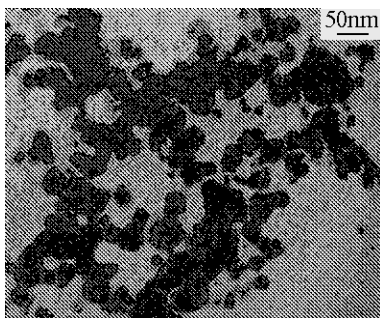


그림 5. 나노동의 TEM 사진

그림 5에서 보는바와 같이 나노동립자들의 모양은 구형이고 부분적으로 응집되어 있으며 립자크기(그림 6)는 20~70nm 사이에 분포되어있고 40nm 크기의 립자가 제일 많다.

### 맺는 말

나노동제조에서 립자크기를 작게 할수 있는 합리적인 계면활성제는 PVA이며 PVA의 농도가 0.004mol/L일 때 립자크기는 20~70nm이고 모양은 구형이다.

### 참고 문헌

- [1] Ratnika Varshney et al.; Nano Biomed. Eng., 2, 3, 115, 2011.  
[2] 划成雁 等; 中国有色冶金, 6, 21, 2005.

각이한 농도의 PVA를 리용하여 제조한 나노동의 UV-Vis 흡수스펙트르는 그림 4와 같다.

그림 4에서 보는바와 같이 PVA의 농도가 물을수록 흡수봉우리가 파장이 긴 쪽으로 이동하며 흡수세기가 커졌다. 또한 PVA의 농도가 0.004mol/L인 경우 570nm에서 흡수봉우리가 나타났다. 이것은 PVA의 농도가 짙어짐에 따라 나노동의 립자크기가 작아진다는것을 의미한다.

PVA 농도가 0.004mol/L일 때 제조한 나노동의 투과전자현미경(TEM)사진은 그림 5와 같으며 TEM 사진으로부터 계산한 나노동의 립자크기 분포는 그림 6과 같다.

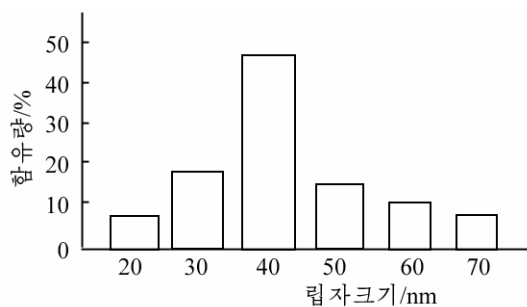


그림 6. 나노동의 립자크기 분포

## **Effect of Surfactant on the Particle Size in the Production of Nano-Copper by Radiation Chemical Method**

*Kim Kyong Sok, O In Hwan and Pak Yong Il*

In the preparation of nano-copper the suitable surfactants that can make the particle size small is PVA and when the concentration of PVA is 0.004mol/L, the particle size is 20~70nm and its shape is globularity.

Key words: nano-copper, radiation chemical method