

송진을 첨가하여 제조한 수지연필심의 기공 및 필기특성

리귀철, 김철호, 리일원

경애하는 최고령도자 김정은동지께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《과학자, 기술자들은 우리의 원료와 선진과학기술에 의거하여 다른 나라 제품들보다 값이 낮으면서도 질이 담보되는 여러가지 용도의 제품들을 더 많이 연구개발하여야 합니다.》

수지연필심의 필기특성은 그것의 기공특성에 크게 의존한다.[1, 2] 여러가지 기공형성제를 첨가하여 수지연필심의 필기특성을 개선한 선행연구자료[3-5]들은 많이 제기되었지만 송진을 기공형성제로 첨가하여 연필심의 필기특성을 연구한 자료는 알려진것이 없다.

우리는 원료에 기공형성제로 송진을 첨가하여 제조한 수지연필심의 기공특성과 그것에 따르는 필기특성을 연구하였다.

실 험 방 법

송진첨가에 의한 수지연필심의 제조방법은 다음과 같다. 흑연, 염화비닐-초산비닐공중합수지(VC-VAc), 디부틸프탈라트(DBP), 톨루올, 스테아린산마그네시움(St-Mg), 스테아린산아연(St-Zn), 산화아연(ZnO)들이 표 1과 같이 혼합된 원료에 송진을 각이한 량으로 첨가하여 수지연필심을 제조하였다.

표 1. 수지연필심의 배합조성(kg)

흑연	VC-VAc	DBP	톨루올	St-Mg	St-Zn	ZnO	송진
4.4	2.16	0.4	0.96	0.01	0.004	0.004	0.1~0.3

송진의 첨가는 두가지 방식으로 하였다. 하나는 흑연을 먼저 수지분말들과 혼합하여 흑연립자표면을 수지성분으로 피복하고 송진이 포함된 나머지성분들을 혼합하는 방식인데 이 방식에서는 송진이 주로 수지와 접촉한다.(1방식) 다른 하나는 앞의 1방식과 반대되는것으로서 흑연을 송진이 포함된 성분계와 먼저 혼합하여 흑연립자표면에 송진을 흡착시킨 다음 수지분말들과 혼합하는 방식이다. 이 방식에서는 송진이 흑연립자표면에 흡착된 상태에서 수지와 접촉한다.(2방식)

수지연필심의 제조는 그림 1과 같은 공정에서 혼합된 원료를 70~90℃로 가열된 롤기에서 40회 가공하여 혼련물을 만들고 그것을 압출기에서 봉형태로 예비성형을 진행한 다음 다시 심형태로 성형하고 정심, 소성, 기름함침공정을 거쳐 진행하였다.

수지연필심의 기공특성은 《NOVA-1200e》형BET장치를 리용하여 질소흡착법과 흡수법으로 평가하였다.

수지연필심의 강도는 국규[6]에 따라 구부림세기, 흑도는 국규[7]에 따라 필기선의 흡광도로 평가하였다.

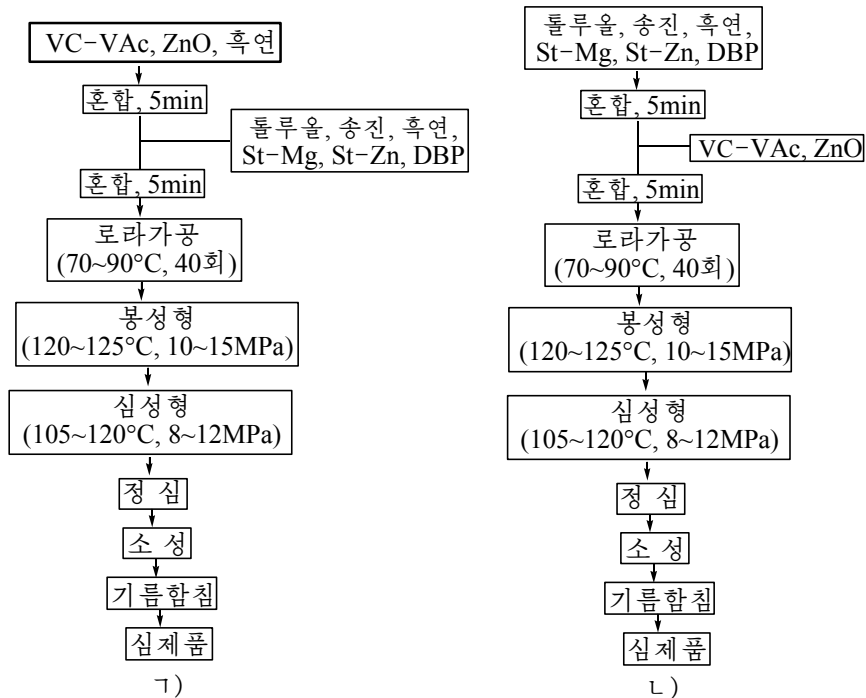


그림 1. 수지연필심의 제조공정

1) 1방식, 2) 2방식

실험결과 및 고찰

1) 송진을 첨가하여 제조한 수지연필심의 기공특성

송진첨가방식에 따르는 수지연필심의 기공특성변화 그림 2에 원료에 0.25kg의 송진을 각각 1방식과 2방식으로 첨가하였거나 첨가하지 않고 제조한 수지연필심들의 기공크기분포를 보여주었다.

그림 2에서 보는바와 같이 송진을 첨가하여 제조한 수지연필심에는 송진을 첨가하지 않은 수지연필심에 비하여 크기가 100nm이하인 기공들이 많이 존재한다. 특히 크기가 35nm인 기공이 차지하는 체적은 송진을 1방식으로 첨가한 수지연필심의 경우(0.047cm³/g)에는 송진을 첨가하지 않은 수지연필심(0.008cm³/g)의 거의 6배, 2방식으로 첨가한 수지연필심의 경우에는 0.022cm³/g으로서 약 2배이다.

또한 송진을 1방식으로 첨가한 수지연필심과 송진을 첨가하지 않은 수지연필심은 다같이 송진을 2방식으로 첨가한 수지연필심에 비하여 최대

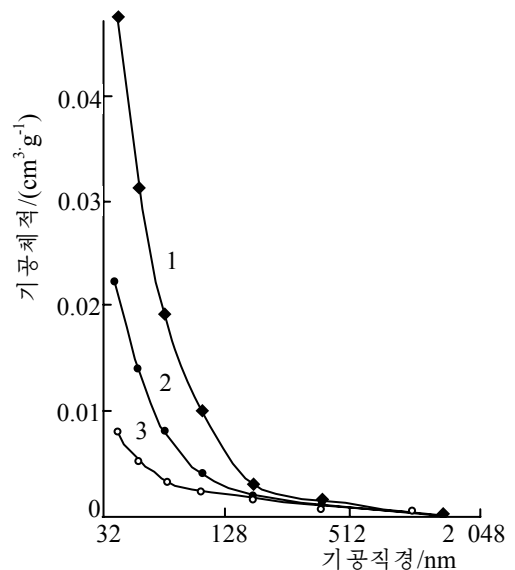


그림 2. 송진을 첨가하여 제조한 수지연필심의 기공크기분포변화

1-송진을 1방식으로 첨가한 연필심,
2-송진을 2방식으로 첨가한 연필심,
3-송진을 첨가하지 않은 연필심

로 $1\mu\text{m}$ 이상까지 되는 거대기공들도 일부 존재한다는것을 알수 있다. 그것은 송진을 비롯한 유기첨가제들이 수지와 직접 접촉하여 수지의 가소화반응에 참가하기때문에 연필심의 소성과정에 수지속에 포함된 유기첨가제들이 다량으로 증발되고 동시에 수지분해가 동반되어 기공이 급격하게 형성되는것과 관련된다. 그러나 송진을 2방식으로 첨가하면 송진을 비롯한 유기첨가제들이 흑연립자의 표면에 흡착되기때문에 수지에 대한 흑연의 분산효과가 높아져 충전된 흑연립자들사이의 공극이 상대적으로 작아지고 소성과정에 흑연에 흡착된 유기첨가제들의 증발과 수지의 분해에 의한 기공형성과정이 대부분 독립적으로 진행되어 크기가 상대적으로 작은 기공들이 생긴다고 볼수 있다.

수지연필심의 기공률과 비표면적, 기름함침량결정 송진의 첨가량에 따르는 수지연필심의 기공률과 비표면적, 기름함침량변화는 표 2와 같다.

표 2. 송진의 첨가량에 따르는 수지연필심의 기공률, 비표면적, 기름함침량변화

특성지표	송진량/kg				
	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30
기공률/%	10.75	13.32	18.67	22.34	25.79
비표면적/($\text{m}^2\cdot\text{g}^{-1}$)	6.212	8.567	11.623	13.268	25.848
기름함침량/%	5.21	8.52	11.34	12.35	15.26

첨가방식 2방식

표 2에서 보는바와 같이 송진의 첨가량이 증가함에 따라 수지연필심의 기공률과 비표면적이 증가한다. 측정결과로부터 송진을 첨가하여 수지연필심을 제조하면 기공이 많은 심을 얻을수 있으며 심재료에 형성되는 기공의 량과 크기분포는 송진의 첨가량과 첨가방식에 의하여 조절할수 있다는것을 알수 있다. 수지연필심의 기공률이 증가하면 그속에 함침되는 기름량도 많아진다. 따라서 송진의 첨가방식과 첨가량에 따라 기공률을 조절할수 있다는것을 알수 있다.

2) 송진을 첨가하여 제조한 수지연필심의 필기특성

송진의 첨가량에 따르는 수지연필심의 구부림세기와 흑도변화는 그림 3과 같다.

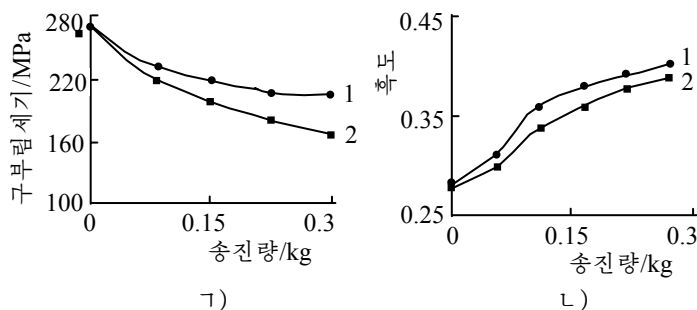


그림 3. 송진의 첨가량에 따르는 수지연필심의 구부림세기(㉠)와 흑도(㉡)의 변화
1-1방식, 2-2방식

그림 3에서 보는바와 같이 송진첨가량이 증가함에 따라 수지연필심의 구부림세기는 감소하고 흑도는 증가하는데 2방식으로 송진을 첨가한 수지연필심의 구부림세기는 1방식으로 송진을 첨가한 수지연필심보다 완만하게 감소한다. 한편 그림 3에 기초하여 1방식과 2방식으로 송진을 첨가하여 제조한 수지연필심들의 구부림세기와 흑도사이 관계곡선(그림 4)으로부터 동일한 흑도에서 2방식으로 송진을 첨가한 수지연필심의 구부림세기는 1방식으로 첨가한 수지연필심보다 높다는것을 알수 있다. 특히 흑도값이 2B급(0.38~0.42)

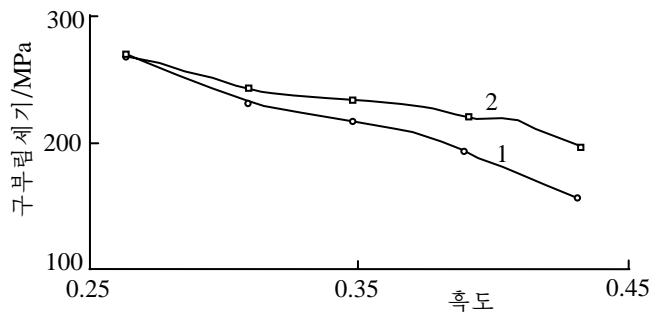


그림 4. 수지연필심의 구부림세기와 흑도
사이 관계곡선
1-1방식, 2-2방식

인 경우에 송진을 2방식으로 첨가한 수지연필심의 구부림세기는 1방식으로 첨가한 수지연필심보다 약 1.2배정도 높다. 따라서 필기과정에 쉽게 부러지지 않으면서도 2B급으로 진한 수지연필심을 제조하자면 송진을 2방식으로 첨가하는것이 유리하다는것을 알수 있다.

맺 는 말

송진의 첨가량과 첨가방식에 따라 수지연필심의 기공 및 필기특성을 조절할수 있으며 송진을 흑연립자표면에 흡착시키는 방식(2방식)으로 첨가하면 2B급의 수지연필심의 구부림세기를 개선할수 있다.

참 고 문 헌

- [1] 국규 12409-3 : 2009. 《기계식연필-3부 : 검은심(HB)의 구부림세기》
- [2] 국규 12409-5 : 2016. 《기계식연필-5부 : 검은심의 흡광도세기》
- [3] 清水修; 公開特許公報(A), 平10-88057.
- [4] 藤曲; 公開特許公報(A), 2004-115686.
- [5] 佐藤銃太; 公開特許公報, 2000-336297.
- [6] 官原雄一; 公開特許公報(A), 2000-73000
- [7] 官原雄一; 公開特許公報(A), 2005-187682

주체109(2020)년 4월 5일 원고접수

Pore and Writing Characteristics of Mechanical Pencil Lead Produced by Adding Colophony

Ri Kwi Chol, Kim Chol Ho and Ri Il Won

The number of pores and the distribution of the pore size varied according to the additive amount and method of colophony. As the additive amount of colophony increased, the strength of mechanical pencil lead decreased and the blackness increased.

Keywords: mechanical pencil lead, colophony