

Ferrite-Resin 복합재료의 방진특성에 관한 연구

박 영 일*, 맹 희 영*, 김 증 호**, 원 시 태**

Characteristics of Ferrite-Resin Material for Improving Vibration-proof Property

Y. I. Park*, H. Y. Maeng*, J. H. Kim**, S. T. Won**

ABSTRACT

The vibration-proof material normally used in structural components of precision machinery or measuring instruments requires higher damping in vibration and better characteristics in dimensional stability and rigidity to accomplish the quality assurance of the products. In this study the ferrite-resin material, which is the mixture of epoxy resin and the oxidized steel (Fe_3O_4 : ferrite) in consideration of characteristics of aggregator and binder, is developed and investigated as one of vibration-proof materials. Four kinds of composite plates for experiments are made by adding another filler materials such as steel powder, granite powder and carbon-fiber sheet to the basic ferrite-resin matrix. Their characteristics are compared with a cast iron specimen which has the same bending rigidity as other specimens. The ferrite-resin material gives the best damping effect in the motor-induced vibration test. Therefore, the material can be applied to the manufacturing industry for vibration damping of machine elements.

Key Words : Ferrite-resin 복합재 (Ferrite-resin material), 방진 (Vibration-proof), 에폭시수지 (Epoxy resin), 산화철 (Ferrite), 혼합비 (Mixture ratio), 제작공정 (Manufacturing process)

1. 서 론

최근 정밀기계, 전자, 반도체, 광학, 영상, 정보 및 항공 우주산업 등 소위 하이테크 산업의 급속한 발전과 더불어 자기 디스크, 레이저 광학 렌즈, 헤드 드럼, 스캐너 등 많은 정밀 가공부품들의 고정밀도 가공에 대한 요구가 급증하고 있다.

이같은 정밀 부품의 가공 정밀도를 향상시키기 위해서는 외부로부터 전달되는 진동 또는 구동부에서 발생된 진동을 최소화 하여야 한다. 이러한 대소 진동을 제어하기 위하여 강성이 큰 재료를 기기의 베드나 구조물로

사용하는 것이 보통이지만 이런 경우에는 구조물이 무거워 지거나 기기 전체가 커지는 것을 피할 수 없다. 그러나 강성이 큰 철 구조물 일수록 진동 감쇠능력은 저하되는 것이 일반적이고 가공기계 구조물의 전체 중량을 무한정 크게 할 수도 없기 때문에 기존의 구조물 재료에 대한 설계기술만으로는 이들 가공기계의 정밀도를 향상시키는 데에는 그 한계가 있는 실정이다. 그래서 코일 스프링이나 공기 스프링으로 구성되는 적절한 방진재를 이용하여 외부로부터의 진동을 차단하고 있으나 구조적으로 발생하는 저주파에서의 진동은 피할 수 없다. 그 때문에 이미 선진국에서는 10여년전부터 정밀기

* 서울 산업대 기계설계학과(정회원)

** 서울 산업대 금형설계학과(정회원)

제의 베이스 또는 기계구조의 일부에 진동감쇠가 큰 재료를 사용하는 것이 제안되어 왔고, Polymer-concrete, 알루미늄 세라믹, Invar, Zerodur 등의 신소재들이 개발되어 사용되고 있지만, 이들 신소재들은 가격이 비싸고, 가공후의 후처리가 곤란하거나 부가적 구조성능들의 상대적 저하로 인해 그 이용이 극히 제한되고 있다.

최근 들어 감쇠율이 크고 제진 성능이 우수한 복합재료로서 Ferrite-resin 복합재료가 소개되고 있다. 이러한 Ferrite-resin 복합재료는 Resin-concrete에 미세한 산화철(Fe_3O_4)의 filler 재료를 사용하면 주철 및 강의 구조재료가 갖는 강성과 비중의 값에 접근시킬 수 있는 것으로 그 가능성이 보고된 바 있다.

일반적으로 불포화 폴리에스테르 수지나 에폭시계 수지는 유리 전위점의 근처에서 진동에너지의 흡수가 큰 영역이 존재하며, 이는 $10\mu m$ 이내의 미세한 filler 재료가 포함되었을 경우에도 그 종류에 관계없이 큰 변화가 없는 성질을 나타내고 있다. 한편 복합재료의 강성과 중량 및 복소탄성율을 증가시키는 데에 효과적인 filler 재료로서는 여러가지의 중금속재료를 고려할 수 있으나, 제철공장의 부산물인 산화철을 사용하게 되면 경제성 및 가공성의 측면도 충족시킬 수 있을 것으로 기대된다. 공업용의 순수한 자화재료인 Ferrite 재료는 순도가 높을것이 요구되지만, 본 연구에서 사용될 수 있는 재료는 철강업 또는 중금속 처리과정에서 생성되는 50만톤 정도의 폐기물에서 쉽게 구할 수 있기 때문에 그 값이 매우 저렴하다.

공작기계 구조물의 방진재료로서 복합재료를 응용하기 시작한 것은 1975년 스위스의 F. Studer사가 Synthetic Granite라 명명된 복합재 베드의 개발에 성공한 이후이다⁽¹⁾. 실제 구미 각국에서는 알루미늄 세라믹, Zerodur, Invar, Polymer-concrete, Cement concrete, Resin-concrete 등의 재료를 개발하여 응용하려고 노력하였으나^(2, 3, 4, 5), 상업적 목적으로 사용되고 있는 것은 Epoxy-concrete 라고 명명된 Resin-concrete 만이 영국의 CMS사와 함께 스위스의 Studer사 그리고 독일의 R. B. Gesellschaft사에서 응용되고 있다. 한편 일본의 경우에도 동경공업대학의 M. Tsutsumi 등이 공작기계 안내면의 진적도와 스피들 회전정밀도를 높이기 위해 세라믹 재료와 유리 섬유가 보강된 Resin-concrete를 개발하였고⁽⁶⁾, 이는 도요다 중공업과 일본전기 등의 회사에서 일부 공작기계의

고정밀도 재료를 응용한 바 있으나, 아직 그 수준은 구미 각국에 비해 뒤떨어져 있는 실정이다. 그리고 국내에서는 초정밀 가공기계 개발의 국책과제 중 세부과제로 초정밀 가공기계용 베드 구조물의 에폭시-그라나이트 재료에 대한 특성을 연구⁽⁷⁾한 바가 있으나, 아직 재료 고유의 감쇠성능이나 강도특성들에 대한 요구조건을 충분히 만족시키지 못한 실정이다.

본 연구는 접착력과 경화능이 우수한 에폭시계 수지에 산화철의 filler 재료를 고�형체로 성형함으로써 높은 감쇠성능을 유지시키고 동시에 철강재료가 갖는 고강성, 높은 영률을 나타낼 수 있는 Ferrite-resin 복합재료를 개발하고자 한다.

2. Ferrite 고행체의 제작

본 연구는 방진 및 제진용 재료로 적합한 Ferrite-resin 복합재료를 개발하기 위한 것으로, Ferrite 재료는 2종류의 Ferrite를 사용하였고 부가적인 성질을 향상시키기 위하여 순수 Ferrite에 적절한 첨가제를 첨가시켜 사용하였고 수지는 타 수지에 비하여 경화시 반응 수축이 적고 기계적 성질 및 치수 안정성이 우수하며 타 재료와의 결합력이 우수한 에폭시 수지를 선정하여 사용하였다.

2.1 Ferrite

순수한 Fe_3O_4 의 밀도는 약 $5.5g/cm^3$ 이고 중량이 크고 $10^{12} \sim 10^{13} N/m^2$ 의 Young's modulus를 가지며 강성이 크고 화학적으로 안정된 특성을 가지고 있다. 그러므로 Ferrite를 수지를 이용하여 고행화한 고행체는 큰 강성을 가질 것으로 기대되며 적당한 수지의 선택으로 비교적 큰 감쇠율을 가지는 것도 가능하며 내환경성도 우수할 것으로 기대된다. 특히 수지의 유리변태점 근처에서는 진동 에너지의 흡수가 큰 영역이 존재하며 Ferrite의 양에 따라서 이 유리변태점은 변화하지 않는다. Ferrite양의 증가는 강성을 크게 하면서 진동에너지의 흡수가 크게 됨으로 진동을 억제하는 제진재료로서 유리한 재료이다. 동시에 중량을 무겁게 함으로 진동에 따른 진폭을 작게하는 장점도 가지고 있다.

본 실험에 사용된 Ferrite는 두가지로서 A Ferrite, B Ferrite으로 분류하였다. 사용된 Ferrite는 X-ray회절법에 의하여 분석한 결과를 보면, A Ferrite는 98% 이상의 순도를 갖는 $\gamma-Fe_2O_3$ 이고 B Ferrite는 영구자

석 제작용의 Ba · Fe₁₂O₁₃이다.

2.2 수지의 종류 및 배합조건

본 실험에 사용되는 수지는 Ferrite를 고형화시키기 위한 결합재로서 뿐만 아니라 수지의 특성이 복합재료의 성질을 크게 좌우하기 때문에 세심한 선택이 필요하게 된다. 그러므로 복합재료에 사용될 수지는 기계적 성질이 우수하여야 하고 경화시 반응 수축이 적어 치수 안정성이 우수하며 타 재료와의 결합력이 우수하여야 한다.

본 연구에서는 앞에서의 에폭시 수지 특성에 비추어 접착력, 점도, 유리변태온도, 경화능, 가사시간, 탈포기능, 수축률 등의 요건이 종합적으로 만족될 수 있도록 전문 업체와 긴밀한 협조를 얻어서 본 목적에 맞는 에폭시 수지의 합성을 의뢰하였고, 각 업체에서는 수차례의 실험을 걸쳐서 기계 구조 목적용의 Table 2.1에서 보는 바와 같은 새로운 개발품을 합성하기에 이르렀다. 이들 제품은 투울링용 에폭시 제품을 본 연구의 특수 용도에 맞추어 고분자 유기물 구조를 변경시켜 합성한 제품으로써, 이들의 주요특성은 Table 2.1에서와 같다.

2.3 고형체 제작 공정

Ferrite 복합재료의 복소탄성율은 강도를 나타내는 실수부와 감쇠성을 나타내는 허수부로 구성되는데, Ferrite의 함유량이 클수록 그 값은 모두 크게 된다. 따라서 가능하면 Ferrite의 함유량을 크게 하는 것이 좋는데, 이를 위해 본 연구는 에폭시 수지의 진공 탈포 방법, 진동 교반 및 압축 컴팩션 방법 등에 있어서 상형조건과 재료특성과의 관계에 대해 탐색하였다. 같은 이폭시 수지와 filler를 사용하더라도 제조공정의 차이에 의해서 복합재료의 특성은 크게 변화될 수 있다. 이들 특성을 지배하는 제조 공정상의 주요 인자들을 열거하면, 에폭시의 처리방법, filler의 건조 방법, 교반순서 및 방법, 교반시간, 진공 탈포기의 사용 조건, 진공가압 방법 등이 있다.

제조 공정상의 이들 특성과 효과를 고려하고, 이에 대한 정량적인 성능 파악을 위해 본 연구에서는 Table 2.2과 같은 제작 조건들을 확립하였다.

Table 2.2 Classification of manufacturing process

대 상	처 리 방 법
에폭시처리	수지와 경화제를 혼합하여 교반 수지와 경화제를 혼합하여 교반한 후 진공탈포
교 반	Filler와 수지를 혼합후 수작업으로 교반 Filler와 수지를 혼합후 Sigma형 교반기로 교반
진동컴팩션	작업봉 형상을 결정하여 체중압으로 고르게 가압
성 형	성형 후 가압하여 성형 진공 탈포후 다지고 다시 진공 탈포

3. 시험편의 재료 실험

Ferrite-Resin 복합재료를 실제 구조물에 적용하기 전에 복합재료로 제작한 시험편을 통한 재료실험으로 복합재의 재료 특성을 관찰한다.

3.1 실험 대상 시험편의 제작

재료 특성에 관한 실험으로는 강도특성, 동적특성을 그 대상으로 하였다. 강도특성으로는 경도, 압축강도, 굽힘강도를 그 대상으로 하였고, 동적특성으로는 감쇠비를 그 항목으로 하였다. 재료실험을 시험편 규격은 KS 또는 ASTM 규정에 준하여 설정하였다.

시험편의 제작은 모울드를 아크릴로 제작하여 2장의 공정으로 각각 제작하였으며 Ferrite의 순도 및 제작공정의 영향을 알아보기 위하여 다음 Table 3.1에서 보이는 4가지 종류의 시험편을 제작하였다.

Table 2.1 Characteristics of epoxy resin and hardener developed for this study

제 회 사	주 재	경 화 재	주 재 : 경 화 재	점 도 비 교	색	가 사 시 간	경 화 시 간
IPCO National	개발품	9401	100 : 30	낮음	약한무색	150분	30시간
SHELL	개발품	개발품	100 : 30	중간	약한비취색	120분	24시간

Table 3.1 Test Speimens

시험편	Ferrite	Resin (주재 : 경화재)	Ferrite : Resin	교반방법	가압방법	비 고
A	A Ferrite	개발 삼성수지 (100 : 30)	1.5 : 1	수작업	체중압	진동 작업봉
B	B Ferrite에 Granite 혼합 혼합비 (60%)	개발 삼성수지 (100 : 30)	8 : 1	수작업	체중압	진동 작업봉
C	B Ferrite	개발 삼성수지 (100 : 30)	3.75 : 1	수작업	체중압	진동 작업봉
D	B Ferrite	개발 IPCO수지 (100 : 30)	3.75 : 1	Σ임펠러 교반기	체중압	진공탈포기

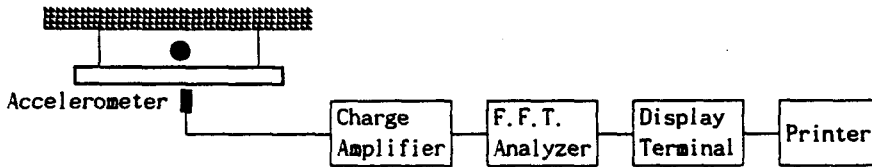


Fig. 3.1 Schematic diagram of experimental set-up for vibration test

3.2 실험 장치 및 실험 방법

먼저 압축강도, 인장강도, 굽힘강도 등의 기계적성질의 측정은 용량 10ton인 전기 유압식 재료 실험기 (Instron 1331)과 용량 30ton인 암슬러 타입 만능 재료실험기를 사용하여 압축실험과 3점굽힘실험을 행하고 이때 얻어진 하중-변위 곡선에서 최대 압축강도와 최대 굽힘강도를 구하였다. 또한 경도값은 D-type 쇼어 경도기에서 측정하였고 경도값의 측정은 시험편 당 50개 위치를 불규칙하게 측정하여 평균값으로 하였다.

시험편의 감쇠는 강구의 충격에 의해 진동하는 구조물의 출력신호를 이용한 Half-power bandwidth로부터 구한다. 진동의 측정은 시험편의 타격점 아래 면에 가속도계를 부착하였고 가속도계의 신호를 Charge Amplifier에 의하여 증폭하여 FFT Analyzer의 입력신호로 사용하였다. 실험결과는 FFT Analyzer에 연결한 Display Terminal을 통하여 해석을 하였다. 실험장치의 연결도는 Fig. 3.1이다.

3.3 실험 결과 및 고찰

본 실험에서는 에폭시의 접착성능에 따른 기계적 성질 및 진동특성 파악과 중량비의 증대 및 복합재료의

성형조건 파악에 주안점을 두어 실험하였다.

시험재료의 기계적 특성 및 진동특성은 Table 3.2에서 보이는 바와 같다.

Ferrite의 함유량을 증가시킬수록 또한 공정상 복합재 내의 결함이 적은 경우에는 비중이 증가하며 비중은 클수록 복합재료의 중량이 커지고 동시에 복합재료의 강성을 증대시킬 수 있기 때문에 중요한 의미를 갖는다. 그러나 본 실험의 경우 사용된 Ferrite 입자는 수 μm 정도의 아주 미세한 1성분계이기 때문에 에폭시 수지에 첨가시킬 수 있는 Ferrite의 양은 한정되며 최대 4:1 이하로 제한될 수 밖에 없다. 에폭시 수지에 대한 첨가재의 율을 증가시키기 위해서는 시험편 B의 경우와 같이 2성분계의 정방용 화강암(오석) 분말을 Ferrite에 추가 첨가시켜 첨가재 크기를 3성분계로 할 경우에는 8:1의 비율까지 증대시킬 수 있지만 비중은 2.68로서 화강암의 비중이 낮아 Ferrite 만을 포함시킨 시험편 C, D보다 비중이 작음을 알 수 있다.

쇼어경도값(Hs)을 살펴보면 순수한 에폭시수지 고휘체가 Ferrite-resin 복합재료의 Hs값보다 크게 나타났다. 이것은 본 실험에서 사용한 쇼어경도시험기의 특성이 반발 높이에 의한 에너지 차이에 따라 경도를 측정

Table 3.2 Mechanical and vibration properties

시험편 종류	비중	경도 Hs	압축강도 kgf/mm ²	굽힘강도 kgf/mm ²	감쇠비 ξ
A	1.77	57 (53~61)	10.61	2.69	0.102
B	2.68	54 (45~70)	9.91	3.16	0.123
C	2.73	51 (47~56)	10.62	2.82	0.121
D	2.94	53 (50~60)	11.92	3.10	0.126
SHELL 수지 고형체 : E	1.22	81 (79~83)	6.31	-	0.065
IPCO 수지 고형체 : F	1.21	75 (74~77)	8.35	-	0.053

하는 충격방식이기 때문에 나타나는 결과로 판단되며 순수 에폭시수지 고형체의 반발력이 복합재료의 반발력보다 큰 값을 갖는 것으로 생각된다. 그러므로 Ferrite-resin 복합재료에서도 에폭시 수지에 대한 Ferrite 양이 가장 적게 첨가된 시험편(시험편 A)이 Hs값이 가장 크게 나타남을 알 수 있다.

기계적 강도를 살펴보면, 압축강도는 순수 에폭시수지 고형체 (시험편 E, F)의 압축강도에 비하여 Ferrite-resin 복합재료(시험편 A, B, C, D)가 큰 값을 나타내며 Ferrite의 함유량이 증가하거나 내부의 결합이 적을수록 커짐을 알 수 있다. 실제 재료실험 결과 시험편의 파단면을 관찰하면 이러한 결합을 육안으로도 확인할 수 있었고 이것이 재료의 강도에 결정적인 영향을 미치고 있어 공정시 이러한 결합의 최소화에 역점을 두어야 강도면에서 우수한 재료를 만들 수 있다. 한편 접착성을 간접적으로 검토할 수 있는 굽힘강도는 첨가된 Ferrite양이 많을수록 큰 값을 나타내고 있음을 알 수 있다.

한편 진동특성인 감쇠비를 살펴 보면 다음과 같다. 순수 에폭시수지 고형체(시험편 E, F)의 진동 감쇠비는 0.053~0.065의 범위를 나타내며 Ferrite-resin 복합재료(시험편 A, B, C, D)의 진동 감쇠비는 0.102~0.126의 범위로서 순수 에폭시수지 고형체의 감쇠비 보다 약 2배정도 우수하다. 또한 Ferrite-resin 복합재료에서도 에폭시 수지에 대한 Ferrite 첨가량이 많을수록 동일 첨가량의 경우에는 진공탈포, 진동 컴팩

션 등 제작 공정상에서 결합이 비교적 적도록 제작한 시험편(시험편 D)의 경우가 가장 뛰어났다. 이 현상은 화강암 분말, 철분 등을 순수 Ferrite에 혼합하여 순도를 떨어뜨리더라도 진동 감쇠비의 차이는 크지 않고 오히려 복합재를 제작하는 공정방법에 따라 그 차이가 나타났다. 그 원인은 제작중에 복합재 내에 기포나 분말의 덩어리가 결합을 만드는 경우 강도나 진동특성에 큰 영향을 미치기 때문으로 생각된다.

이상과 같이 강도면에서 검토한 기계적 성질과 방진, 제진 특성에서 검토한 진동특성을 종합해 보면 방진 및 제진용 Ferrite-resin 복합재료를 제작하기 위한 적절한 수지는 접착성능이 뛰어나고 가능한 Ferrite 양을 많이 첨가시킬 수 있는 저점도용 에폭시 수지가 가장 바람직하다. Ferrite의 순도는 복합재료의 특성에 큰 영향을 미치지 않으며 복합재료 제작시에 복합재료 내에 가급적 결합이 존재하지 않는 것이 복합재료의 특성을 향상시키는데 가장 중요한 인자로 생각된다. 그래서 실제 진공탈포, 진동 컴팩션 작업 공정을 거쳐 제작한 시험편(시험편 D)의 경우가 가장 우수한 특성을 나타내는 것으로 나타났다.

4. 모델 구조물 실험

모델 구조물은 발생하는 진동을 base에 전달하는 경로에서 진동의 일부를 흡수할 수 있도록 모터 받침대, Friction drive 구동 모터 그리고 스피커 스탠드를 복합

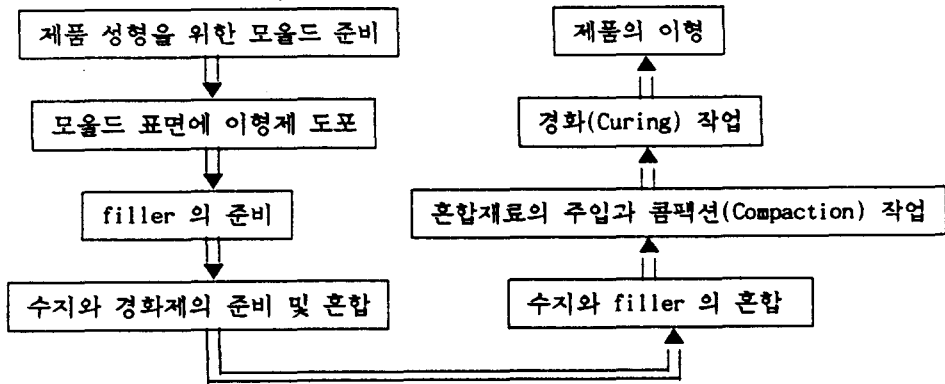


Fig. 4.1 Manufacturing process of model structure

재료로 제작하였다.

모델구조물의 제작공정은 Fig. 4.1과 같으며 완성된 모델 구조물의 실험은 일정한 조건하에서 발생된 진동이 모델구조물을 통과할때 전달된 진동을 가속도계를 통하여 측정하였다. 가속도계의 신호는 Charge Amplifier에 의하여 증폭하여 FFT Analyzer의 Display Terminal을 통하여 출력하였다. 실험결과는 가속도계를 이용하여 출력한 결과로서 출력의 크기는 가속도의 단위인 m/sec^2 를 사용하여 나타내었다.

4.1 모터 받침대

모터는 모터 회전자 불균형이 주원인이 되어 모터 자체에 진동이 발생이 되고, 이 진동은 모터 자체 뿐아니라 모터가 고정되고 있는 구조물에도 전달이 된다.

모델 구조물은 다음과 같은 동일한 Ferrite에 여러 형태의 혼합물을 첨가한 4가지 종류의 Ferrite 고형체로 제작하였고 모델 구조물과 동일한 크기의 주철 구조물과 복합재료로 제작한 받침대와 동일한 무게를 갖도록 설계된 주철 구조물을 제작하여 비교 실험하였다.

- Type 1: 순수 Ferrite 고형체
- Type 2: (Ferrite + 철분)의 고형체
- Type 3: (Ferrite + Granite 분말)의 고형체
- Type 4: 순수 Ferrite에 Carbon Fiber을 삽입한 고형체
- Type 5: 같은 크기의 주철 구조물
- Type 6: 같은 무게의 주철 구조물

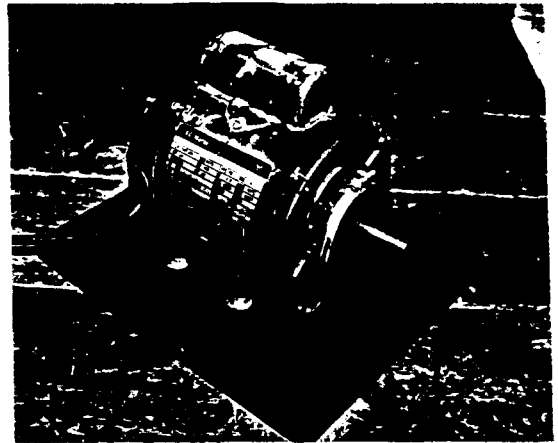
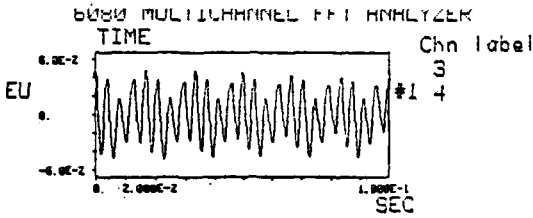


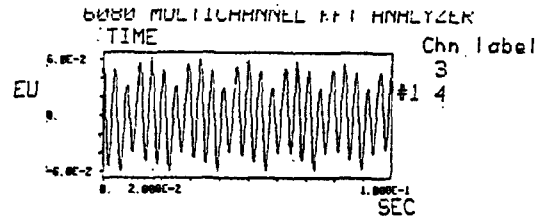
Fig. 4.2 Motor stand made of ferrite-resin material

Fig. 4.2는 복합재료로 제작한 모터 받침대에 설치된 모터의 그림이며 Fig. 4.3은 모델 구조물을 받침대로 사용하여 모터를 고정시키고 모터를 회전시킬때 발생되는 진동을 가속도계를 통하여 받침대에 직접 전달된 진동을 측정된 결과이다.

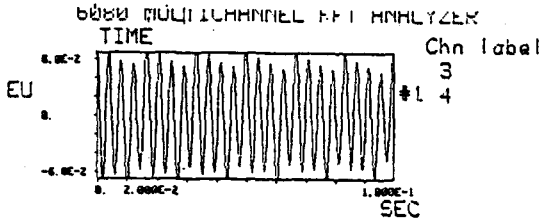
복합재료만으로 만들어진 받침대(Type 1)의 경우에는 크기가 같은 주철 받침대(Type 5)를 제외하고 가장 작은 진폭의 진동 응답을 보이고 있어 복합재료에 의한 제진효과가 우수하다고 할 수 있다. 철분이 포함된 재료로 만든 받침대(Type 2)는 순수 Ferrite의 복합재료에 비하여 강의 성질에 접근하고 있어 열등한 결과를



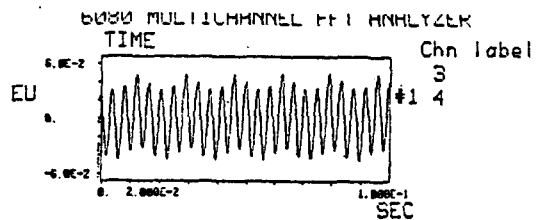
(Ferrite-resin material : Type 1)



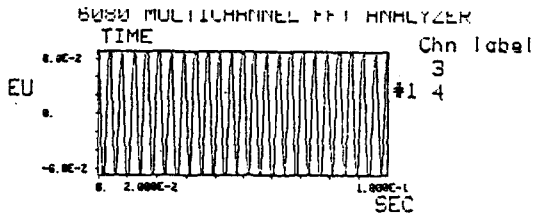
(Ferrite-resin material adding carbon fiber sheet : Type 4)



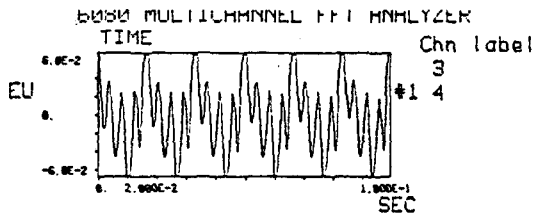
(Ferrite-resin material adding granite powder : Type 2)



(Cast iron having same dimension : Type 5)



(Ferrite-resin material adding granite powder : Type 3)



(Cast iron having same weight : Type 6)

Fig. 4.3 Result of motor-induced vibration test

보여주고 있다. 화강암 분말이 포함된 받침대 (Type 3) 는 철편과 접착력의 저하로 인하여 재료의 강도가 저하되어 그에 따라 받침대에 전달되는 진동의 진폭이 다른 것 (Type 1, 2, 3) 에 비하여 상당히 큰 것으로 나타났다. 받침대 가운데 부분에 Carbon fiber를 포함되어 있는 경우 (Type 4) 는 Type 1과 거의 같은 재료임에도 불구하고 다소 그 결과가 떨어지는 것은 Carbon fiber에 의하여 복합재료가 층이 발생함으로써 생긴 결과라고 생각된다. 크기를 같게 한 주철 받침대 (Type 5) 가 가장 응답의 크기가 작은 것으로 나타났으며 이것은 받침대의 중량이 다른 것들에 비하여 2.5배정도 되므로 질량효과에 의하여 나타난 결과라고 생각된다. 그렇지만 모터를 포함한 전체 구조물의 진동이 전달되면 오히려

그 진동의 크기에 비해 바닥에 전달되는 가진력의 크기는 커지게 된다.

크기가 같게 만들어진 주철 받침대 (Type 6) 은 받침대에 전달된 진동의 크기도 매우 크고 그 진동에 따라 바닥에 전달된 진동의 크기도 매우 크게 나타나고 있다. 그러므로 주철 구조물로서 받침대를 제작하는 것은 일반적으로 진동 감소를 위한 제진 효과를 거두기에는 문제가 있다고 생각된다.

4.2 Friction drive 구동 모터의 받침대

비구면 가공기의 안내기구는 Friction drive에 의하여 구동하며 이 Friction drive를 구동하는 모터를 베드 면위에 고정하는 받침대를 순수 Ferrite 복합재료로 제

작하여 실제 사용되는 주철재의 받침대와 비교 실험하였다. Fig. 4. 4는 주철재(그림의 왼쪽)와 복합재료(그림의 가운데)로 제작된 모터의 받침대와 구동모터(그림의 오른쪽)를 보여주며, Fig. 4. 5는 비구면 가공기의 Friction drive를 보여준다. Fig. 4. 6은 주철재와 복합재료로 제작한 받침대를 사용하여 모터를 고정시키고 Friction drive를 구동시킬때 발생하는 진동을 가속도계를 통하여 받침대에 직접 전달된 진동(그림의 왼쪽)과 베드 면위에 전달된 진동(그림의 오른쪽)을 동시에 측정한 결과이다.

실제 주철재의 받침대는 복합재료로 제작된 받침대에 비하여 2.6배 정도 무거우나 실험결과를 보면 오히려 복합재료로 제작한 받침대를 통한 진동의 진폭과 전달되는 진동의 에너지도 적게 나타나고 있다. 이것은 모터에서 발생한 진동이 전달되는 과정에서 복합재료의 감쇠에 의하여 많은 양이 흡수되기 때문으로 추측할 수 있다.

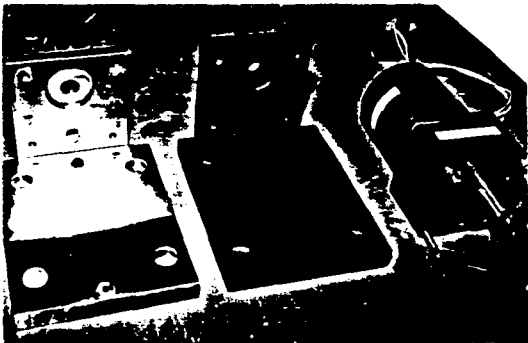


Fig. 4. 4 Friction drive motor and motor stand

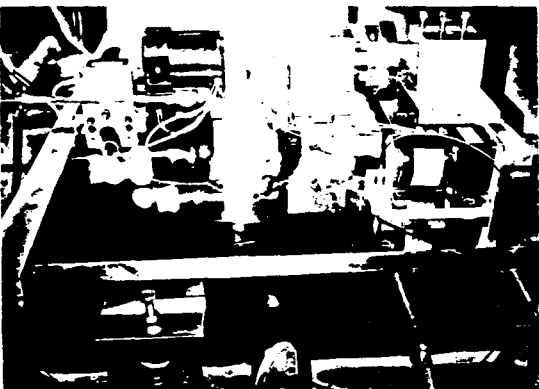


Fig. 4. 5 Friction drive used in ultra-precision machining model

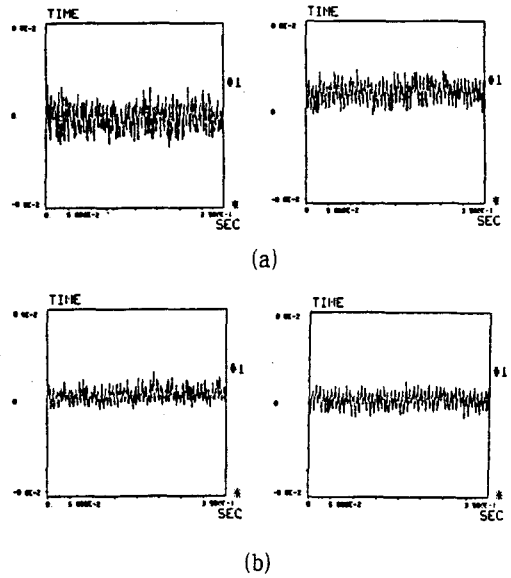


Fig. 4. 6 Results of friction drive motor-induced vibration test :

Cast iron (a) Ferrite-resin material (b)

4. 3 스피커의 스탠드

스피커는 스피커 콘(Cone)이 진동을 하여 음을 재생하지만 동시에 스피커 캐비닛(Cabinet)이 콘과 공진을 하여 음을 전달하게 된다. 그러나 캐비닛의 진동은 스피커가 놓인 곳의 바닥을 가진함으로써 바닥의 진동으로 인한 간섭이 스피커의 음의 재생에 좋지 않은 영향을 미치게 된다. 그래서 이 캐비닛의 진동을 차단하기 위하여 스피커의 스탠드를 사용하게 되는데 이러한 스탠드의 재료로는 진동의 차진성이 우수한 재료의 사용이 권장된다.

본 실험에서는 스피커의 스탠드를 순수 Ferrite 복합재료로 제작하여 사용하였으며 이를 주철재, 고무판으로 제작한 스탠드를 사용한 경우와 스탠드를 하지 않은 경우를 비교 실험하였다. 실험은 방진판위에 철판을 설치하고 그 위에 스피커를 설치하여 스피커에서 바닥으로 전달되는 진동을 가속도계를 이용하여 측정하였으며 Fig. 4. 7은 실험준비된 스피커와 스피커가진 신호발생 system을 보여준다. 저주파수의 신호에서 고주파수의 신호로 주파수를 증가시키면서 스피커를 가진다면 일정 주파수에서 공진을 일으켜 진동의 진폭이 일시적으로 커지게 된다. 실험에서는 공진시 최대 진폭의 진동을

측정하였으며 Fig. 4. 8 및 Fig. 4. 9는 700Hz대와 1300Hz대에서 발생하는 공진시의 진동을 스탠드가 없는 경우, 고무판을 사용한 경우, 주철재 스탠드를 사용한 경우 그리고 복합재료로 제작한 스탠드를 사용한 경우를 동시에 측정한 결과이다.

실험결과를 살펴보면, 스탠드를 사용하는 경우가 진동의 전달을 차단시켜 주지만 스탠드의 재료에 따른 효과의 차이를 보이고 있다. 주철재의 스탠드는 700Hz대 주파수 영역에서는 진동을 차단하는 역할이 적어 큰 진폭의 진동이 전달되며 고무판의 스탠드도 주철재와 비슷한 크기의 진동이 전달되고 있다. 또한 1300Hz의 주파수 영역에서 주철재의 스탠드는 700Hz 영역보다 진동을 차단하는데 많은 효과를 나타내며 고무판의 스탠드는 700Hz 영역과 비슷한 정도의 차진효과를 보이고 있다. 그러나 Ferrite-resin 복합재료 제작한 스탠드는 모든 주파수 영역에서 차진 효과가 크게 나타나 스피커에서 발생되어 바닥에 전달되는 진동이 적음을 보여주고 있다. 특히 스피커는 음의 고저에 따라 모든 주파수 범위에 대하여 가진이 되므로 모든 주파수 영역에 대하여 차진 효과가 나타나는 재료로 스탠드를 제작하는 것이 효과적이므로 Ferrite-resin 재료를 이용한 스탠드의 제작을 권장할만하다 하겠다.



Fig. 4.7 Speaker and signal generator

5. 결 론

본 연구에서는 에폭시수지에 Ferrite를 고형화하여 방진 및 제진용 Ferrite-resin 복합재료를 개발하였고 이 연구를 수행하는 과정에서 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. Ferrite-resin 복합재료에 대한 재료특성실험 결과,
 - Ferrite의 순도는 복합재료의 특성과 무관하며
 - Ferrite의 혼합비를 증가시킬수록 기계강도 및 진동감쇠능이 증가하며
 - 작업공정이 복합재료의 특성에 가장 큰 영향을 주었다.
2. 모타 받침대, Friction drive 구동 모타 받침대, 스피커 스탠드를 제작하여 복합재료의 적용실험을 한 결과,
 - 제품을 제작함에 있어 성형성이 우수하였으며
 - 제작된 구조물은 중량에 대한 비강성이 커서 구조물의 필요 강성을 얻을 수 있었으며
 - 주철재 등과의 비교 실험 결과 방진효과가 우수하였다.
3. 개발된 Ferrite-resin 복합재료는 정밀기계의 구조재료, 가전제품, 기어박스과 같은 케이싱 재료 등의 방진 및 제진재료로 그 응용이 확대 가능한 재료이다.

후 기

본 연구는 1991년도 교육부 지원 학술진흥재단의 신소재 분야 학술연구조성비에 의해 수행된 결과의 일부이며 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

1. E. Kirlikovali, "Polymer/concrete composite-A Review", Polymer Engineering and Science, Vol. 21, No. 8, pp.507~509, Mid-June, 1981.
2. S. Z. Abdin, R. K. Shenoy and M. E. Visverswaranm "Investigation on Granite as a Material for Metrology Aids", Annals of the CIRP, Vol. 27/1, pp.377~381, 1978.
3. G. H. Morgan, P. A. Mckeown and H. J. Renker, "Materials for Machine Tool

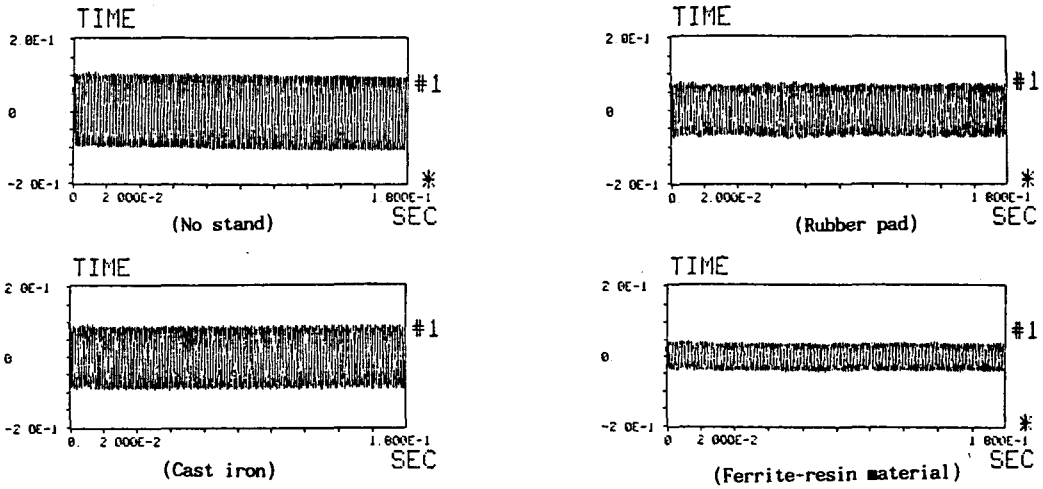


Fig. 4.8 Result of speaker-induced vibration test (700 Hz)

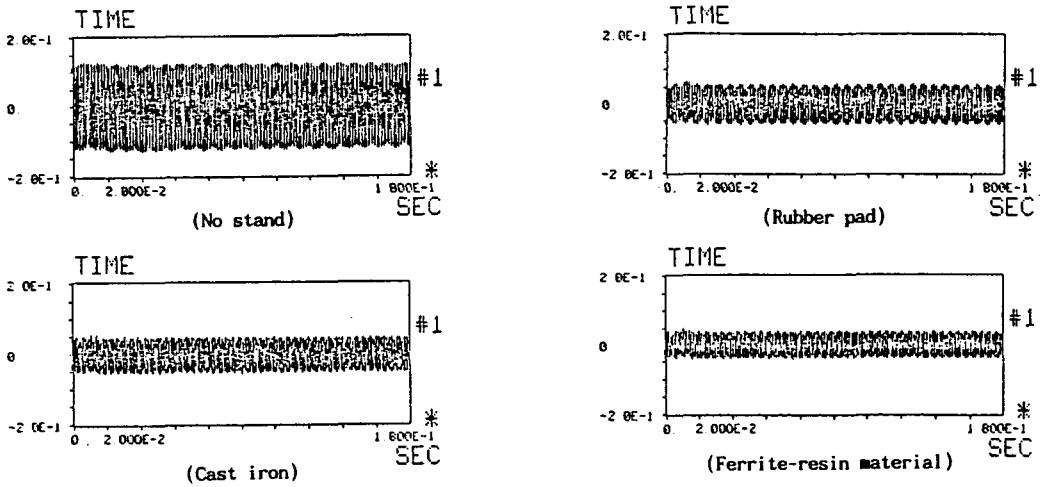


Fig. 4.9 Result of speaker-induced vibration test (1300 Hz)

Structures", PAMck/GHM/sun/CMSD/Issue 2, pp. 429~436, Aug. 1981.

4. Y. Furukawa and N. Moronuki, "Development of Ultra-Precision Machine Tool Made of Ceramics", Annals of the CIRP, Vol. 35/1, pp. 279~282, 1986.
5. M. Rahman, M. A. Mansur and K. H. Chua, "Evaluation of Advanced Cementitious Composites for Machine-Tool Structures", Annals of the CIRP, Vol. 37/1, pp. 373~384, 1988.

6. M. Tsutsumi, K. Unno, M. Yoshino and F. Yamauchi, "New material Application to Ultraprecision Lathe", Ultraprecision in Manufacturing Engineering, May 1988, Aachen, FRG.
7. 김종호, 원시태, 박영일, 맹희영, "초정밀 가공기계 베드 구조물용 에폭시-그래나이트재의 특성에 관한 연구", 한국정밀공학회지, 제7권, 제2호, pp. 74~84, 1990.
8. 内山文雄, "防振材料(フェライトボレン 複合材料)", トリケツフス GS 2, pp. 251~267.