

FSTS인 434LD₂의 ABS 센서 링이 내식성과 기계적 특성에 관한 연구

- A Study on Ferrite Stainless Steel Corrosion Resistance or Mechanical Characteristics of 434LD₂ ABS Sensor Ring -

양 현 수 *

Yang Hyun Soo

금 영 준 **

Kum Young Jun

정 풍 기***

Jeong Poong Gi

Abstract

In this thesis, using the 400 series ferrite stainless steel such as 434LD₂ which are further excellent than the existing ferric products in mechanical characteristics, and experiment has been conducted on corrosion resistance of sensor ring. The results are following.

1. The products before sintering are much more corrodible in the condition of spray test of salt water and ammonia than humidity and nitrogen condition.
2. 434LD₂ ferrite stainless steel has shown a good corrosion resistance without an additional surface treatment. thus the decreasing production process has been obtained.
3. As hardness value of H_{RB} 80 and tensile test, 434LD₂ ferrite stainless steel with show a good endurance when it is combined to constant velocity joint (c/v joint), and has a good hardness properties endurable to sand and pebble impact.

Key Words : Mechanical characteristics(기계적 특성), Corrosion Resistance(부식 저항), Powder Metallurgy(분말야금법), Sensor ring(센서 링), Constant velocity joint(등속 조인트)

* 군장대학 자동차·기계학부 부교수

** 금호디젤상사 대표이사

*** 군장대학 자동차·기계학부 겸임교수, 오토라인 대표이사

1. 서론

첨단 전자기술의 빠른 진보에 의해 비교적 값싼 전자회로의 실용화와 함께 점점 복잡해지는 도로사정과 자동차의 안전에 대한 사회적인 인식이 지속적으로 증가하면서 자동차 및 자동차 부품생산자들은 자동차 브레이크 시스템에 대한 새로운 연구와 개발을 시작하여 높은 신뢰도를 갖고 전자제어로 조절되는 4륜 Antilock Brake System (이하 ABS)를 도입하기 시작했다. 이러한 시스템은 광학 식, 반도체 식 및 전자식이 개발되어 사용되고 있다. 광학 식은 차축에 반사판을 부착하여 자동차 바퀴속도에 빛을 보내면 빛이 반사판에서 반사되어 되돌아오므로 바퀴의 속도를 감지하는 방법으로 진흙이나 먼지 등과 같은 이물질들 내에서는 속도 감지를 하기가 어렵고, 반도체식은 발광다이오드를 이용하여 바퀴의 속도를 감지하는 것으로서 고정되어 있으면 아주 정밀하게 측정가능하나 충격에 아주 약하고 또한 기후변화에 너무 민감하기 때문에 현재는 자동차에 거의 사용하지 않고 있는 추세이다. 따라서 최근에는 이 두 방법의 단점이 보완되어 내 환경성이 양호한 전자식이 사용되고 있다.^{1,2,3)}

현재 가장 많이 사용하는 전자식의 경우, 주행 중인 자동차 바퀴의 속도를 측정하기 위하여 센서 링을 사용하는데 브레이크의 정확한 작동을 유지하기 위해서는 피치의 고정밀도와 센서 링이 외부에 노출되기 때문에 큰 내식성 등이 요구되며 또한 바퀴속도를 정확히 감지하기 위해 피치의 고정밀도와 자기적 성질이 요구된다. 이러한 특성 때문에 고정밀도를 유지하여 경제적으로 제조할 수 있는 분말야금법 (Powder Metallurgy)을 이용하여 철계 제품을 생산하여 이용되고 있다.^{4,5)} 그러나 철계의 경우 내식성 향상을 위하여 표면처리를 행하기 때문에 단가의 상승 및 신뢰성 저하 등의 문제점으로 대두되고 있다. 특히 요구되는 자기적 성질을 얻기 위하여 순철 분말을 이용 하므로써 강도의 저하가 불가피하다. 그러므로 내식성 및 신뢰성 향상을 위하여 페라이트 스테인레스강(Ferrite Stainless Steel) 분말을 이용하여 ABS 센서 링을 제조하여 내식성을 크게 향상시켜 표면처리 공정이 제외됨으로 경제성을 얻을 수 있고 강도의 증가 및 고신뢰성을 얻을 수 있다.^{6,7)} 그러나 페라이트 스테인레스강의 경우 분말야금법은 철계에 비교하여 진공소결을 필요로 하여 성형 및 소결조건에 따라 물리적 성질이 상당히 영향을 받는다. 이러한 변수에 대한 영향을 비교 검토하려고 한다.

따라서, 본 연구에서는 400계열 페라이트 스테인레스강 분말인 434LD₂을 사용하여 센서 링을 제조하여 내식성, 기계적 특성을 조사함으로써 향후 ABS에 따른 기초 자료로 삼고자 한다.

2. 이론적 배경

2.1 ABS 시스템의 구조

ABS는 일반적으로 Fig.1에 나타낸 것과 같이 8가지 요소 중에 그 중에 4가지요소가 중요하다고 할 수 있다. 즉, 속도 센서, ECU, 센서 링 및 모듈레이터(Hydraulic Unit)로 구성되어 있다.

여기서 Fig.1은 ABS의 구조를, Fig.2는 바퀴의 휠에 장착된 ABS의 센서 링과 속도 센서의 위치를 나타내고 있다. 자동차 각 휠에 부착되어 있는 센서 링이 자동차 바퀴가 회전함에 따라 같이 회전하면 센서 링에 근접시켜 설치된 속도 센서의 코일에 기전력이 발생된다. Fig.2에서와 같이 센서 링의 회전속도의 변화가 유기된 기전력의 진동수 변화를 야기 시키고 제어장치에서 바퀴의 회전속도로 환산되어 브레이크를 조절하게 되는 것이다. 따라서 센서 링의 정밀도 Error범위 이내여야 하며 부식이나 변형으로부터 보호되어야 하고 속도 센서의 코일에 기전력을 일으키므로 자기적 특성과 내식성이 우수해야한다. Fig. 3은 센서 링에 의해 전자식으로 바퀴속도를 측정하는 것을 나타내고 있다. 휠 축 내부에는 센서 링과 ABS 속도 센서가 장착되어 있다. ABS 속도 센서는 마그네틱과 코일로 구성되어 있으며, 자극(pole)의 끝은 자장에 쌓여 있다. 센서 링이 회전하게 되면 ABS 속도 센서에서는 바퀴의 속도에 비례하여 AC 전압 신호가 발생한다. 바퀴가 더욱 빠르게 회전하면 ABS 속도 센서에 발생하는 주파수는 더욱 커지게 된다. EBCM은 속도 센서로부터 각 바퀴에 대한 입력 정보를 받아 ABS 시스템을 작동시켜 최적의 조건으로 제동이 이루어지게 한다.^{8,9)} 센서 링은 휠 축 내부에 장착되어 있는데 자동차 바퀴를 회전시키면 이 링들은 정지된 유도코일에서 전압을 발생시킨다. 전압은 자동차의 속도에 따라 증가되고 센서 링의 자기적 특성에 크게 영향을 받는다. 바퀴의 ABS 속도센서는 센서 끝단의 폴피스(pole piece)와 센서 링의 이끝 사이에서 일정한 간격을 유지하도록 설치되어 있다.

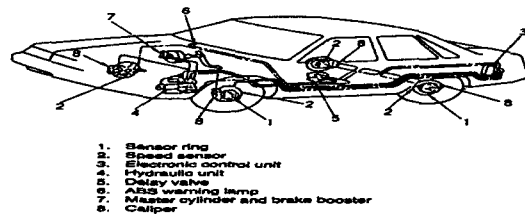


Fig .1. Configuration of automobile ABS



Fig .2. Sensor ring and speed sensor equipped with automobile

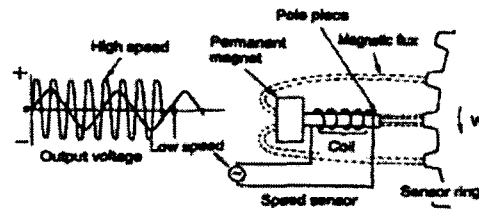


Fig. 3. Mechanism for electromagnetic generating measurement of wheel velocity

2.2 센서 링에 요구되는 내식성

센서 링에 요구되는 내식성의 정도는 설치조건에 달려있다. 하우징 안쪽에 설치 될 때는 공기로부터 보호가 되어 최소한 내식성만이 요구되지만 설치 방법이 복잡하고 후에 유지 보수하기가 어렵다. 따라서 간단한 설치방법은 구동축이나 다른 노출된 위치에 설치하는 것이다. 그러나 눈이 많은 북극 등에서는 겨울에 도로의 결빙을 방지하기 위해 염화칼슘 및 염화나트륨을 뿌리게 되는데 센서 링의 설치위치가 외부에 노출이 되어 있기 때문에 내식성이 크게 요구된다. 이때 조약돌이나 모래 등과 같이 기어이에 충격을 줄 수 있는 것들에서 보호하기 위해 보호망을 사용하는데 이것만으로는 염수를 막는 것이 불가능하다. 따라서 염수나 모래 등의 chipping에 의해 센서 링이 정확히 바퀴속도를 감지하지 못하는 것을 방지하기 위해 내식성이 요구된다.

3. 실험방법

3.1 원소재

원소재는 400계열 중 434LD₂ Ferrite Stainless Steel분말을 선택하였고, 이 분말은 -325메시의 원심분무분으로 제조된 평균입자 직경은 30 μ m로서 형상은 편상이다. 또한

윤활제는 Z_n -ST을 사용하였으며, 소결은 진공로에서 A_r gas를 이용한 분위기에서 행하여 최고 특성을 얻을 수 있는 실험을 행하였다. 또한 화학적 성분의 조성은 Table 1.과 같다.

Table 1. Chemical composition of 434LD₂ series ferrite stainless steel

Composi -tion Powder type	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	N	O
434LD ₂	0.005	0.84	0.12	0.012	0.006	0.19	17.10	1.99	0.21	0.36

3.2 시편제작

내식성 및 기계적 특성을 위한 시편은 I.D 73.3mm, O.D 84.3mm, H 8mm의 센서 링 형상으로 제작하였고, 자기적 특성을 위한 시편은 I.D 34mm, O.D 45mm, H 6mm의 테스터 링 형상으로 제작하였다.

3.2.1 센서 링 이의 형상

Fig. 4은 분말야금법을 이용하여 제조된 센서 링으로 본 실험에서 사용한 센서 링의 형상으로 내경 73.3mm, 외경 84.3mm, 높이 8mm, 이의 폭 2.2mm, 이의 간격 3.3mm, 이의 높이는 3.0mm로 설계하여 제작하였다.

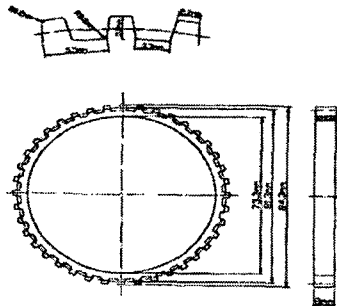


Fig .4. Schamatic of Tooth Shape for Sensor Ring

3.3 센서 링 제조

내식성시험 및 기계적 특성을 위한 시편은 내경 73.3mm, 외경 84.3mm, 두께 8mm의 센서 링 형상으로 제조하였다.

성형은 200톤 프레스에서 최고 7.2 t/cm²의 압력으로 센서 링을 성형하였고 또한 400계열 페라이트 스테인레스강으로 자기적 특성을 시험하기 위해서 테스트 링의 성형은 200톤 프레스로 5.5t/cm²에서 7.2t/cm²까지 압축압력을 가해서 내경 3.4±0.05cm, 외경 4.5±0.05cm, 두께 0.6±0.01cm로 압축하였다.

이와 같이 성형된 테스트 링은 100Torr의 질소분위기의 진공로 안에서 500℃로 30분 동안 유지한 후 탈가스 해서 소결온도를 1140℃, 1160℃, 1200℃ 그리고 1250℃로 각각 소결시간을 30분 과 60분으로 변화를 주어 소결한 후 650℃까지 노냉 하였다.

그리고 바인더는 아연-스테아린산염 1% 첨가하였다. 또한 434LD₂의 성형된 링은 100Torr 질소 분위기의 진공로에서 500. C에서 30분간 유지시켜 탈가스 한 후 1250. C에서 60분 소결한 후 650. C까지 노냉 시켰다. 따라서 최고 압축압력 7.2t/cm²에서 소결한 테스트 링의 치수는 Table 2에 보였다. 이때 합금원소의 증발을 막기 위하여 아르곤(Ar) 가스를 주입하여 10⁻² torr를 유지하였다. 또한 소결이 완료된 후 내경가공 및 바렐을 실시하여 버(Burr)를 완전히 제거 시켰다. 따라서 완제품에 대한 내식성을 알아보기 위하여 5% 염화나트륨 용액에 제품을 완전히 침지시킨 후 96시간, 500시간이 경과된 후 각각의 치형 및 표면 부식을 관찰하였다.

그리고 기계적 시험으로는 로크웰(Rockwell)경도 및 UTM을 사용하여 압축 강도를 측정하였다. 또한 조직관찰은 부식액 피크리산 1g, 염산 15ml, 에탄올 100ml을 사용하여 부식 시킨 후 광학현미경으로 100배율, 400배율로 관찰하였다.

Table 2. Various properties after sintered of test ring

Powder type	Comp. pressure (t/cm ²)	Outer diameter (cm)	Inner diameter (cm)	Higher (cm)	Sintering density (g/cm ³)
434LD ₂	7.2	4.480	3.381	0.590	6.76

3.4 내식성 시험

434LD₂ 페라이트 스테인레스강에 대한 내식성을 살펴보기 위해서 2가지 방법으로 실시하였다. 첫째는 부식시험으로서 센서 링을 5% 염화나트륨(NaCl)용액에 제품을 완전히 침지 시킨 후 96시간이 경과된 후 각각의 치형 및 표면에 부식점이 발생한 정도를 관찰하였다. 둘째는 테스트 링의 시편에 의한 염수분무시험으로 ASTM B117에 따라 35℃에서 5% 염화나트륨용액에 96시간 잠기게 하고 또한 습윤시험으로 습도 98%에서 실내온도 50℃에서 96시간 동안 잠겨놓고 부식의 정도를 측정하였다.

3.5 기계적 특성

로크웰(Rockwell)경도계를 사용하여 경도를 측정하고 UTM을 사용하여 압환강도를 측정하였다.

3.6 조직 관찰

434LD₂ 페라이트 스테인레스강 재료에 대한 조직은 부식액 피크린산1g, 염산 15ml 그리고 에탄올 100ml를 사용하여 부식한 후 각 제품에 대하여 X100, X400의 배율로 광학현미경으로 관찰하였다.

4. 실험결과 및 고찰

4.1 테스트 링 시편의 염수분무 시험과 습윤 시험

테스터 링 시편의 부식 저항 시험은 ASTM B117에 기술되어 있는 방법을 기준으로 하여 실시하였다. 즉 테스트 링 시편의 내식성을 측정하기 위해 첫째 실내온도 35℃에서 96시간동안 질소분위기와 암모니아 분위기로 나누어서 5%의 NaCl 염수분무시험을 하였으며 두 번째는 실내온도 50℃에서 96시간동안 질소분위기와 암모니아 분위기로 나누어서 습도 98%조건을 주어 습윤시험을 하였다.

Fig. 5는 25% 질소분위기로 조성된 5torr의 진공 소결로에서 소결을 실시한 테스트 링 시편을 습윤시험하여 얻은 결과이다. 그림에서 볼 수 있듯이 모두 아무런 부식점이 발견되지 않았다.

Fig. 6은 25% 질소분위기로 조성된 5torr의 진공 소결로에서 소결을 실시한 테스트 링 시편을 염수분무시험을 실시하여 얻은 결과이다. 그림에서 볼 수 있듯이 약간의 부식상태를 보여주고 있다.

Fig. 7은 25% 암모니아 분위기로 조성된 5torr의 진공 소결로에서 소결을 실시한 테스트 링 시편을 습윤시험하여 얻은 결과이다. 그림에서 볼 수 있듯이 부식점을 발견 할 수 없을 정도로 양호한 결과를 나타내고 있다.

Fig. 8은 25% 암모니아 분위기로 조성된 5torr의 진공 소결로에서 소결을 실시한 테스트 링 시편을 염수분무시험을 실시하여 얻은 결과이다. 그림에서 볼 수 있듯이 상당히 넓은 부식이 발견되고 있다. 이 결과로 볼 때 소결된 제품은 습윤상태에서 보다 염수분무상태에서 부식이 크게 발생하며 질소분위기 보다는 암모니아 분위기에서 부식이 크게 발생하는 것을 알 수 있다.

Fig. 9는 테스트 링을 나타내고 있다. 테스트 링에 대한 부식 저항 실험은 테스트 링 시편의 부식 저항 시험에서 가장 심하게 부식되는 조건을 주었다. 즉 테스트 링의 내식성을 측정하기 위해 실내온도는 35℃, 96시간동안 암모니아 분위기에서 5% 염화 나트륨 염수분무실험을 하였다. 결과를 보면 시편에서 실험한 결과와 마찬가지로 테스트 링에서 부식이 가장 크게 나타나 있다. 따라서 테스트 링 재료내의 산소의 함유량이 많이 내포되어 있기 때문으로 사료된다.



Fig. 5. Test of humidity resistance under the conditions of humidity rate of 98% and 50℃ after sintered in the nitrogen



Fig. 6. Spray test of salt water under the conditions of 5% NaCl and 35℃ after sintered in the nitrogen



Fig. 7. Test of humidity resistance under the conditions of humidity rate of 98% and 50°C after sintered in the ammonia



Fig. 8. Spray test of salt water under the conditions of 5% NaCl and 35°C after sintered in the ammonia



Fig. 9 Corrosion test of test ring

4.2 센서 링의 내식성실험

Fig. 10은 25% 질소 분위기로 조성된 5torr의 진공 소결로에서 소결을 실시한 센서 링을 염수분무시험을 실시하여 얻은 결과이다. 결과를 보면 434LD₂의 경우에는 크롬이 적게 함유되어있는 17 크롬계 이기 때문에 현저하게 발청 되어있다.



Fig. 10. Spray test of salt water on 400 series

Fig. 11과 Fig. 12는 각각 5% 염화나트륨(NaCl)용액에 434LD₂ 재료를 완전히 침전시킨 후 96시간과 500시간 경과 후에 각각 관찰된 센서 링의 표면그림이다. 그림에

서 볼 수 있듯이 96시간이 경과한 후 모든 센서 링의 표면 및 치형에 전혀 부식이 발생하지 않았으며 500시간이 경과한 후에도 약간의 부식점 만이 발생되었음을 관찰할 수 있었다. 따라서 400계열 스테인레스 강재를 사용하여 센서 링을 제조한 후 ABS에 사용하면 이와 같이 내식성에 강하기 때문에 외부에 장시간 노출되더라도 부식을 방지할 수 있으며 ABS 수명연장은 물론 센서 링의 부식으로 센서의 인식 기능시에 발생하는 문제들이 해결되리라 판단된다.



Fig. 11. Photographs of 400 series ferrite stainless steel of exposed 96hrs in the 5% NaCl solution



Fig. 12. Photographs of 400 series ferrite stainless steel of exposed 500hrs in the 5% NaCl solution

4.3 센서 링의 기계적 특성

Table 3은 소결공정에서 내경이 외경에 비해 체적변화가 더 크게 나타났다. 이것은 분말 자체의 특성에 기인한 것으로 여겨진다. 상당히 높은 밀도의 성형임에도 불구하고 많은 양의 수축이 일어난 것은 스테인레스강 분말의 경우 일반적인 현상이지만 센서 링의 경우 두께가 얇아 원래의 형상이 다소 손상되었다. 이것은 후속공정인 Sizing공정을 추가함으로써 목표하는 치수를 얻을 수 있었다. 이러한 Sizing공정의 추가로 경도 값 및 압축강도도 크게 증가되었으며 이것은 밀도의 증가로 발생한 현

상으로 판단된다.

그러나 조직적 변형으로 인한 자기적 성질은 크게 해치지 않는 것으로 나타났다. 또한 경도 값이 H_{RB} 80 내외의 값을 보임으로서 외부에 노출되어 자갈이나 모래 등에 의한 센서 링의 파손을 방지할 수 있을 것으로 여겨진다.

압축강도의 경우 $80\text{kgf}/\text{mm}^2$ 내외의 값을 나타내고 있으며 연신율도 10%이상의 값을 나타내는 것으로 보아 등속 조인트에 압입 시 충분히 견딜 수 있다고 판단된다.

Table 3. Mechanical properties of ABS sensor ring

Properties Process		Dimension (mm)		Dimensional change (%)		Density (g/cm ³)	Hardness (HRB)	UTM (Kg/mm ²)
		I.D	O.D	I.D	O.D			
Compacting	434LD ₂	75.85	87.45			6.578		
Sintering	434LD ₂	73.14	84.48	-3.57	-3.39	7.312	69	65.409
Sizing	434LD ₂	73.70	84.16			7.31	81.0	82.733

4.4 조직사진

Fig. 13은 시편을 단면으로 절단하여 부식액 피크린산 1g, 염산 15ml, 에탄올 100ml로 처리한 후 광학 현미경으로 100배율과 400배율로 확대하여 나타낸 조직사진이다. 전체적으로 고압성형과 고온 소결에 따라 기공의 미세화와 구상화가 나타나 있다.

소결체의 결정립 조대화가 일부 진행 중 이지만 자동차 ABS에 사용될 때에는 결정립 조대화가 가능한 발생되지 않는 것이 좋다. 그림을 보면 탄화물인 Cr_2N 으로 추정되는 석출물이 발견되고 있다. 이것은 페라이트 스테인레스강에 화학적 성분에 포함되어 있는 원소인 질소 그리고 크롬에 의해서 소결 하는 과정에서 서로 결합하여 만들어지는 탄화물이라고 여겨진다.

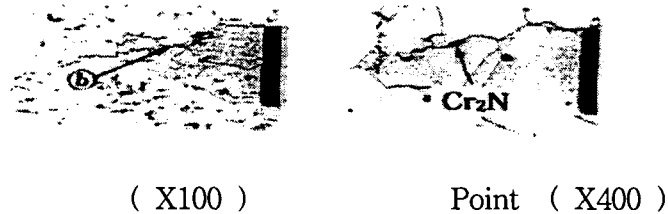


Fig. 13. Micro Structure of Sintered Stainless Steel for 434LD₂

5. 결 론

본 논문에서는 기존의 철계 제품보다 400계열 FSTS의 내식성 및 기계적 특성이 우수한가를 알아보기 위하여 434LD₂를 이용하여 ABS용 센서 링에 대한 내식성, 기계적 특성 및 조직관찰을 실험을 실시한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 소결 전 제품은 습윤 상태에서 보다 염수분무상태에서 부식이 크게 발생하였으며, 질소분위기 보다는 암모니아 분위기에서 부식이 크게 발생하는 것을 알 수 있었다.
2. 순철로 제조된 센서 링과 비교해 볼 때 별도의 표면처리를 거치지 않고도 우수한 내식성을 얻을 수 있었으며 표면처리 공정의 생략으로 생산 공정의 감소효과를 얻을 수 있었다.
3. 경도 값이 H_{RB} 80내외의 값을 보임으로서 외부에 노출되더라도 자갈이나 모래 등으로 파손이 일어나지 않을 것으로 여겨진다. 압축강도의 경우 80Kgf/mm² 내외의 값을 보이며 연신율도 10%이상이 되어 등속 조인트에 압입 시 충분히 견딜 수 있다고 사료된다.

후 기

본 연구는 2002년도 군장대학 자동차 특성화 사업을 추진하고 있는 자동차시험기술 정보센터 연구비지원에 의하여 이루어 졌음을 밝히며, 관계자에게 감사드립니다.

6. 참 고 문 헌

- [1] M. Hanada, Y. Takeda and N. Amano, "Development of a P/M Sensor Ring for Use in an Antilock Brake System", Metal Powder Rep. Vol. 44, No.10, pp. 695-698. 1989.

- [2] M. Hanada, Y. Takeda, N. Amano and T. Koiso, "Development of a Powder Metallurgy Sensor Ring for Use in an Antilock Brake System", Sumitomo Electric Technical Review, NO. 28, January. pp. 234-240, 1989.
- [3] M. tokunaga, "Brake System", Journal of the Society of Automotive Engineers of Japan, Vol.39, No.6, pp. 656, 1985.
- [4] Amano, N, Koiso, T., "ABS Ring Resist Corrosion and Chipping", Metal Power Report, Vol. 48, No. 1, pp. 22-25, 1993.
- [5] 양현수, 곽창섭, 임종국, "410L 스테인레스 강의 ABS 센서 링 제조를 위한 자기적 특성", 한국열처리공학회, Vol. 11, No. 4, pp. 1-7, 1998.
- [6] T. Nishikawa, "Dacrotizing", Metal Finishing Practice, Vol. 32, No.6, pp. 272-279, 1985.
- [7] 양현수, 곽창섭, 김경환, 임종국, "400계열 스테인레스 스틸 분말을 사용한 ABS Sensor Ring 개발", 산업안전학회, Vol. 13, No. 3, pp. 60-66, 1998.
- [8] Moyer, K., "A Beginning Toward Understanding the Corrosion Resistance of Ferritic Stainless Steels", SAE Technical Paper Series, No. 930450, 1993.
- [9] K. Majmrl, J. M. capus., "Powder Metallurgy", Vol. 23(2), pp. 95-99 1990.

저 자 소 개

양 현 수 : 조선대학교 정밀기계과을 졸업하고, 시립인천대학교 대학원에서 석사 및 박사 학위를 취득하였다. 현재는 군장대학 자동차·기계학부 부교수로 근무 중이다. 주요관심분야 자재료, 자동차 재료 개선 및 복합재료 분야 등.

금 영 준 : 창원기능대학을 졸업하고, 자동차 기능장이며 현재 금호디젤 상사 대표이사로 근무 중이다. 주요관심분야 디젤기관, 자동차 재료 개선 및 복합재료 분야 등.

정 풍 기 : 호원대학교 기계공학과를 졸업하고, 현재 오토라인 대표이사로 근무하면서 군장대학 자동차·기계학부 겸임교수로 재직 중이며, 주요관심분야는 자동차 재료 개선 및 복합재료 분야 및 자동차 튜링 및 판금 도장 분야 등