

400계열 FSTS의 내식성이 ABS 센서 링에 미치는 영향

Effect on 400 series Ferrite Stainless Steel Corrosion Resistance of ABS Sensor Ring

양 현 수*

Yang, Hyun Soo*

Abstract

In this paper, sensor ring for antilock brake system was studied using the 400 series ferrite stainless steel powder. Because of more excellent corrosion resistance and mechanical characteristics than iron, sensor ring has been manufactured by P/M(Powder Metallurgy) method 400 series ferrite stainless steel. the results are following.

1. Compared with sensor ring made by iron, 400 series ferrite stainless steel has shown a good corrosion resistance without an addition surface treatment. thus the decreasing production process has been obtained.
2. The products before sintering are much more corrodible in the condition of spray test of salt water and ammonia than humidity and nitrogen condition.

1. 서 론

오늘날 자동차는 복잡한 도로사정과 함께 그 수가 크게 증가하여 우리 나라에도 1998년에 1,000만대를 넘어섰으며 양적으로 이미 포화상태에 이르고 있다. 이와 같이 자동차의 증가와 함께 소비자들의 구입취향도 점차 세분화되고 다양해지고 있으며 특히, 자동차의 안전장치에 많은 관심을 보이고 있다. 자동차의 안전장치는 전자제어의 실용화와 함께 많은 분야에 적용되고 있지만 그 중에서도 주행중인 자동차가 제동할 때 자동차의 안정성을 유지하면서 정지할 수 있도록 제동상태를 최적화 해주는 Antilock Brake System (이하 ABS)이 대표적이라 할 수 있다[1,2].

ABS 시스템은 브레이크 작동 시 자동차의 미끄러움을 방지하기 위해 바퀴속도를

* : 군장대학 자동차·기계학부

감지하여 Antilock Brake Control Module (이하 ABCM)에 전달함으로써 ABS 시스템이 정상적으로 작동하도록 해준다. 자동차 바퀴와 같은 속도로 회전하는 센서 링에는 속도 센서가 근접되어 장착되어 있는데 속도 센서의 자기유도코일에서는 센서 링의 회전 속도에 비례하여 전압이 발생된다.

ABS에서 자동차 바퀴의 속도를 감지하는 방법으로 전자식, 광학식 및 반도체식이 있다. 광학식은 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 측정 가능하지만, 충격에 아주 약하고 또한 기후변화에 너무 민감하기 때문에 현재는 자동차에 거의 사용하지 않고 있는 추세이다. 따라서 최근에는 이 두 방법의 단점이 보완되어 내환경성이 양호한 전자식이 사용되고 있다[3].

전자식의 경우, 주행중인 자동차 바퀴의 속도를 측정하기 위하여 센서 링을 사용하는데 브레이크의 정확한 작동을 유지하기 위해서는 피치의 고 정밀도와 센서 링이 외부에 노출되기 때문에 충분한 부식저항과 큰 내식성 등이 요구된다[4].

이와 같은 특성을 얻기 위해서 센서 링의 제조는 분말야금법(powder metallurgy)을 이용하고 있다. 이 방법은 치차 설계의 유연성 및 기계적, 전기적 성질의 요구를 충족시킬 수 있으며 재료의 다양성과 경제적인 장점을 얻을 수 있다. 분말야금법에 의한 센서 링의 재료로는 주로 순철과 연강을 이용하는데 순철과 연강을 이용하여 제조된 센서 링은 외부에 노출되어 있기 때문에 장시간 사용하면 마모와 부식 등으로 인하여 속도 센서에 의한 정확한 속도 감지를 어렵게 한다[5]. 그러므로 내식성을 향상하기 위해서 제조된 센서 링의 표면에 주로 보호 코팅 처리한 후 사용하고 있는데 표면처리 공정에 따른 제조 단가의 상승요인으로 대두되고 있다[6,7]. 따라서 내구성의 제한을 가져오며 사용 중 변형으로 인한 차륜회전속도의 정확한 정보를 얻기가 곤란하다[8,9].

따라서, 본 연구에서는 400계열 스테인레스강 분말인 410L, 434LD2, 434L-HGD, 444L-HGD을 사용하여 센서 링을 제조하여 내식성을 조사함으로써 향후 ABS에 따른 기초자료로 삼고자 한다.

2. 이론적 배경

2.1 ABS 센서 링 구조

Fig.1은 자동차 ABS의 구조를 나타내고 Fig.2는 자동차 바퀴의 휠에 장착된 ABS의 센서 링과 속도 센서의 위치를 나타내고 있다. Fig.3과 Fig.4는 ABCM, 속도센서 그리고 센서 링을 보여주고 있으며 센서 링에 의해 전자식으로 바퀴속도를 측정하는 것을 나타내고 있다. 휠 축 내부에는 센서 링과 ABS 속도 센서가 장착되어 있다.

ABS 속도 센서는 자석과 코일로 구성되어 있으며, 자극(pole)의 끝은 자장에 쌓여 있다가 센서 링이 회전하게 되면 ABS 속도 센서에서는 바퀴의 속도에 비례하여 AC 전압신호가 발생한다. 바퀴가 더욱 빠르게 회전하면 ABS 속도 센서에 발생하는 주파수는 더욱 커지게 된다. ABCM은 속도 센서로부터 각 바퀴에 대한 입력 정보를 받아 ABS 시스템을 작동시켜 최적의 조건으로 제동이 이루어지게 한다. 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 치형 끝 사이에서 일정한 간격을 유지하도록 설치되어 있다.

센서 링이 바퀴와 함께 회전함으로써 자속 밀도의 변화 $\Delta \phi$ 가 센서의 끝과 센서 링 사이에서 발생되고 전압은 코일에 의해 발생된다. 이때 출력전압은 다음 식과 같이 표시 할 수 있다.

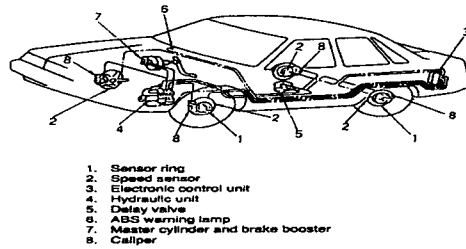


Fig. 1. Configuration of automobile ABS.



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

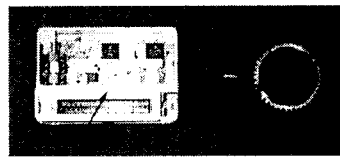


Fig. 3. Photograph of ABCM, speed sensor and sensor ring.

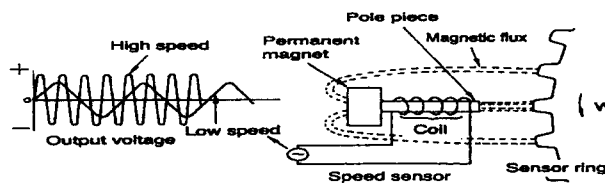


Fig. 4. Mechanism for electromagnetic generating measurement of wheel velocity.

$$V = N(\Delta \phi / \Delta t) \quad (1)$$

여기서, V : 출력전압, N : 코일의 권수, $\Delta \phi / \Delta t$: 자속 밀도 변화율

출력전압의 진동수 (f)는 단위시간당 통과한 센서 링의 기어 잇수 이고, 이는 분 당 바퀴 회전수(w)와 비례한다.

진동수는 다음과 같다.

$$f = w \cdot z / 60 \quad (2)$$

여기서, z : 센서 링의 잇수

진동수의 측정에 의해 바퀴속도 (v)는 다음과 같이 얻을 수 있다.

$$v = k \cdot f \quad (3)$$

여기서, k : 자동차 상수

$\Delta \phi$ 는 폴피스와 치형, 영구자석 사이의 간격과 폴피스와 센서 링의 형상과 재료의 특성에 따라 달라진다. 따라서 아주 느린 속도에서도 바퀴속도를 정확하게 측정하기 위해서는 정밀하게 폴피스와 센서 링의 형상을 설계하는 것이 매우 중요하다.

2.2 속도 센서

속도센서는 톱니바퀴모양의 센서 링과 가변자기저항기(variable reluctance)센서가 사용된다. 가변자기저항기 센서는 센서 링의 회전속도에 따라 주파수와 진폭이 변화하는 일종의 교류발전기 역할을 한다. 가변자기저항기 센서는 별도의 전원을 필요로 하지 않고 한 개의 도선이 코일 형상으로 영구자석에 감긴 구조를 가지고 있으므로 센서의 고장진단에 유리하고 넓은 작동 온도 범위를 포함하여 높은 내환경성을 갖고 있으므로 신뢰성이 매우 높다.

또한 신호선과 회귀선(return line)에 흐르는 전류가 같으므로 한 쌍을 꼬아놓은 형식으로 도선을 구성하여 제어장치와 연결하면 전기적 잡음에도 매우 강한 구조를 갖는다. 그러나 낮은 바퀴속도에서는 신호의 진폭이 작으므로 전자파 시험에 합격하려면 노이즈에 강한 신호처리 회로가 요구된다. 최근에는 홀(hall) 소자를 이용하는 저 가격형의 센서가 개발되었으나 전원을 필요로 하고 아직까지 요구되는 작동 온도 범위를 만족치 못하여 고장진단이 어려우므로 적용되지 못한다.

Fig.5는 속도 센서의 내부 구조를 나타낸 것으로서 차륜 또는 구동축과 함께 회전하는 센서 로터의 시간당 치형의 수를 검출하는 것에 따라 차륜의 회전 속도에 비례하는 주파수의 교류신호를 발생한다. 즉, 가변자기저항기로 기계적 움직임을 전기적 신호로 변환시키는 비접촉변환기(non contact transducer)로서 영구자석

(permanent magnet), 폴피스(pole piece), 코일(coil) 그리고 하우징(housing)으로 구성되어 있다. 개략도는 Fig. 5와 같으며 기능은 다음과 같다.

- (1) 영구자석 : 속도 센서가 작동되는 자속(magnetic flux)의 근원이다.
- (2) 폴피스 : 감겨있는 코일중심을 통과하며 ABS 센서 링에 자속을 집중시킨다.
- (3) 코 일 : 전류가 통과하여 자속 변화로부터 기대되는 신호를 발생시킨다.
- (4) 하 우 징 : 영구자석과 코일 주위를 둘러싸서 보호기능을 한다.

이와 같이 속도 센서는 그 자체가 전기적 펄스를 발생하기 때문에 외부 전압은 필요 없으며 내부에서 동작되는 것도 없다. 따라서 속도 센서의 출력이나 성능은 코일의 권수와 단위시간당 자속 변화율에 의해 결정되며 이외에도 센서 링과 센서 사이의 간격, ABS 센서 링, 마운팅(mounting)등에 많은 영향을 받는다.

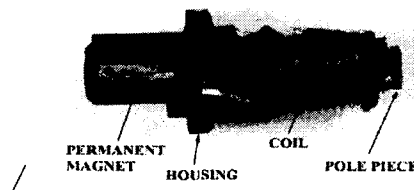


Fig. 5. Interior of speed sensor.

2.3 센서 링에 요구되는 내식성

요구되는 내식성의 정도는 센서 링의 설치조건에 달려 있다. 하우징 안 쪽에 설치될 때는 외부 공기로부터 보호가 되어 최소한의 내식성만이 요구되지만 설치방법이 복잡하고 나중에 유지 보수하기가 어려운 문제점이 있다. 따라서 간단한 설치방법 중의 하나는 구동축이나 다른 노출된 위치에 설치하는 것이다.

그러나 눈이 많은 북유럽이나 북미 등에서는 겨울에 도로의 결빙을 방지하기 위해 염화나트륨(NaCl)을 뿌리게 되는데 센서 링의 설치위치가 외부에 노출이 되어 있기 때문에 내식성이 크게 요구된다. 또한 조약돌이나 모래 등은 센서 링에 충격을 줄 수 있으므로 보호하기 위해 보호망을 사용하는데 이것으로는 염수를 막는 것이 불가능하다. 그러나 페라이트 스테인레스강은 값싼 탄소 또는 합금강보다 해로운 환경에 대하여 더욱 강하게 보호할 수 있기 때문에 유용하다. 페라이트 스테인레스강은 크롬에 의해 산화막이 형성되어 내부의 부식침투를 예방한다.

일반적으로 부식에 강한 합금으로는 오스테나이트, 페라이트, 마르텐사이트 그리고 석출경화와 같은 4그룹으로 분류 할 수 있다. 그 동안 산업계에서는 4그룹 중에

300계열인 오스테나이트에 관심을 가졌지만 현재는 페라이트 스테인레스강에 더욱 많은 관심을 가지고 있다[10,11]. 이는 자동차업체에서는 보다 쾌적한 환경 즉, 센서에서 나타낼 수 있는 환경조건과 대체 연료와 같은 환경에 견딜 수 있는 부식에 크게 관심을 가지고 있기 때문이다. 따라서 염수나 모래 등의 칩핑에 의해 센서 링이 정확히 바퀴속도를 감지하지 못하는 것을 방지하기 위해 내식성이 요구된다. 이러한 내식성을 부여하기 위해서 400계열 페라이트 스테인레스강을 선택한 것은 철계제품인 순철을 이용하여 제조된 센서 링은 외부에 노출되어 있기 때문에 장시간 사용하면 부식으로 인하여 속도 센서에 의해 정확한 속도 감지가 어렵게 된다. 따라서 제조된 센서 링은 표면에 보호 코팅을 한 후에 사용하기 때문에 표면처리 공정에 따른 제조단가의 상승요인 뿐만 아니라 낮은 정도로 인해 변형이 발생하고 정확한 속도 감지에 방해가 된다. 그렇기 때문에 400계열 페라이트 스테인레스강을 선택 하므로써 제조된 센서 링은 표면처리를 하지 않아도 부식에 강하기 때문에 속도 센서에 의해 정확하게 속도를 감지할 수 있다는 장점과 표면처리 공정에 따른 제조 단가를 낮출 수 있고 또한 대량 생산으로 경제성이 있다고 판단되어 선택하였다. 따라서 스테인레스강의 경우 센서 링으로 선진 외국에서는 적용되고 있지만 국내에서는 아직 채택하지 못하고 있는 실정이다. 그러므로 스테인레스 분말의 제조가 최근에 이루어졌으며 소결시 수축이 많이 일어나므로 분말야금 공정이 철계에 비해 훨씬 어렵다. 또한 소결시 제조 조건에 따른 자기적 성질이 변화가 크므로 이에 대해 실험적 연구가 국내에서는 거의 이루어지지 않았다. 따라서 본 연구에서는 센서 링 개발의 기초 데이터로서 활용될 것으로 기대된다.

3. 실험방법

3.1 원소재

본 실험에서 사용한 원료는 표면처리 없이 높은 내식성을 보유하고 있는 400계열 페라이트 스테인레스강 분말로서 410L, 434LD2, 434L-HGD, 444L-HGD 4가지 재료를 선택하였고 이들 분말은 -325mesh의 원심분무분으로 제조된 평균입자 직경은 $30\mu\text{m}$ 로서 형상은 편상이었다.

이 재료들은 일본 태평양금속의 제품으로서 화학적 성분의 조성을 보면 크롬이 다른 원소에 비하여 상당히 많이 첨가되어 있다. Table 1 에서 볼 수 있듯이 410L의 경우는 크롬이 12.45%의 함량으로 가장 작게 첨가되어 있었고 또한 탄소 함유량이 410L과 444L-HGD가 가장 많이 함유되어 있으며 질소와 산소는 434LD2가 가장 많이 함유되어 있는 것을 볼 수 있다. 화학적 성분의 조성은 Table 1 과 같다.

Table 1. Chemical composition of 400 series ferrite stainless steel(%)

Composition Powder type	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	N	O
410L	0.012	0.84	0.13	0.019	0.003	-	12.45	-	0.12	0.24
434LD2	0.005	0.84	0.12	0.012	0.006	0.19	17.10	1.99	0.21	0.36
434L-HGD	0.011	0.82	0.21	0.013	0.005	0.10	16.65	1.01	0.10	0.24
444L-HGD	0.012	0.82	0.22	0.013	0.006	0.11	17.76	2.01	0.11	0.18

3.2 센서 링 치형의 형상

Fig. 6은 분말야금법을 이용하여 제조된 센서 링으로 본 실험에서 사용한 센서 링의 형상으로 내경은 73.3mm, 외경은 84.3mm, 높이 8mm, 치형의 폭 2.2mm, 치형의 간격 3.3mm, 치형의 높이는 3.0mm로 설계하여 제작하였다.

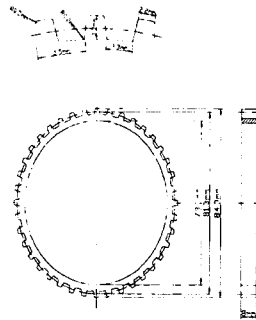


Fig. 6. Schematic of tooth shape for sensor ring.

3.3 센서 링 제조

내식성시험 및 기계적 특성을 위한 시편은 내경 73.3mm, 외경 84.3mm, 두께 8mm의 센서링 형상으로 제조하였다. 성형은 200톤 프레스에서 최고 7.2 t/cm²의 압력으로 센서 링을 성형하였고 또한 성형된 센서 링은 100torr의 질소분위기의 진공로 안에서 500℃로 30분동안 유지한 후 탈가스 해서 소결온도를 1140℃, 1160℃, 1200℃ 그리고 1250℃로 각각 소결시간을 30분과 60분으로 변화를 주어 소결 한 후 650℃까지 노냉하였다.

그리고 바인더는 아연-스테아린산염 1% 첨가하였으며 또한 410L, 434LD2, 434L-HGD 그리고 444L-HGD의 성형된 링은 100torr 질소 분위기의 진공로에서 500℃에서 30분간 유지시켜 탈가스 한 후 1250℃에서 60분 소결한 후 650℃까지 노냉

시켰다. 이 때 합금원소의 증발을 막기 위하여 아르곤(Ar) 가스를 주입하여 10^{-2} torr를 유지하였다. 또한 소결이 완료된 후 내경가공 및 Barrel을 실시하여 Burr를 완전히 제거 시켰다.

따라서 완제품에 대한 내식성을 알아보기 위하여 5% 염화나트륨 용액에 제품을 완전히 침지 시킨 후 96시간, 500시간이 경과된 후 각각의 치형 및 표면 부식을 관찰하였다. 또한 조직관찰은 부식액 피크리산 1g, 염산 15ml, 에탄올 100ml을 사용하여 부식시킨 후 광학현미경으로 100배율, 400배율로 관찰하였다.

3.4 내식성 시험

400계열 페라이트 스테인레스강에 대한 내식성을 알아보기 위하여 내식성 시험을 2가지 방법으로 실시하였다.

첫째는 부식시험으로서 센서 링을 5% 염화나트륨(NaCl)용액에 제품을 완전히 침지 시킨 후 96시간과 500시간이 경과된 후 각각의 치형 및 표면에 부식점이 발생된 정도를 관찰하였다. 둘째는 테스트 링의 시편에 의한 염수분무시험으로 ASTM B117에 따라 35°C에서 5% 염화나트륨용액에 96시간 잠기게 하고 또한 습윤시험으로 습도 98%에서 실내온도 50 °C에서 96시간 동안 잠겨놓고 부식의 정도를 측정하였다.

3.5 조직관찰

410L, 434LD2, 434L-HGD 그리고 444L-HGD 페라이트 스테인레스강 재료에 대한 조직은 부식액 피크리산1g, 염산 15ml 그리고 에탄올 100ml을 사용하여 부식한 후 각 제품에 대하여 X100, X400의 배율로 광학현미경으로 관찰하였다.

4. 실험결과 및 고찰

4.1 400계열 FSTS 강재의 압축압력에 따른 밀도의 변화

Fig.7에서는 410L, 444L-HGD, 434L-HGD 그리고 434LD2 재료의 소결전 겉보기 밀도값을 나타내고 있다. 압축 압력은 최소 5.5t/cm²에서 최대 7.2t/cm²까지 가했으며 압축 압력이 점차적으로 증가함에 따라 모든 재료의 밀도 변화도 같이 상승하고 있으나 각각의 밀도는 큰 차이가 없다. Fig.7에서 410L재료의 겉보기 밀도값이 전반적으로 가장 크게 나타났으며, 444L-HGD, 434L-HGD 그리고 434LD2 순으로 밀도값들이 작게 측정되었다.

Fig.8은 410L, 444L-HGD, 434L-HGD 그리고 434LD2 재료에 대해 질소 분위기 하에서 소결한 후 밀도값을 나타내고 있다. 이 때에 소결온도는 1250 °C이며 소결시간은 60분이다. Fig.7에 나타난 소결전 밀도와 비교해보면 같은 압축 압력의 조건하에서 소결 후의 밀도값이 약 0.6g/cm³의 상승되었다. 따라서 밀도 변화는 소결온도 및 소결시간에 따라 증가함을 알 수 있다. 이 때의 압축 압력은 소결전 압축 압력과 같이 최저 5.5t/cm²에서 최고 7.2t/cm²이다. 밀도값은 410L재료가 6.89g/cm³로서 가장 높게 측정되었으며 434LD2 재료의 밀도가 6.76g/cm³으로서 가장 낮게 측정되었다. 또한 444L-HGD는 6.87g/cm³로 나타났으며 434L-HGD의 소결밀도는 6.8g/cm³로 측정되었다

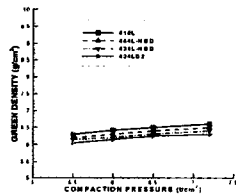


Fig. 7. Green density of various stainless steel powders compacted at different pressures.

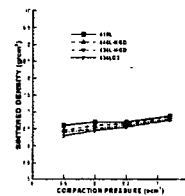


Fig. 8. Sintered density for various stainless steel grades compacted at different pressures sintered at 1250°C for 60 minutes in nitrogen.

4.2 테스트 링 시편의 염수분무 실험과 습윤 실험

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

Fig. 9는 25% 질소분위기로 조성된 5torr의 진공 소결로에서 소결을 실시한 테스트 링 시편을 습윤실험하여 얻은 결과이다. 그림에서 볼 수 있듯이 4종류 재료 모두에서 아무런 부식점이 발견되지 않았다.

Fig. 10은 25% 질소분위기로 조성된 5torr의 진공 소결로에서 소결을 실시한 테스트 링 시편을 염수분무실험을 실시하여 얻은 결과이다. 그림에서 볼 수 있듯이 시편중에서 434LD2와 410L의 부식정도가 가장 넓고 또는 깊게 부식되어 있으며 나머지는 유사한 부식상태를 보여주고 있다. 이는 434LD2와 410L내의 산소의 함유량이

444L-HGD와 434L-HGD에 비해서 많이 포함되어 있기 때문에 판단된다.

Fig. 11은 25% 암모니아 분위기로 조성된 5torr의 진공 소결로에서 소결을 실시한 테스트 링 시편을 습윤시험하여 얻은 결과이다. 그림에서 볼 수 있듯이 4종류 시편 모두에서 부식점을 발견할 수 없을 정도로 양호한 결과를 나타내고 있다.

Fig. 12는 25% 암모니아 분위기로 조성된 5torr의 진공 소결로에서 소결을 실시한 테스트 링 시편을 염수분무시험을 실시하여 얻은 결과이다. 그림에서 볼 수 있듯이 4가지 시편 모두에서 상당히 넓은 부식이 발견되고 있다. 이 결과로 볼 때 소결된 제품은 습윤상태에서보다 염수분무상태에서 부식이 크게 발생하며 질소분위기 보다는 암모니아 분위기에서 부식이 크게 발생하는 것을 알 수 있다.

Fig. 13은 테스트 링의 전체 형태를 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 분

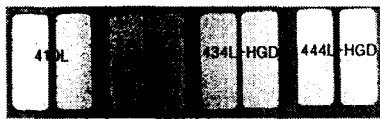


Fig. 9. Test of humidity resistance under the conditions of humidity rate of 98% and 50°C after sintered in the nitrogen.



Fig. 10. Spray test of salt water under the conditions of 5% NaCl and 35°C after sintered in the nitrogen.

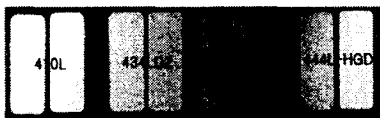


Fig. 11. Test of humidity resistance under the conditions of humidity rate of 98% and 50°C after sintered in the ammonia.



Fig. 12. Spray test of salt water under the conditions of 5% NaCl and 35°C after sintered in the ammonia.



Fig. 13. Corrosion test of test ring.

위기에서 5% 염화나트륨 염수분무실험을 하였다. 결과를 보면 시편에서 실험한 결과와 마찬가지로 410L 테스트 링과 434LD2 테스트 링에서 부식이 가장 크게 나타나 있다. 그 이유는 410L과 434LD2 테스트 링 재료내의 산소의 함유량이 444L-HGD와 434L-HGD에 비해서 더욱 많이 내포되어 있기 때문으로 사료된다. 또한 410L의 경우에는 크롬의 함유량이 약 12.45(wt %)로서 4가지 재료 중에 가장 작기 때문에 부식 시험에서도 가장 많은 부식점이 형성된 것으로 사료된다.

4.3 센서 링의 내식성실험

Fig.14과 Fig.15은 각각 5% 염화나트륨(NaCl)용액에 410L, 444L-HGD, 434L-HGD 및 434LD2재료를 완전히 침전시킨 후 96시간과 500시간 경과 후에 각각 관찰된 센서 링의 표면그림이다. 그림에서 볼 수 있듯이 96시간이 경과한 후 모든 센서 링의 표면 및 치형에 전혀 부식이 발생하지 않았으며 500시간이 경과한 후에도 약간의 부식점 만이 발생되었음을 관찰 할 수 있었다.

따라서 400계열 스테인레스 강재를 사용하여 센서 링을 제조한 후 ABS에 사용

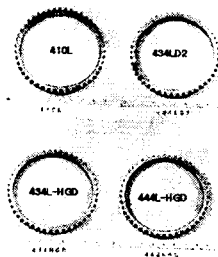


Fig. 14. Photographs of 400 series ferrite stainless steel of exposed 96hrs in the 5% NaCl solution.



Fig. 15. Photographs of 400 series ferrite stainless steel of exposed 500hrs in the 5% NaCl solution.

하면 이와 같이 내식성에 강하기 때문에 외부에 장시간 노출되더라도 부식을 방지할 수 있으며 ABS 수명연장은 물론 센서 링의 부식으로 센서의 인식 기능 시에 발생하는 문제들이 해결되리라 판단된다.

4.4 조직사진

Fig. 16은 시편을 단면으로 절단하여 부식액 피크린산 1g, 염산 15ml, 에탄올 100ml로 처리한 후 광학 현미경으로 100배율과 400배율로 확대하여 나타낸 조직사진이다. 전체적으로 고압성형과 고온소결에 따라 기공의 미세화와 구상화가 나타나 있다. 소결체의 결정립 조대화가 일부 진행중이지만 자동차 ABS에 사용될 때에는 결

정립 조대화가 가능한 한 발생되지 않는 것이 좋다. 사진을 보면 400계열 모두가 탄화물인 Cr_2O_3 와 Cr_2N 으로 추정되는 석출물이 발견되고 있다.

이것은 400계열 페라이트 스테인레스강에 화학적 성분에 포함되어 있는 원소인 질소와 산소 그리고 크롬에 의해서 소결하는 과정에서 서로 결합하여 만들어지는 탄화물이라고 여겨진다.

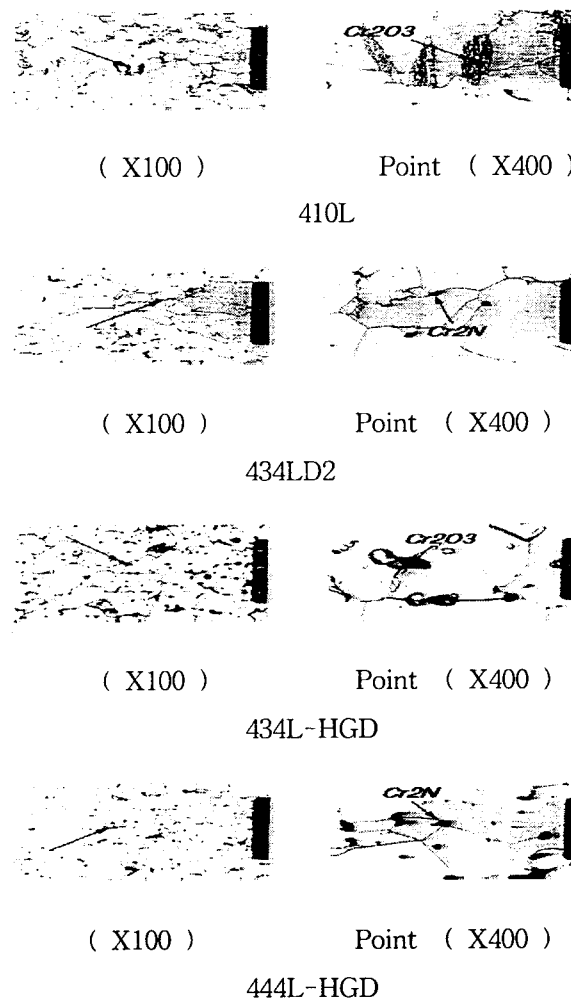


Fig. 16 Micro Structure of Sintered Stainless Steel for 400 Series

5. 결 론

본 논문에서는 기존의 철계 제품보다 400계열 FSTS이 내식성이 우수한가를 알아보기 위하여 410L, 434LD2, 434L-HGD, 444L-HGD을 이용하여 ABS용 센서 링에 대한 내식성 및 조직관찰을 실험을 실시한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 철계로 제조된 Sensor Ring 링과 FSTS을 비교해 볼 때 표면처리를 거치지 않아도 부식에 강하기 때문에 속도센서에 의해 정확한 속도를 감지할 수 있고 또한 표면처리 생략으로 제조 단가를 낮출 수 있으며 분말야금법을 이용 대량 생산을 할 수 있어서 생산공정의 감소 효과를 얻을 수 있었다.
2. 소결전 제품은 습윤상태에서 보다 염수분무상태에서 부식이 크게 발생하였으며, 질소분위기 보다는 암모니아 분위기에서 부식이 크게 발생하는 것을 알 수 있다.

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, 광창섭, 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, 광창섭, 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. Majmrle, J. M. capus., "Powder Metallurgy", Vol. 23(2), pp. 95-99 1990.
- [10] K. Moyer, J. Ryan, "Emerging P/M Alloys for Magnetic Applications", Modern Developments in Powder Metallurgy, Metal Powder Industries Federation, Princeton, NJ. Vol. 18, pp. 750-772. 1988.
- [11] V. Arnhold, "Actual State of High Temperature Sintering-Properties and Economics", Advances in Powder Metallurgy, Compiled by T.G. Gasba and w.F.Jandeska, Metal Powder Industries Federation, Princeton, NJ, Vol. 1, pp. 175. 1989.

저 자 소 개

양 현 수

조선대학교 정밀기계공학과 졸업

시립인천대학교 기계공학과 공학석사

시립인천대학교 기계공학과 공학박사

현 군장대학 자동차서비스 조교수

주요관심분야 : 자성재료, 내연기관 및 자동차 재료 등