

감성 디자인이 적용된 자동차 인테리어 디자인을 위한 인스트루먼트 패널 초음파 용접에 관한 연구

이정현*

(논문접수일 2010. 2. 2, 심사완료일 2010. 3. 2)

A Study on Instrument Panel Welding by Ultrasonic-Waves for Automotive Interior Applied Emotional Design

Jung Hyun Lee*

Abstract

Today's consumers are looking for emotional design which can fulfill their own potential desire. Emotion varies according to individual circumstance, age, sex, culture, education, profession and so on. Automotive instrument panel design is the most important part of interior design, because it affects the impression of interior design and has the equipments for safety, entertainment and various information. Thus, this study was performed to apply emotional design to automotive instrument panel which is the most important part of automotive interior, and find the best bonding conditions to build instrument panel efficiently by comparing mechanical properties in thermoplastic resin of polyethylene (PE) adhesion. Satisfactory adhesion was executed in ultrasonic welding for the same materials of PE. The best welding conditions were found to be welding time of 1second, welding pressure of 250 kPa for PE-PE welding. Dissimilar materials were adhered when adhesion and ultrasonic welding were performed at the same time.

Key Words : Automotive(자동차), Interior(인테리어), Emotional Design(감성디자인), Thermoplastic(열가소성수지), Hot Melt(핫멜트), Bonding Strength(접착강도), Instrument Panel(인스트루먼트패널), Welding Pressure(용접압력)

1. 서론

1.1 연구배경

우리사회가 산업사회와 지식 정보화 사회를 거쳐 기능이나

기술이 중심이 된 사회에서 인간과 문화 중심의 감성 사회로 변모해 나가면서 디자인 영역에도 인간, 즉 소비자의 감성에 호소할 수 있는 디자인 연구가 진행되고 있다. 감성이라는 것

* 서울산업대학교, 공업디자인학과 강사 (anasu98@naver.com)
주소: 139-743 서울시 노원구 공릉2동 172

은 수치로써 표현하고 객관적으로 평가하기 어려우며 인간 개개인의 환경, 성별, 연령, 문화, 교육, 전공 분야 등에 따라 달라진다. 따라서 소비자 개개인은 자신들의 감성을 움직일 수 있는, 즉 자신의 잠재적 욕구를 충족시켜줄 수 있는 요소들이 반영된 디자인을 찾게 된다. 이러한 소비자의 감성에 대한 연구는 감성디자인이라는 디자인 방법론으로까지 체계화되기에 이르렀다.

이러한 감성 디자인은 건축물이나 제품 디자인을 비롯하여 자동차 디자인에 이르기까지 그 영역이 점차 확대되고 있다. 흔히들 자동차 디자인이라고 하면 날렵하고 화려한 익스테리어(Exterior) 스케치나 긴장감 있는 곡선들로 이루어진 차량 외관을 떠올리게 된다. 하지만 자동차를 구입하고 이용하는 운전자의 입장에서 차량을 제어하고, 운전자와 승객의 안전을 위한 각종 장비들을 갖추고 있으며 실제로 탑승자들이 속해있는 하나의 거주공간의 개념으로 써 인테리어 디자인의 중요성은 익스테리어 디자인 못지않다고 할 수 있다.

자동차 디자인에 있어서 인테리어 디자인의 비중이 증가하기 시작한 것은 1990년대부터인데 이전의 자동차 디자인은 주로 익스테리어 디자인에 집중되어져 왔고 인테리어 디자인은 외장 디자인의 대부분이 완성된 이후 이를 토대로 진행되었다. 하지만 사람들의 이동 범위가 확대되고 자동차의 증가로 인한 교통 체증 등으로 차량 내부에서 보내는 차량 이용시간이 증가함으로 인해 자동차 회사들은 고객에게 보다 안락함을 줄 수 있으며 차량의 가치를 극대화시킬 수 있는 인테리어 디자인에 대한 연구에 관심을 기울이게 된다.⁽¹⁾

본 연구에서는 소비자의 감성을 자극할 수 있는 감성 디자인을 자동차 인테리어에서 가장 중요한 역할을 하는 인스트루먼트 패널(Instrument Panel)에 적용하여 기능성만이 아닌 인간적인 행복과 감성을 고려한 감성미가 조화를 이룰 수 있도록 디자인한다. 또한 지금까지의 패널과 자동차 차체의 접합은 리벳이나 접착제, 피팅에 의해서 이루어져 왔으나, 접착제는 오랜 시간이 지난 후 이탈되어 소음이나 안전에 위험을 주고 있는 점을 감안해 패널 제작에 이용되어지는 열가소성 수지인 폴리에틸렌(polyethylene, PE)수지의 효과적 접합 방법에 대하여 연구한다.

1.2 연구목적

소비자의 감성을 자극할 수 있는 감성 디자인을 자동차 인스트루먼트 패널 디자인에 적용하고, 이의 제작에 있어 접합 부위의 소음과 안전성 면에서 탁월한 효과를 보이는 초음파 용접을 이용한 폴리에틸렌수지의 적합한 접합 조건을 실험하고자 한다.

2. 디자인

2.1 인스트루먼트 패널(Instrument Panel) 디자인

초기의 자동차에서 인스트루먼트 패널은 단순히 실내공간과 엔진룸을 구분 지어주는 경계의 개념과 운전에 필요한 단순한 정보를 표시하는 개념이었으나 현재의 인스트루먼트 패널은 자동차 인테리어 디자인에서 시트 디자인과 함께 가장 중요한 인테리어 요소로 작용하고 있다.^(2,4) 인테리어 전체의 인상을 결정하고 운전자, 나아가 보조석의 탑승자에게까지도 다양한 정보와 안전한 운전을 위한 각종 장비, 그리고 엔터테인먼트적인 요소까지도 제공할 수 있는 종합적인 기능 역시 포함되어 있다. 따라서 인스트루먼트 패널 디자인은 자동차 인테리어 디자인을 대표하는 요소라고 할 수 있다.

Fig. 1은 다양한 인스트루먼트 패널의 디자인 제안들을 보여주고 있다. 소비자들이 획일적이고 규칙적인 디자인보다는 고급스러우면서도 편안한 디자인을 선호하고 패턴에서 느껴지는 운동감을 중시하는 경향을 보인다는 연구 결과⁽¹⁾를 토대로 이러한 소비자들의 욕구를 반영하기 위해 다양한 감성 디

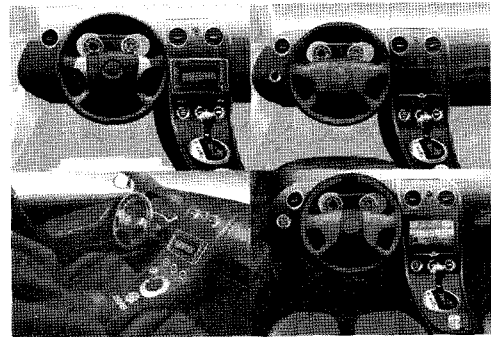


Fig. 1 Instrument Panel Design Proposals

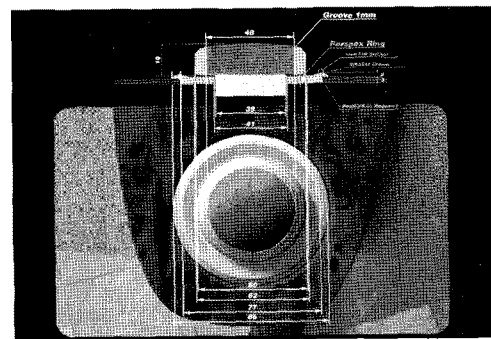


Fig. 2 Controller Design Proposal on Center Fascia

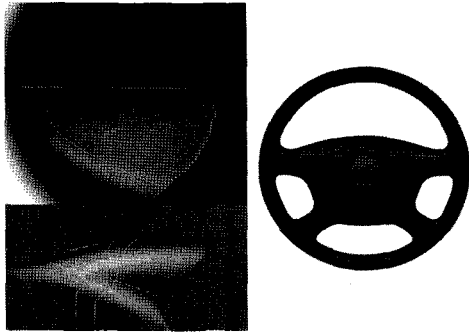


Fig. 3 Binical Cover & Steering Wheel Design Proposal

자인 제안들에 대해 연구하였다. 디자인의 조화를 이루기 위해 스티어링 휠 디자인은 대쉬 보드(Dash board)에서 사용한 동일한 재질과 색상의 조합으로 디자인되었고 센터 페시아(Center Fascia)의 디자인에 역시 고급스러움을 강조하기 위하여 단순하면서도 깔끔한 그래픽을 사용하였다. 또한 지나친 광택을 자제한 브러시드 알루미늄(Brushed Aluminum)을 사용함으로써 절제된 고급스러움을 지향하였다.⁽³⁾

Fig. 2는 센터 페시아에 위치한 컨트롤러(Controller)디자인이다. 센터 페시아 상단에 위치한 자동차의 각종 정보와 네비게이션 기능을 제공하는 소형 컴퓨터를 제어할 수 있는 컨트롤러 역시 인테리어 전체의 느낌과 조화를 이룰 수 있는 원형의 브러시드 알루미늄 소재로 디자인되었고 다양한 버튼과 공기 배출구의 형상과 조화를 이룰 수 있는 실린더 형태를 띠고 있다.

Fig. 3은 클러스터의 차양막 역할을 하는 비니컬 커버(Binical Cover)와 스티어링 휠의 디자인이다. 자칫 지나치게 정적으로 보일 수 있는 비니컬 커버의 디자인에 동적인 감성의 표현을 위해 스티어링 휠에 적용한 동일한 그래픽을 비니컬 커버에도 적용하여 인테리어 전체가 하나의 테마(Theme)로 조화를 이루도록 하였다.

2.2 도어 패널(Door Panel) 디자인

도어 패널 디자인은 인스트루먼트 패널과의 시각적인 연결성을 고려하여 디자인되었고 이를 위해 인스트루먼트 패널의 우드 그레인과 유사한 곡률과 동일한 패턴의 우드를 사용하였다.

Fig. 4에서 볼 수 있듯이 전후면 도어 패널 디자인의 연결성 역시 전체적인 자동차 인테리어 디자인에 중요한 요소이므로 B-Pillar를 기준으로 하여 도어 패널 상단의 우드 그레인이 동일 선상에 위치하도록 디자인하였다. 또한 후면 도어 패널의

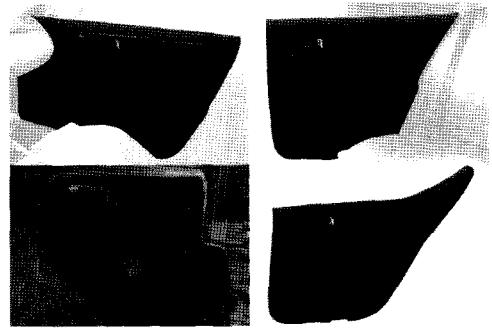


Fig. 4 Door Panel Design Proposals

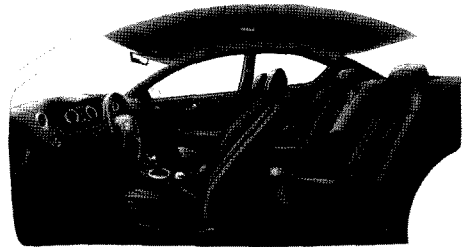


Fig. 5 Selected Interior Design Proposal

경우 뒷좌석에 탑승한 승객의 심리적 안정성을 높이기 위해 C-Pillar와 루프(Roof)가 만나는 지점까지 도어의 상단부가 연결되게 디자인하였다.^(1,2)

2.3 각 파트별 디자인 연구를 바탕으로 한 최종 디자인 제안

Fig. 5에서는 지금까지 디자인한 인스트루먼트 패널, 스티어링 휠, 도어트림 등을 하나의 스케치에 표현하여 전체적으로 효과적인 조화를 이루는 지 확인하였다. 루프 트림의 경우 일반 자동차 인테리어의 밝은 회색 계열의 작물을 배제하고 보다 안락하면서도 인테리어의 통일성을 도모하기 위해 스티어링 휠과 인스트루먼트 패널 디자인에 동일하게 쓰인 갈색 계열의 가죽으로 트림(Trimming)하였다. 밝은 회색 계열의 루프보다 진갈색의 루프가 탑승자로 하여금 보다 편안함을 느끼게 하는 심리적 효과를 취할 수 있다.⁽³⁾

3. 패널 제작공정

3.1 시제품의 제작

도출된 디자인 최종안을 바탕으로 하여 시제품을 제작하였

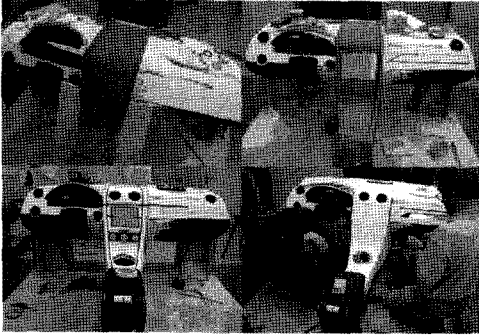


Fig. 6 Manufacturing Instrument Panel

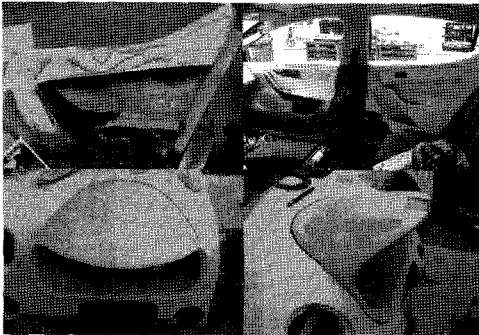


Fig. 7 Producing Binical Cover and Door Panels

다. 시제품의 제작에는 폴리에틸렌(Polyethylene, PE), 인터스트리얼 클레이(Industrial Clay) 등이 사용되었다.⁽⁴⁾ Fig. 6에서는 인스트루먼트 패널의 제작 공정을 보여주는데 이는 센터페시아, 인스트루먼트 패널, 비니컬 커버(Binical Cover)의 세 가지 파트로 분리되어 제작된 후 결합하였다. Fig. 7에서는 도어 패널의 제작과 비니컬 커버의 제작 공정이 나타나 있다.

3.2 파트별 가죽 트리밍 및 우드 그레인 제작

Fig. 8은 인테리어의 각 파트 별로 트림된 제품과 클러스터와의 결합된 형태를 보여주고 있다. Fig. 9에서는 인스트루먼트 패널의 트리밍된 파트들과 우드 그레인을 보여주고 있다.

3.3 파트별 결합 및 최종 결과물 제작

지금까지 가죽 트리밍된 인테리어의 각 파트들을 결합하여 최종 결과물을 도출하였다. Fig. 7에서 제안하였던 인테리어 최종 디자인 스케치에서의 형상을 그대로 재현하였음을 Fig. 10과 Fig. 11에서 확인할 수 있다.

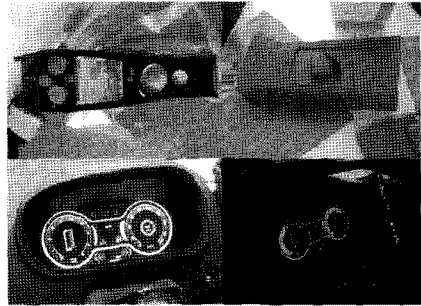


Fig. 8 Painted Wood Grain and Trimmed Parts

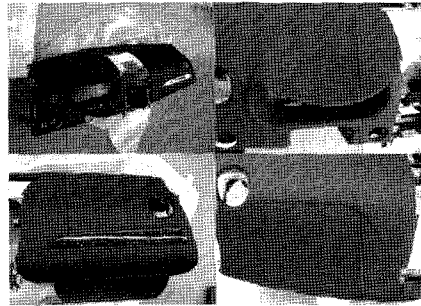


Fig. 9 Leather Trimmed Instrument Panel

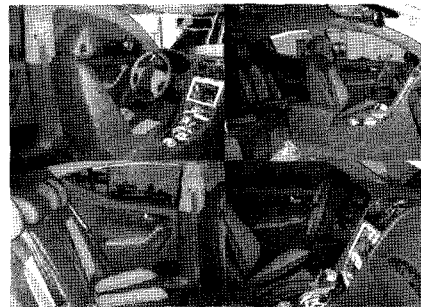


Fig. 10 Assembled Interior Parts

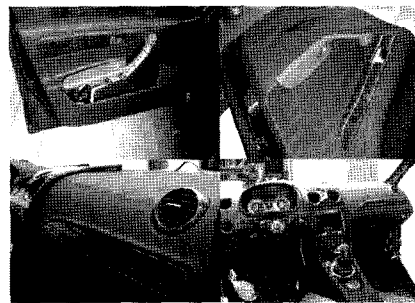


Fig. 11 Assembled Interior Parts

Table 1 Mechanical Properties of Studied Material

	Tensile Strength (MPa)	Elongation (%)	Density (kg/m ³)	Modulus	Compressive Strength (MPa)	Forming Temperature (K)
PE	23.7	67	949	71	20.8	369

4. 실험 장치 및 실험 방법

4.1 실험 장치

본 실험은 초음파 용접과 접합, 그리고 초음파 용접에서의 각 조건별 접합 상태 등을 검토 분석하기 위한 실험으로, 초음파용접기(KDW-2400PW, KOREA 560*410*510 [mm])와 글루건(GR60, AC80~240V, 600Hz 40W)을 이용하여 접합을 하였다.

접합 강도의 측정을 위하여 영국의 인스트롱사의 만능 재료 시험기[(8502(INSTRON, ENGLAND), maximum capacity +/- 30 ton(static))]을 사용하였다.^(6,7)

4.2 실험 방법

4.2.1 용접 소재 및 접착제의 선정

본 실험에 사용된 소재는 폴리에틸렌(PE)이며 접착제로는 핫멜트를 사용하였고, 핫멜트를 녹이는데 글루건을 사용하였다. 접합 소재와 접착제의 기계적 성질은 Table 1과 같다.⁽⁸⁾

4.2.2 접합 조건 설정 및 초음파 용접

초음파 용접의 가장 중요한 변수인 초음파 인가시간은 1, 2, 3(sec)로 하였으며, 용접 압력은 150, 250, 350(kPa)로 하여 핫멜트로 접착한 후 용접을 실시하였다.

모든 조건에서 정지 시간(hold time)은 3sec, 진폭은 35 μ m, 혼의 하강 속도는 20cm/sec, 트리거 포스(trigger force)는 110N으로 하였으며, 이는 지금까지 연구된 연구자들의 최적 용접 조건을 그대로 적용한 것이다.⁽⁹⁾

4.2.3 접착

글루건을 이용하여 핫멜트로 접착한 후 150kPa의 압력으로 30초간 고정시킨 후 상온에서 15일간 경화 하였다.

4.2.4 접합 인장 강도시험

(1)용접용 소재의 인장시험

용접용 소재인 PE 시험편을 만능재료 시험기에서 인장 시험을 실시하였다. 인장시험 시의 인장 속도는 0.05mm/sec 로

설정하였다.⁽¹⁰⁾

(2) 용접 시험편의 인장 시험

초음파 용접한 PE-PE 와 핫멜트 접착 후 초음파 용접 한 PE-PE 의 시험편을 만능 재료 시험기를 이용하여 인장 시험을 실시하였다.

(3) 접착된 시험편의 인장 시험

핫멜트로 접착된 PE 의 시험편을 만능 재료 시험기에서 인장 시험을 실시하였다.

5. 결과 및 고찰

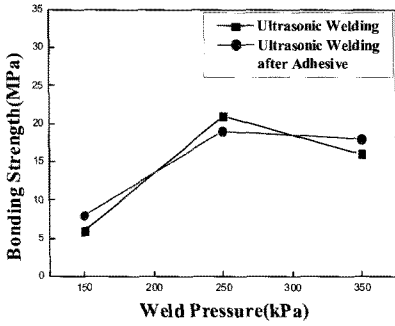
5.1 용접 조건과 접합 강도와의 관계

Fig. 12(a)에서와 같이 초음파 인가 시간을 1sec로 하였을 때, 초음파 용접과 핫멜트 접착 후 초음파 용접한 경우 모두 접합 압력이 150kPa에서는 접합 강도가 아주 낮게 나타났으며, 접합 압력이 250kPa에서는 양호한 접합이 이루어져 접합 강도가 증가하였으며, 접합 압력이 350kPa이 되면서 접합 강도가 저하되는 현상을 보였다. 이러한 현상은 Fig. 12(b)에서와 같이 초음파 인가 시간을 2sec 한 경우도 대체로 비슷한 경향을 보이고 있다. 그러나 Fig. 12(c)와 같이 초음파 인가 시간을 3sec로 하였을 경우, 초음파 용접과 접착을 병행한 경우에는 접합 강도가 약간 증가 하였으나, 초음파 용접만 실시한 경우는 접합 압력 250kPa에서 접합 강도가 저하되는 현상을 보였다. PE 접합의 경우 초음파 용접과 핫멜트 접착 후 초음파 용접한 경우의 접합 강도는 대체로 비슷하게 나타나고 있다.

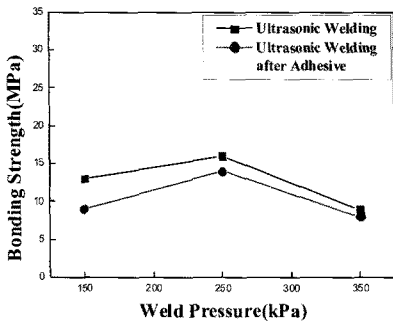
또한, 같은 초음파 인가 시간에서도 접합 압력이 변하면 접합 강도가 다양하게 변화하는 것을 볼 수 있는데, 이는 초음파 인가 시간과 접합 압력이 접합의 강도에 큰 영향을 미치는 요소임을 알 수 있다.

같은 초음파 인가 시간이라도 접합 압력이 낮은 경우(150kPa 이하)에서는 접합 강도가 낮으며 또한, 초음파 인가 시간과 접합 압력 모두 접합의 강도에 영향을 미치고 있음을 알 수 있다.

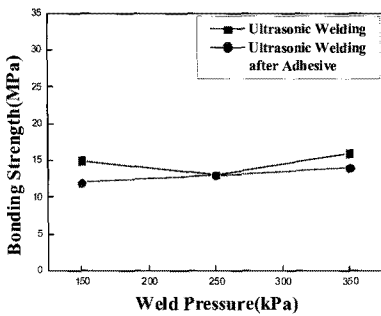
한편, 접합 압력을 350kPa로 하였을 경우 초음파 인가 시간에



(a) welding time: 1sec



(b) welding time: 2sec



(c) welding time: 3sec

Fig. 12 Relation between Welding Condition and Bonding Strength

다른 접합 강도를 보면, Fig.13과 같이 초음파 인가 시간 2sec에서 PE의 초음파 용접의 접합 강도가 가장 낮게 나타났다. 그러나 초음파 인가 시간이 1sec와 3sec인 경우에는 접합 강도가 더 양호하게 나타나고 있다. 이러한 현상은 초음파 용접만 한 경우와 핫멜트 접착 후 초음파 용접을 한 경우 모두 동일한 경향을 나타내고 있다. 이와 같이 접합 압력이 일정하더라도 용접 재료에 따라서 최적 접합 시간이 다르게 나타남을 알 수 있다.

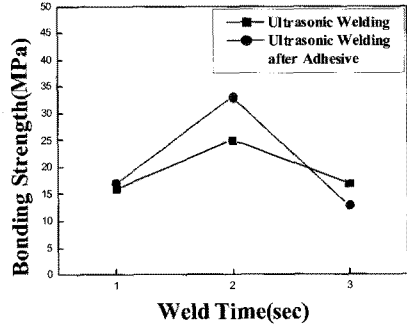


Fig. 13 Effect of Welding Time on Bonding Strength (Weld Pressure: 350kPa)

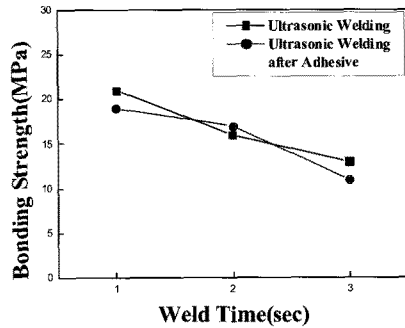


Fig. 14 Effect of Welding Time on Bonding Strength (Weld Pressure: 250kPa)

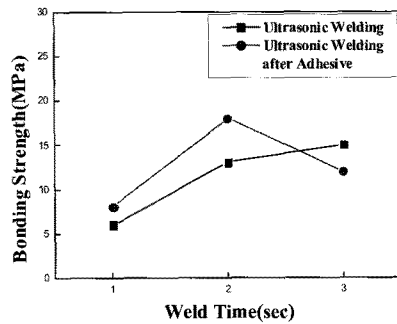


Fig. 15 Effect of Welding Time on Bonding Strength (Weld Pressure: 150kPa)

접합 압력을 250kPa로 한 경우에는 Fig. 14와 같이 초음파 인가 시간이 증가할수록 PE 접합 강도가 저하되었으며, 이러한 현상은 핫멜트 접착 후 초음파 용접한 경우에도 유사한 경향을 나타낸다.

접합 압력을 150kPa로 하고 초음파 용접만 한 경우는 Fig. 15

와 같이 PE 초음파 인가 시간이 길어질수록 접합 강도도 증가 하였으나, 핫멜트 접착과 초음파 용접을 병행한 경우에는 초음파 인가 시간이 길어질수록 PE 의 접합 강도는 약간씩 증가 하는 현상을 보이고 있다.

이와 같이 초음파 인가 시간 2sec 부근에서 비중이 작고 무른 재질인 PE 의 경우는 강도가 크면 녹는데 시간이 많이 소요 되고 압력도 더 커짐을 나타낸다.

6. 결론

본 연구에서는 소비자의 감성을 자극할 수 있는 감성 디자인을 자동차 인테리어에 적용하고, 인스트루먼트 패널에 이용되는 폴리에틸렌수지의 접합 조건을 제시하였다. PE를 접합하는데 있어서 글루건을 이용한 핫멜트 접착 후 초음파 용접을 병행한 경우, 초음파 용접만 실시한 경우 등으로 구분하여 접합 강도를 비교함으로써 최적의 접합 조건을 찾기 위한 실험으로, 초음파 인가 시간과 용접 압력을 변화시켜 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 소비자의 욕구에 맞는 감성 디자인으로 인스트루먼트 패널을 디자인 했다.
- (2) 인스트루먼트 패널을 초음파 용접으로 접합하는 조건을 제시하였다.
- (3) 초음파 용접과 핫멜트 접착 후 초음파 용접한 조건에서 PE는 초음파 인가 시간 1sec 부근, 용접 압력 250kPa 부근에서 양호한 접합이 이루어졌다.

참 고 문 헌

- (1) Yoon, H. G. and Han, G. J., 2000, "A Study on the Design of Fabric of Automobile based on an Analysis of Costumer's Sensibility," *KSDC*, Vol. 6, No. 2, pp. 469~483.
- (2) Koo, S., 1999, "A Research for the Pattern of the Instrument Panel Design of Passenger Cars," *Journal of Korea Society of Design Science*, Vol. 12, No. 4, pp. 99~108.
- (3) Cardesignnews.com, 2008, viewed 8 May 2009, <http://www.ccardesignnews.com/site/home/new_cars/display-item/store4/item108464/>.
- (4) Bing, Y. H., 2008, "Car Design Process," *Journal of the Korean Society of Automotive Engineers*, Vol. 30, No. 5, pp. 36~38.
- (5) Benatar, A., 1987, Weldability of Thermoplastics, *Proceeding of Edison Welding Institute*, Columbus, OH, pp. 113.
- (6) Benatar, A., 1987, Ultrasonic Welding of Advanced Thermoplastics, Ph. D. Thesis, Dept. of Mechanical Engineering, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA., pp. 81~165.
- (7) Lee, C. K. and Jung, G. C., 1998, "Joining of Polymer Materials with Ultrasonic Welding," *Journal of KWS*, Vol. 16, No. 2, pp. 91~99.
- (8) Lee, S. I. and Hong, S. H., 2007, "Nonlinear Analysis of Ultrasonic Horn Model for Filp-Chip Bonding," *KSMTE spring conference*, pp. 523~528.
- (9) Lee, B. G., Kim, K. L., and Kim, K. E., 2008, "Design of Ultrasonic Vibration Tool Horn for Micromachining Using FEM," *Journal of KSMTE*, Vol. 17, No. 6, pp. 63~70.
- (10) Park, M. H., Kim, T. Y., Park, T. G., and Kim, M. H., 2000, "Design and FEM Analysis of Langevin Type Ultrasonic Vibrator," *KSMTE spring conference*, pp. 525~528.