

# 진공소결을 통한 자동차용 인사이드 미러 접합부의 스테인레스강 선정에 관한 연구

성시명<sup>1</sup> · 정인룡<sup>†</sup>

한국폴리텍대학 인천캠퍼스 금형디자인과<sup>1,†</sup>

## A Study on the Selection of Stainless Steel for Automotive Inside Mirror Joint by Vacuum Sintering

Si-Myung Sung<sup>1</sup> · In-Ryung Jung<sup>†</sup>

Department of Mold & Die Design, Incheon Campus of Korea Polytechnic<sup>1,†</sup>

(Received February 22, 2018 / Revised March 20, 2018 / Accepted April 01, 2018)

**Abstract:** The car requires an inside mirror installed between the driver's seat and the passenger's seat to ensure the driver's rear and side view of the driver. Inside mirrors must always be attached to the vehicle to ensure the driver's visibility. Inside mirrors attached to the windshield of a vehicle are always exposed to direct sunlight and should be semi-permanently usable in hot and humid summer weather in Korea. Therefore, the mirror mount, which is the junction of the inside mirror, is particularly important in corrosion resistance and wear resistance suitable for humidity. Mirror mounts are currently difficult to manufacture due to their reliance on powder molding technology in advanced countries such as Japan and Germany. This paper focuses on the fabrication of high corrosion resistant stainless mirror mounts by vacuum sintering technique and focuses on the selection of materials suitable for the production of mirror mounts through experiments of 300 series stainless steel and 400 series stainless steel manufactured by vacuum sintering .

**Key words:** Adhesion, Corrosion Resistant, Mirror mount, Stainless Steel

### 1. 서 론

자동차는 운전 중 운전자의 후방 및 측면시야를 확보하기 위하여 운전석과 조수석 사이에 인사이드 미러가 설치되고, 자동차의 프론트 도어 좌,우측에는 아웃사이드 미러가 설치된다<sup>1)</sup>. 흔히 인사이드 미러는 룸 미러 또는 인너 미러라고 불리우며, 윈드실드 글래스의 중앙부 또는 헤드라이닝 부에 설치된다. 자동차에 설치되어 있는 미러 중 인사이드 미러는 운전자로 하여금 차량 실내의 관측은 물론 후방에서 따라오는 타 차량의 관측을 할 수 있도록 하는 용도로 사용되는데 차량의 운행 시 운전자의 신체적인 특징 및 시야 높이에 따

라서 또는 야간에 차량 운행 시 후방 차량의 전조등에 의한 빛의 반사 등에 따라서 인사이드 미러의 조정이 필요하다. 때문에 인사이드 미러는 소형 및 중형 자동차에 있어서 하우징 내부에 설치된 레버를 조작하여 운전자에 맞게 조정 가능하게 설계되어 있는데 이러한 인사이드 미러의 중요 부품 중 미러 마운트(mirror mount)는 접착테이프에 의해 윈드실드 글래스의 내측면에 부착되고, 연결된 고정대에 의해 회전이 가능하게 되는데 직사광선의 유입에 따른 테이프의 접착력 저하에 따른 인사이드 미러의 이탈을 막기 위해 고정나사를 체결하게 된다. 따라서 미러 마운트는 인사이드 미러를 접착하는 부품으로써 실내에 반영구적으로 내장되어 있어야 하며 특히 내식성이 중요하고 상대물과 접합 부는 제품 특성상 적합한 내마모성이 요구된다. 때문에 미러 마운트 제조 시에 고 내식

1. 한국폴리텍대학 인천캠퍼스 금형디자인과  
<sup>†</sup> 교신저자: 한국폴리텍대학 인천캠퍼스 금형디자인과  
E-mail: airyong@kopo.ac.kr

성 스테인레스강에 대한 이해가 필요하다. 본 연구에서는 일본 및 독일 등 선진국의 기술 의존성이 강한 자동차 유리용 미러 마운트 부품의 제조 시 사용 용도에 알맞은 스테인레스강을 실험을 통하여 최적화하고자 하였다.

Fig. 1은 미러 마운트와 룸미러가 조립된 모습이며, Fig. 2는 미러 마운트의 모습이다.

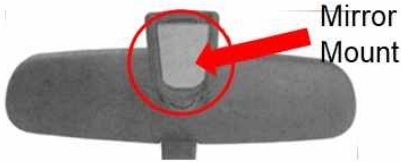


Fig. 1 Room mirror assembly



Fig. 2 Mirror mount

## 2. 실험

### 2.1. 실험방법

분말야금 기술은 일반적으로 금속 분말을 이용하여 압력을 가하는 등의 과정을 통해 원하는 형태의 제품을 만들고, 만들어진 제품에 열을 가한 후 응고시킴으로써 금속에 원하는 형태와 성질을 주는 것으로 제조분야에서 많이 이용하는 가공법 중 하나이다.

그 중 진공소결법이란 금속의 풀림, 담금질, 뜨임을 진공 중에서 하는 모든 열처리법을 총칭하는 것으로 진공 중에 열을 가하여 탈 가스화가 이루어지므로 양질의 제품을 얻을 수 있고, 스테인레스강이나 Ti합금, 규소강판 등의 광휘 풀림에 알맞다. 또한 열처리가 진공 중에서 행해짐에 의하여 제품 표면의 화학성분이 변하지 않아 내부성분이 동일하게 유지되어 순도가 높고, 표면의 마감이 그대로 유지되는 특징을 가진다<sup>2)</sup>. 본 연구에서는 다양한 분말야금 기술 중 진공소결(vacuum

sintering) 공정을 통한 실험을 진행하였으며, 미러 마운트 부품 제조에 적합한 스테인레스강의 조성을 찾기 위하여 일반 이론을 바탕으로 스테인레스강의 시료를 비교 분석하여 고찰 하였다.

### 2.2. 실험내용

#### 2.2.1. 소결공정 선정

국내·외 분말야금 기술에는 다양한 가공방법이 존재하는데 본 실험에서는 미러 마운트 제작에 일반적으로 사용되는 일반소결법과 고온소결법(pusher Type) 및 진공소결법(vacuum sintering)을 두고 각각의 소결법을 비교하여, 제품의 특성에 적합한 소결밀도 수준과 물성치 값이 우수한 진공소결 공정(vacuum sintering)을 선정하였다<sup>3)</sup>. Table 1<sup>4)</sup>은 소결 프로세스별 장단점을 비교하여 나타내었다.

Table 1 Sintering Process Characteristics

		General sintering	High temperature sintering	Vacuum sintering
Advantages		Facility price is cheaper		Excellent property
Disadvantages		Limit temperature(1150℃)	Sintering time is long	Decreased productivity
Sintering process	Temperature	1120℃	1180~1200℃	1250~1300℃
	time	40 min	120 min	210 min

#### 2.2.2. 원재료 선정

스테인레스강은 대표적인 공업용 재료로서 범용적으로 적용되고 있다. 스테인레스가 되기 위해서는 적어도 12%의 Cr이 함량 되어야 하며, Cr에 의하여 우수한 내식성을 갖는다. Cr을 함유한 스테인레스는 산화피막을 형성하여 내부의 금속을 부식으로부터 보호한다<sup>5)</sup>. 이때 Cr은 철의 표면을 부동화(passive)하게 한다. 이 보호막은 스테인레스강 표면과 산화제와 접촉에 의하여 만들어지며 스테인레스에 Ni을 첨가하면 중성 또는 약산성 모체에서의 내식성을 향상시킨다. 또한 충분한 양의 Ni이 함유되면 오스테나이트 조직(FCC)이 상온까지 잔류되게 할 수 있어 연성과 성형성이 향상된다.

오스테나이트계 금속은 본질적으로 16~25% Cr 및 Ni을 함유하는 3원 Fe-Cr-Ni합금으로 높은 강도와 우수한 내식성을 가진다<sup>6)</sup>. 그러나 제품의 가

격이 상승하여 제조 단가가 높아진다. Mo을 첨가한 스테인레스강은 염소(Cl)이온이 존재하는 곳에서의 내식성을 증가시키며 알루미늄(Al)을 첨가하는 것은 고온에서 내산화성을 향상시킨다<sup>7)</sup>.

본 실험에서는 미러 마운트 제품에 주로 사용 중인 300계열 스테인레스 SUS304L, SUS316L와 400계열의 스테인레스 SUS410L, SUS430L, SUS434L에 대하여 진공소결(vacuum sintering) 시 차이점을 우선 분석한 후 자동차 유리용 고 내식성 스테인레스 미러 마운트 소결합금 개발에 적합한 스테인레스를 선정하였다. Table 2는 일반 스테인레스강의 비교 분류이다.

Table 2 Stainless steel comparative classification

	Ferrite	Martensite	Austenite
Chemical Composition	Cr 12~30 %	Cr 12~17 %	Cr 16~25 %
Organization	Ferrite	Martensite	Austenite
Heat treatment	○	○	○
Corrosion Resistance	○		○
Heat Resistance	○		
Hardness		○	○

### 2.2.3. 금형개발

미러 마운트의 성형공정을 위하여 다단 성형프레스를 사용하여 스테인레스 밀도의 균일성을 확보 할 수 있는 금형을 설계하였으며, 스테인레스의 치수 편차에 민감한 특성을 고려한 다이 플랜지 타입금형을 설계 시 적용하였다. Fig. 3은 성형공정을 나타낸다.

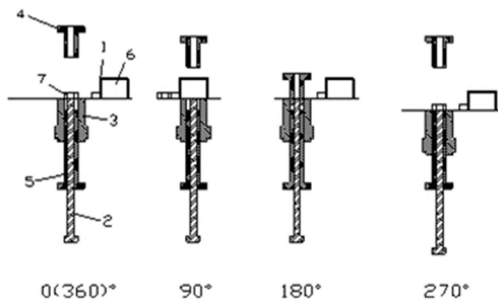


Fig. 3 Molding process

## 2.3. 실험결과

### 2.3.1. 물성치 및 치수 검사 결과

Fig. 4의 자동밀도 측정기를 이용하여 소결밀도를 측정하였으며, 치수는 마이크로 미터를 이용하여 측정하였다. 300계열 스테인레스 SUS304L, SUS316L은 시료를 측정한 결과 Table 3과 Table 4와 같이 소결밀도 및 제품 치수 정밀도에서 제품 스펙에 미달되는 결과를 나타내었으며, 400계열 스테인레스인 SUS410L, SUS430L 시료는 Table 5와 Table 6과 같이 제품 치수 정밀도가 제품 스펙에 미달되는 결과를 나타냈다. 하지만 SUS434L 시료를 측정한 결과는 Table 7과 같이 제품 스펙에 만족하는 결과를 얻었다.

Table 3 Density and dimension data (SUS304L)

		SPEC	1	2	3	4	5	Judgment
density( $g/cm^3$ )		7.2or higher	6.73	6.79	6.77	6.75	6.80	NG
Precision (mm)	Width	24.77 ± 0.13	25.08	25.04	25.03	25.06	25.04	NG
	Height Width	29.13 ± 0.25	29.15	29.16	29.16	29.17	29.13	OK

Table 4 Density and dimension data (SUS316L)

		SPEC	1	2	3	4	5	Judgment
density( $g/cm^3$ )		7.2or higher	7.03	7.05	7.06	7.02	7.07	NG
Precision (mm)	Width	24.77 ± 0.13	25.10	25.07	25.12	25.08	25.06	NG
	Height Width	29.13 ± 0.25	29.12	29.16	29.15	29.08	29.10	OK

Table 5 Density and dimension data (SUS410L)

		SPEC	1	2	3	4	5	Judgment
density( $g/cm^3$ )		7.2or higher	7.15	7.17	7.15	7.18	7.16	NG
Precision (mm)	Width	24.77 ± 0.13	25.07	25.05	25.10	25.06	25.00	NG
	Height Width	29.13 ± 0.25	29.07	29.10	29.11	29.02	29.05	OK

Table 6 Density and dimension data (SUS430L)

		SPEC	1	2	3	4	5	Judgment
density( $g/cm^3$ )		7.2or higher	7.20	7.22	7.21	7.20	7.25	OK
Precision (mm)	Width	24.77 ± 0.13	25.93	25.90	25.92	25.95	25.97	NG
	Height Width	29.13 ± 0.25	29.09	29.05	29.07	29.03	29.05	OK

**Table 7** Density and dimension data (SUS434L)

		SPEC	1	2	3	4	5	Judgment
density(g/cm <sup>3</sup> )		7.2or higher	7.28	7.31	7.27	7.29	7.32	OK
Precision (mm)	Width	24.77 ± 0.13	25.07	25.05	25.10	25.06	25.00	OK
	Height Width	29.13 ± 0.25	29.09	29.05	29.07	29.03	29.05	OK

**2.3.2. 경도 테스트**

미러 마운트 제품의 경도는 볼트 체결 시 미러 마운트의 체결부가 볼트보다 경도가 낮아 뭉그러지는 현상이 발생되어야 함으로 Fig. 4의 로크웰 경도기를 이용하여 각각의 스테인레스 시료를 테스트한 결과 Table 8과 같이 400계열의 스테인레스인 SUS430L,과 SUS434L만이 제품에 만족하는 스펙을 보였다.

**Table 8** Hardness test

	SPEC	1	2	3	4	5	Judgment
SUS304L	HRB 55~75	85	87	83	82	80	NG
SUS316L	HRB 55~75	80	82	78	77	82	NG
SUS410L	HRB 55~75	78	80	76	75	73	NG
SUS430L	HRB 55~75	78	70	72	70	73	OK
SUS434L	HRB 55~75	70	69.5	68	70.5	69	OK



**Fig. 4** Hardness tester



**Fig. 5** Automatic density meter

**2.3.3. 온·습도 스트레스 테스트**

온·습도 스트레스 테스트는 산업 환경 연구센터에 의뢰하여 50℃습도에서 120시간 동안 녹 발생 여부를 확인하는 테스트로 진행하였으며, Fig. 6과 같이 300계열 스테인레스강인 SUS316L의 시료는

20시간 이후 녹이 발생하기 시작하여, 120시간 후에는 표면 전반에 녹이 발생하였다. 반면에 400계열 스테인레스강의 시료는 각각 다른 결과를 나타냈는데 스테인레스강 SUS410L의 시료는 120시간 후에는 표면에 부분적인 녹이 발생하였고, 스테인레스강 SUS430L의 시료는 120시간이 지난 후 표면에 약 50%정도의 부분적인 녹이 발생 하였으며, 스테인레스강 SUS434L의 시료의 경우 표면의 약 30%정도의 녹이 발생했으나, 녹의 진함이 다른 스테인레스 시료에 비해 좋은 상태를 유지하였다.



**Fig. 6** Temperature and humidity stress testing

**3. 실험결과 및 분석**

본 연구의 실험결과 진공소결공정에 의해 만들어진 300계열의 스테인레스강과 400계열의 스테인레스강 중 400계열 스테인레스강인 SUS434L만이 적합 판정을 받았으며, 경도 테스트 결과는 400계열 스테인레스강인 SUS430L, SUS434L이 적합 판정을 받을 수 있었다. 또한 온·습도 스트레스 테스트에서는 SUS434L이 가장 우수한 결과를 보였다. 따라서 미러 마운트의 제조 시 제품의 특성에 부합하는 고 내식성 스테인레스강으로 SUS434L만이 모든 스펙이 제품 스펙을 만족하는 것으로 연구 결과를 얻을 수 있었다.

**4. 결론 및 토의**

본 연구의 실험을 위하여 소결공정 선정 결과 소

결밀도를 높게 유지할 수 있으며, 제품성형 후 치수 정밀도가 높은 진공소결(vacuum sintering) 방식을 채택하였고, 원재료 선정에선 소결밀도, 성형제품의 치수정밀도 및 온·습도 테스트 결과 가장 우수한 결과를 보인 SUS434L를 선정해야한다는 결론을 얻었다. 이 같은 조건으로 실제 금형을 만들어 진공소결 공정을 거쳐 제품을 성형해본 결과 만족스러운 결과를 얻었으며, 차후 미러 마운트 생산 공정에 도입하여 양산 시 우수한 결과를 기대할 수 있다.

## 후기

본 연구는 한국폴리텍 대학 인천캠퍼스 산학협력 사업부 지원 사업으로 R&D 과제 수행된 연구결과임.

## 참고문헌

- 1) Kim. d.h, "A study on progressive type of automobile side mirror to reduce", Department of Mechanical Engineering, Hanbat National University, Feb. 2009
- 2) J. Jain, A. M. Kar, and A. Upadhyaya, "Effect of YAG addition on sintering of P/M 316L and 434L stainless steels", Mater. Lett., vol. 58, no. 14, pp. 2037-2040, May 2004.
- 3) K.-T. Huang, S.-H. Chang, M.-W. Wu, and C.-K. Wang, "Effects of Particle Size of Pre-Alloy Powders and Vacuum Sintering Temperatures on the Microstructure and Mechanical Properties of 440C Stainless Steel", ISIJ Int., vol. 56, no. 2, pp. 335-340, 2016.
- 4) C. T. Kwok, K. H. Lo, F. T. Cheng, and H. C. Man, "Effect of processing conditions on the corrosion performance of laser surface-melted AISI 440C martensitic stainless steel", Surf. Coat. Technol., vol. 166, no. 2-3, pp. 221-230, Mar. 2003.
- 5) Kim. m.s, Kim. t.s, Kim. s.h, and Lee. y.t, "An Experiment Study on Structural Behavior of Bolted Angle Connections with Austenitic Stainless Steel", Journal of Korean Society of Steel Construction, Vol.23, pp. 29-39, Jan. 2011.
- 6) K.-T. Huang, S.-H. Chang, M.-W. Wu, and C.-K. Wang, "Effects of Particle Size of Pre-Alloy Powders and Vacuum Sintering Temperatures on the Microstructure and Mechanical Properties of 440C Stainless Steel", ISIJ Int., vol. 56, no. 2, pp. 335-340, 2016.
- 7) B. Subramonian, K. Kato, K. Adachi, and B. Basu, "Experimental Evaluation of Friction and Wear Properties of Solid Lubricant Coatings on SUS440C Steel in Liquid Nitrogen", Tribol. Lett., vol. 20, no. 3-4, pp. 263-272, Dec. 2005.