

그림 1. 각이한 분쇄시간에 따르는 Mn-Zn헥시트분말의 SEM사진
 7), 1)는 분쇄시간이 각각 1, 6h인 경우

그림 1에서 보는바와 같이 분쇄시간이 길수록 즉 평균립자크기가 감소함에 따라 웨리트분말의 형태는 침상형에 가까워지며 립자크기는 규칙적이다. 또한 분말의 립자크기 분포가 좁고 립자들의 결합이 조밀하며 기공크기가 감소하였다.

웨리트분말의 립자크기에 따르는 복합형전파흡수재료(두께 1mm)의 반사손실변화를 그림 2에 보여주었다.

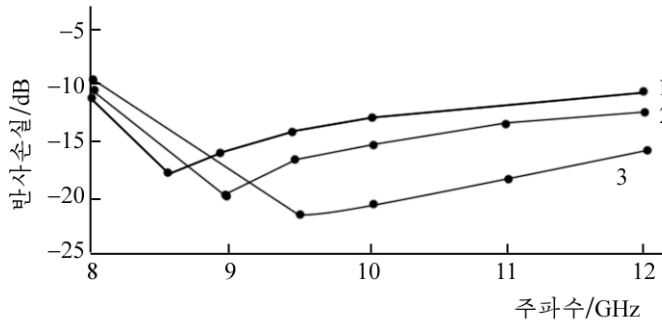


그림 2. 웨리트분말의 립자크기에 따르는 복합형전파 흡수재료의 반사손실변화

1-3은 분말립자크기가 각각 7, 1.9, 0.6 μm인 경우

그림 2에서 보는바와 같이 평균립자크기가 감소함에 따라 전파흡수율이 증가한다. 이것은 복합형전파흡수재료에서 웨리트의 립자크기가 감소함에 따라 정합주파수가 높은 주파수쪽으로 이동한다는 선행연구결과[2, 3]와 일치하였다. 즉 이미 잘 알려진 스네이크 판계식[1]으로부터 공진주파수는 초기투자율이 감소함에 따라 증가하며 낮은 주파수의 자벽공진이 아니라 보다 높은 주파수에서의 자연공진이 일어난다고 볼수 있다.

다른 측면에서 고찰하면 이것은 립자의 형태가 침상형이고 평균립자크기가 감소함에 따라 입사한 전자기파에너지를 열에너지로 변환하여 여러 형태의 에너지로 분산시키는 $\tan \delta$ 의 손실효과가 보다 증가하기때문이다.

이로부터 같은 두께의 경우에도 복합형전파흡수재료에서 웨리트분말의 립자크기를 조절하는 방법으로 정합주파수를 얼마든지 조절할수 있다는것을 알수 있다.

정합주파수 9.4GHz에서 웨리트분말의 평균립자크기와 복합형전파흡수재료의 두께에 따르는 반사손실변화를 고찰하였다.(그림 3)

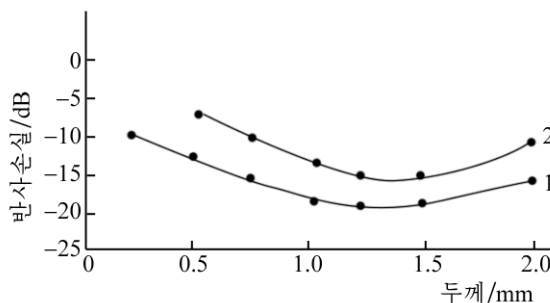


그림 3. 복합형전파흡수재료의 두께에 따르는 반사손실변화

1, 2는 웨리트분말립자의 평균크기가 각각 0.6, 1.9 μm인 경우

그림 3에서 보는바와 같이 복합형전파흡수재료의 두께가 증가할수록 반사손실이 증가(즉 흡수특성이 증가)하다가 두께가 1mm근방에서 반사손실이 최대(즉 흡수특성이 최대)로 되며 1mm이상의 두께부터는 흡수특성이 다시 감소하였다. 그리고 웨리트분말의 평균립자크기가 감소할수록 흡수특성은 증가한다는것을 알수 있다.

그것은 최소반사손실에서 흡수재료의 두께와 투자률, 주파수사이 관계에 대한 다음의 식으로부터 설명할수 있다.[1, 2]

$$f_m d_m = \frac{c}{2\pi\mu''}$$

여기서 f_m 은 최소반사손실에서 정합주파수, c 는 빛속도, d_m 은 흡수재료의 두께, μ'' 는 허수투자률이다. 즉 흡수재료의 두께가 증가할수록 정합주파수는 낮은 주파수쪽으로 이동하고 흡수재료의 두께가 감소할수록 정합주파수는 더 높은 주파수쪽으로 이동한다.

결과 해당 정합주파수에서 최대흡수를 주는 두께는 일정하므로 두께가 증가하거나 감소하면 정합주파수가 달라지고 흡수특성은 감소한다고 볼수 있다.

이상의 실험을 통하여 립자형태가 침상이면서 평균분말립자크기가 $0.6\mu\text{m}$ 이고 전파흡수재료의 최적두께가 1mm일 때 자연공진주파수보다 높은 정합주파수는 9.4GHz이며 전파흡수률은 -20dB 이상이라는것을 알수 있다.

맺 는 말

전파흡수재료에서 침상형의 웨리트분말립자크기가 감소하면 정합주파수는 높은쪽으로 이동하면서도 전파흡수률은 증가한다.

참 고 문 헌

- [1] 박용수; 자성체물리학, 김일성종합대학출판사, 304~306, 주체104(2015).
- [2] S. Das et al.; Journal of Engineering, 10, 9, 1 2014.
- [3] M. Fadzidah et al.; J. Magn. Magn. Mater., 405, 197, 2016.

주체109(2020)년 12월 5일 원고접수

Effects of Ferrite Powder Particle Size on the X-band Radar Absorption Characteristics of Composite Type Radar Absorbing Material

Pak Ryong Su, Pak Yong Su

We considered the effect of Mn-Zn ferrite with different particle sizes on the X-band radar absorption characteristics of composite type radar absorbing material.

We proved that the radar absorption rate in the X-band increased as the average particle size decreased, and the matching frequency shifted toward high through experiment.

Keywords: radar absorbing material, ferrite