

승용차용 시트 패드와 일체 발포 가능한 통풍 유로 키트의 유동 실험 및 해석에 관한 연구

최석민¹, 이동진², 안종록³, 김기선^{3*}

¹(주)대성파인텍, ²공주대학교 일반대학원 기계공학과, ³(주)이스텐에프티씨

A Study on the Flow Experiment and Analysis of Unifoamable Ventilation Kit with Automobile Seat Pad

Suk-Min Choi¹, Dong-Jin Lee², Jong-Rok An³, Key-Sun Kim^{3*}

¹Daesung Finetec Co., Ltd

²Dep. of Mechanical Engineering, Graduate School, Kongju National University

³Eastern FTC Co., Ltd

요약 본 논문은 승용차용 시트 패드와 일체형으로 발포 가능한 통풍 유로 키트 모델을 새로이 제안하였다. 기존의 Plenum type 유로의 성능 저하 현상을 개선한 새로운 통풍 유로 모델을 해석 및 실험을 통하여 검증 하였다. 기존 제품 대비 유로의 형상을 단순화하여 공기 유동 시 충돌을 저하시켰다. 동시에 유로 하판에 엠보싱을 적용함으로 유로 내부에 공기 회오리를 발생시켜 통풍 유로의 각 통풍구에서 배출되는 바람의 유속을 균일화하였다. 기존제품과 연구모델을 설계하고 유동 해석을 실시하여 개선 연구모델의 성능개선을 검증하고 시제품을 제작하여 성능평가 시험을 실시하였다. 유동 해석 결과 기존 제품은 통풍구 평균 유속은 2.88 m/s, 개선 연구모델의 경우 평균 유속이 6.22 m/s로 산출되어 기존 대비 약 116 %의 성능 개선을 확인하였다. 또한 유속 성능 균일도 또한 약 195 %의 높은 균일도 개선을 확인하였다. 성능시험 결과 기존 제품은 평균 2.76 m/s의 유속을 보였고 개선 연구 모델의 경우 평균 5.41 m/s의 유속을 보여 약 96.01 %의 성능개선이 있는 것을 확인하였다.

Abstract This study examined the ventilation flow kit for automotive seats, one of the key components of automotive interior comfort technology. The research focuses on improving the performance of the existing Plenum-type airflow system with a new ventilation flow research model. The new research model simplifies the shape of the airflow path compared to the existing product, reducing air turbulence during flow. Simultaneously, embossing is applied to the lower surface of the airflow path to generate a swirling motion of mixed air inside, achieving a uniform airflow velocity at each ventilation outlet. The existing product and the research model were designed, and fluid dynamics analysis was conducted to validate the performance improvement of the improved research model. Prototypes were also manufactured and subjected to performance evaluation tests. Fluid dynamics analysis showed that the average airflow velocity at the ventilation outlets was 2.88 m/s for the existing product, whereas the research model achieved an average velocity of 6.22 m/s, representing an approximate 116 % improvement in performance compared to the existing product. Furthermore, the uniformity of airflow velocity was enhanced by approximately 195 %. The performance testing results indicated that the existing product exhibited an average airflow velocity of 2.76 m/s, whereas the research model demonstrated an average velocity of 5.41 m/s, resulting in 96.01 % performance improvement.

Keywords : Automobile Seat, Cush Foam, Seat Pad, Unifoamable, Ventilation Kit

이 연구는 2022년 중소벤처부의 지역주력사업 연구비 지원을 받아 수행하였음. (S3265617)

*Corresponding Author : Key-Sun Kim(Eastern FTC Co., Ltd)

email: easternftc@hanmail.net

Received October 13, 2023

Revised December 4, 2023

Accepted January 5, 2024

Published January 31, 2024

1. 서론

인체와 가장 가까이 맞닿아 있는 자동차용 시트는 운전자 중심으로 안전과 편의에 대한 연구가 많이 수행되어졌다. 그러나 최근 자율주행 중심으로 변화함에 따라 자동차 내장 관련 기술들은 인체 공학 및 감성 중심으로 개발되고 있으며 그 시트는 그 중 핵심 부품이다.

자동차 시트에 사람이 직접 착좌를 할 때, 시트의 물성이나 색상과 형태의 디자인, 표면 온도 및 다양한 편의 기능들이 사람의 감성을 좌우하는 것으로 알려졌다. 또한 자동차의 시트에 착좌하여 인체가 장시간 접촉 시 착좌 접촉면의 공기가 충분히 순환되지 않으면 Fig. 1와 같이 피부에 여러 가지 피부질환들을 유발한다. 자동차의 통풍 키트는 이러한 인체의 피부질환들을 예방하고 안락한 시트 착좌감을 제공 및 유지하는 데에 매우 중요한 역할을 한다.



Fig. 1. Types of skin diseases

Fig. 2와 같이 자동차 통풍 시트는 시트의 인체 접촉면에 공기를 유동시킬 수 있는 유로가 존재한다. 그 유로의 입구에 블로워 팬으로부터 발생하는 공기가 주입된다. 이 공기가 착좌면 통풍 유로에 바람이 배출되어 인체에서 발생할 수 있는 습기와 온도를 제거 또는 저감할 수 있는 구조로 이루어져 있다. 통풍 시트의 핵심 기술은 공기 흐름을 신속화하여 사람의 체온을 가능한 한 저하시키고 습도 또한 제거함으로써 피부질환을 방지하는 것이다. 이를 통해 안락하고 쾌적한 착좌감을 지속되게 하는 것에 있다. 하지만 현재 시중에 양산되고 있는 통풍 시스템의 경우 착좌시 유로의 찌그러짐과 막힘 현상으로 인하여 통풍 성능이 저하되는 문제점이 대두되고 있으며

소비자들로부터 적지 않은 불만 요소로 작용하였다. 이를 개선 해결하기 위하여 산업체 및 연구자들은 통풍 시스템의 성능향상 연구를 지속적으로 진행해 오고 있다 [1-4].

기존 상용화된 제품을 살펴보면, Fig. 3의 (a)는 시트 쿠션 표면에 통풍 유로를 형성하고 있는 기존 제품의 모습이다. (b)는 시트 쿠션 하단에 통풍 유로를 형성하고 있다. (a)와 (b) 모두 실제 착좌 시 유로가 눌리며 유로 구조가 무너지는 문제점이 있다. (c)는 통풍구 하단에 통풍 유로가 존재한다. 하지만 공기가 흐를 때 기동에 막혀 충돌이 발생하여 공기 흐름에 저항이 생기고, 또한 통풍구의 크기가 커 유속이 낮아 통풍 성능은 오히려 낮다. (d)는 블로워 팬을 시트 쿠션 패드에 직접 장착한 방식이다. 이 방식은 일부 고급 차량에 적용되었으나 발포의 어려움과 통풍 성능을 비롯한 여러 품질 문제로 지금은 생산이 되지 않고 있다.

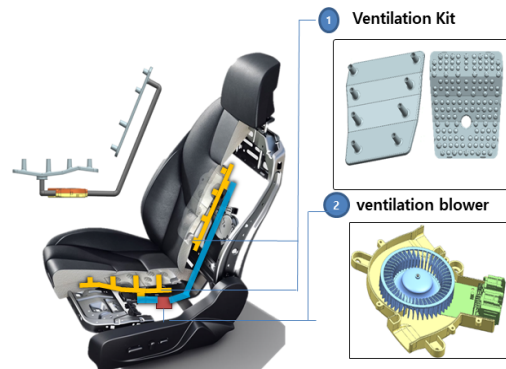


Fig. 2. Ventilation seat structure

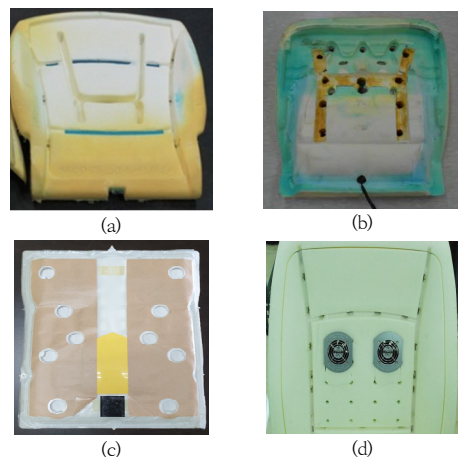


Fig. 3. Previous development case of automobile seat ventilation system

한편 통풍 시트 패드를 생산하기 위해서는 시트 패드와 통풍 유로 키트를 별도로 조립하여 생산된다. 이 과정에서 접착 공정으로 인한 공정 수가 증가하고 유로 찌그러짐에 의한 통풍 성능 저하 및 본드 사용으로 휘발성유기화합물(VOC: Volatile Organic Compounds, 이하 VOC)이 증가하여 현재 문제점으로 대두되고 있어 개선이 필요하다. 또한 공정의 세분화로 인하여 원가 상승 및 품질 측면에서 불량률이 발생할 가능성이 높아진다.

최근 통풍 시스템에 대한 연구 동향을 살펴보면, 통풍 성능향상 및 사용 시 안락감 향상을 위하여 많은 연구가 진행되고 있다. Ju 등은 밀폐형 통풍 챔버의 형상과 통풍구의 배치에 따른 유동 해석 및 유량 계측을 통한 통풍구 간의 상관관계 분석을 수행했다[5]. Oh 등은 시트 쿠션의 부품들의 재료 물성을 측정하여 시트 쿠션 변형을 해석하였다[6]. 변형을 고려한 시트 쿠션과 그렇지 않은 시트 쿠션의 유량을 시험과 해석 오차를 비교하였다. 이를 통해 통풍 시트의 정확한 유량 예측을 위해 변형을 고려한 설계가 필요함을 제시하였다. In 등은 운전자의 뇌파 측정을 통한 통풍 시트의 온도변화에 따른 쾌적감 변화와 쾌적온도 탐색을 진행하였다[7]. Lee 등은 통기 매트 내부형상의 모델링 개선을 통해 시트 표면 온도변화를 측정하였다[8]. 이 연구로 통기성 평가 결과와 승객 착좌 시 인체 부위별 시트 표면 온도 결과가 같은 경향을 나타내는 것을 확인하였다. Han 등은 통풍 성능이 낮은 구조가 복잡한 단점을 가진 통풍 시트 모듈의 단점 개선을 위해 ECU와 블로워 모터가 일체화된 모듈을 제시하고, 시험을 통해 성능을 검증하여 복잡한 시트 하부공간을 해소함과 더불어 모듈 간의 연결을 줄여 원가 절감 효과를 입증했다[9]. Kook 등은 유량 성능에 큰 영향을 미치는 설계 요소를 정의하고, 유량 성능향상을 위한 시스템별 핵심 설계 가이드를 제시하였고, 유량 성능이 높을수록 발생하는 소음도 증가하여 소음 특성과 연계한 연구의 필요성을 제시하였다[10]. 그러나 기존 연구는 접착 공정으로 인한 공정 수가 증가하고 유로 찌그러짐에 의한 통풍 성능 저하에 대한 해결연구가 미비한 상태이다.

따라서 본 연구에서는 통풍 시트 제조 시 불량률을 감소 및 VOC 절감을 위한 유로 키트와 패드를 일체 발포할 수 있는 기술을 제안한다.

연구 내용으로 Plenum type 방식의 기존 제품과 이를 개선한 연구모델을 설계하고 유동 해석을 진행한다. 이 유동 해석 결과를 비교하고 시제품을 제작하여 실제 제품의 성능을 비교한다. 기존 Plenum type 제품은 유

로 내부에서 공기의 충돌이 빈번하여 공기가 유로에 머무는 시간이 많아 배출 효율이 떨어진다. 반면 연구 모델의 경우 공기가 충돌할 수 있는 구조를 최소화하여 공기 배출 효율을 개선했다. 또한 연구모델의 유로 내부에 엠보싱을 적용하여 유로 내부에 공기 회오리를 발생시켜 유체의 속도와 유동을 개선하고자 하였다. 그리고 이것이 실질적으로 성능 개선에 영향을 미치는지를 연구하였다.

2. 시편 및 연구 방법

2.1 실험 방법

Fig. 4는 통풍 시트의 유속을 측정하는 시험 방법을 도식화한 것이다. 자동차 시트의 통풍구에 Testo 405i 유속 센서를 이용하여 유속을 측정하였다. Fig. 5와 같이 통풍 시트의 통풍구는 (a)와 같이 착좌 쿠션에 8개 (b)와 같이 등받이 쿠션에 8개로 이루어져 있다. Fig. 6와 같이 기존제품의 통풍 유로의 풍속을 측정하기 위하여 유로가 존재하는 자동차 시트 쿠션 패드에 열선 패드를 장착하고 열선 패드에 의하여 형성된 통풍구에 유속 센서를 장착하였다. 통풍 시스템의 블로워 팬으로 실차 평가 시 사용되고 있는 3단의 출력을 인가하여 각 통풍구의 유속을 측정하며 Fig. 7과 같이 통풍구별로 번호를 부여하였으며 각각의 통풍 성능을 비교하였다. 통풍 입구는 좌우 통풍구의 앞쪽 중앙에 위치하고 블로워 팬에서 발생하는 바람이 통풍구로 배출된다.

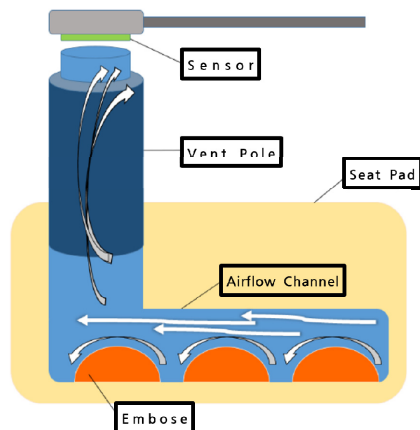


Fig. 4. Method of ventilation performance evaluation test

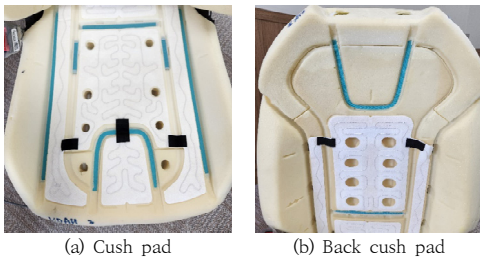


Fig. 5. Test product with seat pad

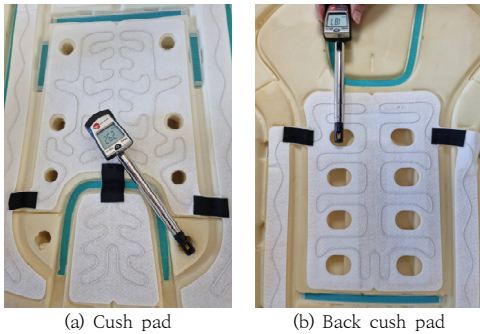


Fig. 6. Performance test appearance

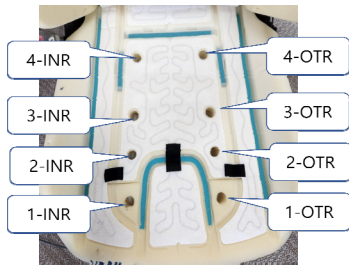


Fig. 7. Name of each vent

2.2 해석 방법

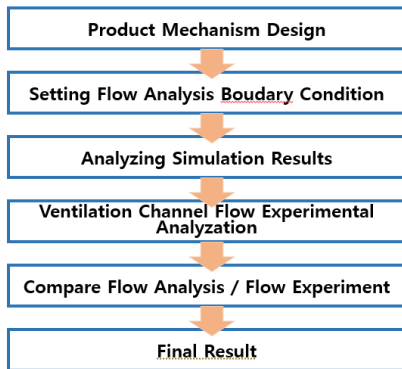


Fig. 8. Analysis process

본 연구는 Fig. 8과 같은 절차로 해석을 진행하였다. 우선 제품의 메커니즘을 설계한 다음 유로 해석 조건을 설정하였다. 이어서 유동장비의 해석을 비교 분석하였고, 이후 유로의 통풍 시험을 실시하여 시험 결과를 분석하였다. 마지막으로 해석과 시험결과를 비교 분석하여 결과를 도출 하였다.

2.2.1 개선 모델 설계

기존 통풍 시트 제품의 통풍 유로 구조는 Fig. 8과 같은 Plenum Type으로 되어 있으며 유로 내부 전체에 머물고있는 유량은 연구모델 대비 크게 나오나 통풍구에서의 유속이 급격히 감소하여 실질적으로 체온을 하강시키거나 습기를 제거하는 성능은 연구모델 대비 떨어졌다. 이러한 내용을 정량적으로 확인하기 위하여 CATIA V5 소프트웨어를 이용하여 기존에 양산되고 있는 Plenum Type 모델과 유체 흐름을 개선하고 유로 하판에 엠보싱을 적용한 개선 모델을 설계하였다.

Fig. 9와 Table 1은 기존 양산되고 있는 Plenum Type 모델의 모습과 모델의 사양이다. 기존 모델의 유로의 깊이는 연구모델 대비 65 mm 이상 깊다.

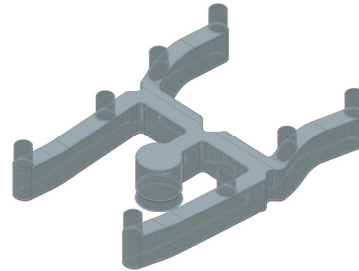


Fig. 9. Configure of exsiting product (Plenum type)

Table 1. Specification of exsiting product (Plenum type)

Size	294 mm × 194 mm × 75 mm
Internal volume	303,590 mm ³
Inlet diameter	39 mm
Outlet diameter	16 mm

Fig. 10과 Table 2는 위의 Fig. 8의 모델에서 공기의 흐름을 개선하고 하판에 엠보싱을 적용한 개선 모델의 모습과 모델의 사양이다. 유체가 흐를 때 기존의 H자 형상의 유로에 의해 막히는 현상을 개선하고 공기의 흐름이 원활하도록 개선하였다. 또한 유로 하판의 엠보싱으로 인한 유로의 내부 공기 유동 중 공기 회오리의 발생을

유도하여 공기 배출구의 배출 균일도를 개선하였다. 개선 모델의 내부 체적은 271,298 mm³으로 기존제품보다 약 10.64 % 축소되었다. Fig. 11은 개선 연구모델 하판의 엠보싱과 지지구조물의 형상과 유로의 단면도이다.

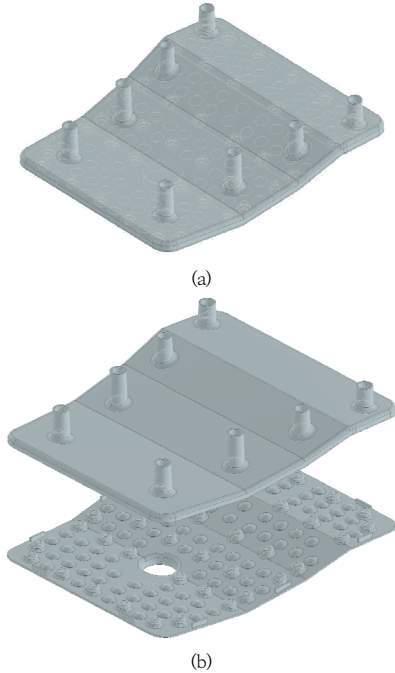


Fig. 10. Configure of improved research model

Table 2. Specification of improved reaserch model

Size	335 mm × 239 mm × 55 mm
Internal volume	271,298 mm ³
Inlet diameter	39 mm
Outlet diameter	13 mm

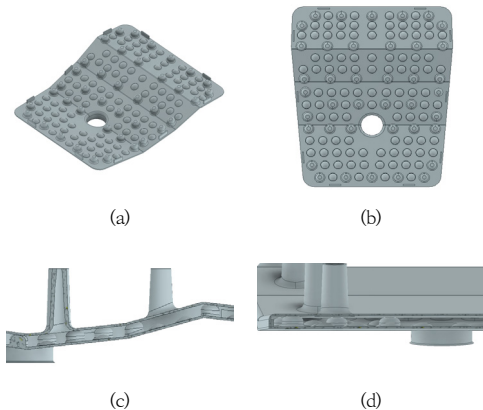


Fig. 11. Cross sectional view of ventilation flow path embossing and support structure

Fig. 12는 기존 Plenum type 모델과 개선연구모델의 유로 형상을 비교한 그림이다. 기존의 Plenum type은 H자 형상의 유로의 높이가 비교적 높은 형상을 가지고 있다. 반면에 개선 연구모델은 유로가 얇고 전체적인 형상이 단순화 되었다는 것을 확인할 수 있다.

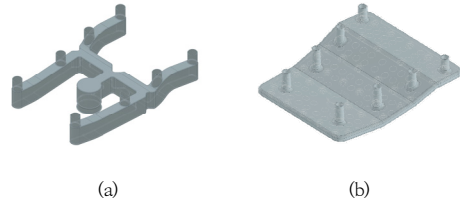


Fig. 12. Comparison of two models: Plenum type and improved research model

2.2.2 해석 방법

각 모델들의 통풍 성능을 수치적으로 평가하기 위하여 Ansys Discovery 소프트웨어를 사용하여 각 통풍 유로 내부의 공간에 대한 유동 해석을 실시하였다. 통풍 유로 내부의 유체는 상온의 공기가 유동한다. 통풍 시스템의 블로워팬으로 부터 통풍 유로의 내부에 인가되는 유체의 입력 경계 조건을 산출하였다. 기존 통풍 유로 제품의 통풍 출구부 유속을 Testo 405i 유속 센서를 통해 측정하여 실제 제품에서 측정된 유속과 동일한 유속이 나오도록 유동 해석을 실시하였다. 이후 통풍 입구부에 발생하는 통풍 압력 입구 경계 조건을 산출하고, 이 값을 식 (1)과 같이 베르누이 방정식에 대입하여 조건을 검증하였다.

$$p_T = p_S + \frac{\rho}{2} v^2 \quad (1)$$

여기서 p_T 는 전압(Total pressure), p_S 는 정압(Static pressure), ρ 는 밀도(Density), v 는 속도(velocity)를 의미한다.

각 통풍 배출구의 표면 압력은 대기압으로 지정하였다. 유로 내부의 공기가 배출될 때 유동 마찰을 비롯한 다른 저항이 없는 상황을 가정하였다. 통풍 유로의 재질은 폴리우레탄 폼이며 본 연구에서는 폴리우레탄 폼의 발포 시 생성되는 공기구멍에 대한 유속 및 유량 손실이 없다고 가정하였다. Table 3는 유동 해석에 사용된 경계 조건이다. 통풍 입구의 입력 압력은 45 Pa이며 통풍 배출구의 표면 압력은 대기압으로 지정하였다. 이때 통풍 입구의 직경은 39 mm이며 통풍 배출구의 각 직경은 Plenum type 모델은 16 mm, 연구모델의 직경은 13 mm이다. 유로 키트 내부에 유동하는 유체는 상온 25 °C의 공기이며 이때 유체의 밀도는 1.1839 kg/m³이다.

Plenum Type 모델과 개선연구모델 모두 해석에 동일한 경계조건이 사용되었다. 또한 각 모델의 해석 결과에서 사용되는 배출구 명칭은 Fig. 13과 같다.

Table 3. Boundary condition for flow analysis

Inlet pressure	45 Pa
Outlet pressure	Atmospheric Pressure (0 Pa)
Inlet diameter	39mm
Outlet diameter	16mm(Plenum type) 13mm(Improved research type)
Fluid	Air (Gas)
Fluid temperature	25 °C
Fluid density	1.1839 kg/m ³

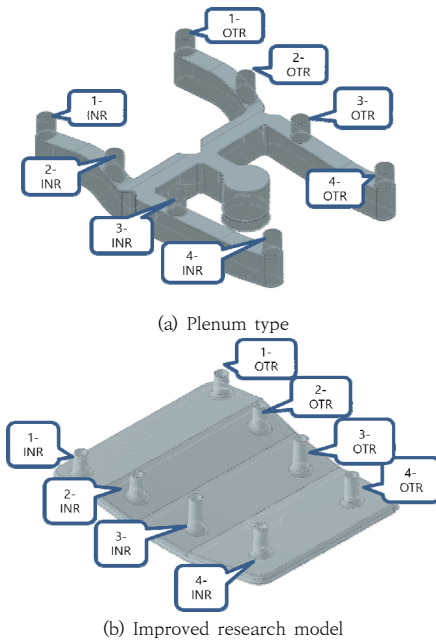


Fig. 13. Name of each vent hole

3. 해석 결과

Fig. 14과 Table 4는 2.2.1절에서 설계를 진행한 기존의 Plenum type 모델을 유동 해석을 수행한 후 산출된 성능 데이터이다. 통풍 입구 및 H 형상의 유로에서는 공기가 빠르게 유동하고 있으나 통풍구에는 유속이 저하되는 것을 알 수 있다. 최저 성능을 보인 4-OTR 통풍구의 성능은 2.32 m/s로 산출되었고, 최고성능을 보인 1-INR 통풍구의 성능은 3.66 m/s의 성능이 산출되었

다. 전체 통풍구의 평균 유속은 2.88 m/s이고, 표준편차는 0.519 m/s로 산출되었다. 또한 평균 유속의 경우에도 기존모델 대비 오차율이 5% 이내이기 때문에 충분히 성능 예측이 합당하다고 판단된다.

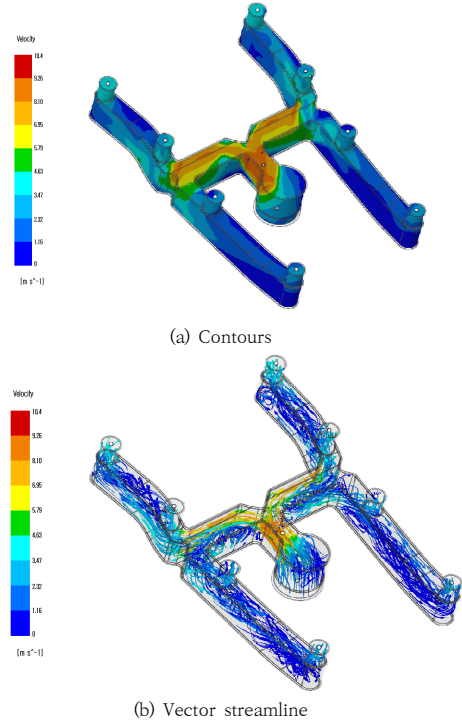


Fig. 14. Flow analysis result (Velocity, Plenum type)

Table 4. Flow analysis result (Velocity, Plenum type)

Hole name	Plenum type [m/s]
1-INR	3.66
2-INR	3.01
3-INR	2.40
4-INR	2.42
1-OTR	3.50
2-OTR	3.31
3-OTR	2.43
4-OTR	2.32
Average	2.88
Standard deviation	0.519

Fig. 15과 Table 5는 기존 Plenum type 유로 내부의 압력장 유동해석 결과이다. 최고 압력은 1-INR 통풍구 표면에서 7.99 Pa, 최저 압력은 3-OTR 통풍구 표면에서 2.71 Pa이며 표면 평균 압력은 4.51 Pa로 산출되었다.

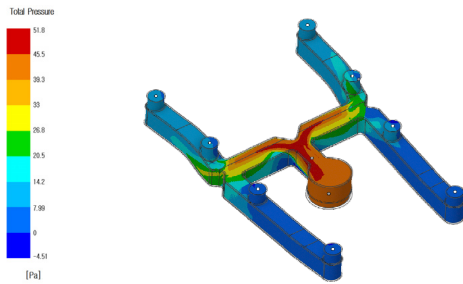
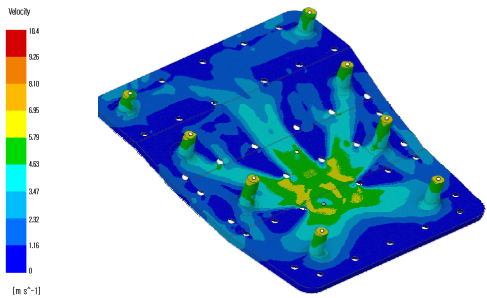


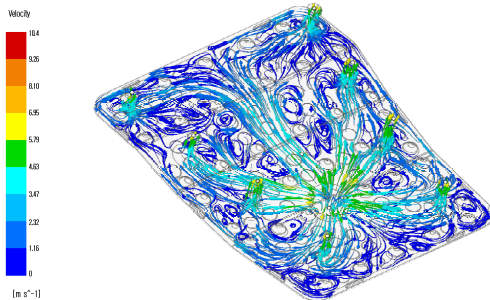
Fig. 15. Flow analysis result
(Total pressure, Plenum type)

Table 5. Flow analysis result
(Totoal Pressure, Plenum type)

Hole name	Plenum type [Pa]
1-INR	7.99
2-INR	3.87
3-INR	3.16
4-INR	3.26
1-OTR	7.40
2-OTR	4.52
3-OTR	2.71
4-OTR	3.17
Average	4.51
Standard deviation	2.046



(a) Contours



(b) Vector streamline

Fig. 16. Flow analysis result (Velocity, Improved research model)

동일한 경계조건을 사용하여 개선 연구모델의 유동 해석을 수행하였다. Fig. 16과 Table 6는 각 통풍 배출구별 풍속 성능을 유동 해석을 통하여 산출한 데이터이다. 2-OTR 통풍구에서 6.68 m/s의 최고 통풍 성능이 산출되었으며, 3-OTR 통풍구에서 5.73 m/s의 최저 통풍 성능이 산출되었다. 이 연구 모델의 전체 통풍구 평균 유속은 6.13 m/s로, 기존제품 대비 약 112 %의 평균 유속 성능이 향상된 것을 확인하였다. 표준편차는 0.176로 산출되었다.

Table 6. Flow analysis result
(Velocity, Improved research model)

Hole name	Improved research model [m/s]
1-INR	6.07
2-INR	6.38
3-INR	6.07
4-INR	6.45
1-OTR	5.94
2-OTR	6.39
3-OTR	6.15
4-OTR	6.33
Average	6.22
Standard deviation	0.176

Fig. 17과 Table 7은 개선 연구 모델의 유로 내부의 압력장 유동 해석 결과이다. 최고 압력은 4-INR 통풍구와 2-OTR 통풍구 표면에서 27 Pa로 산출되었고, 최저 압력은 1-INR 통풍구 표면에서 24.7 Pa로 산출되었으며 표면 평균 압력은 25.92 Pa로 산출되었다. 기존 Plenum Type 유로와 비교 하였을 때 각 통풍구 표면 압력이 비교적 더 균일하게 예측이 되었다.

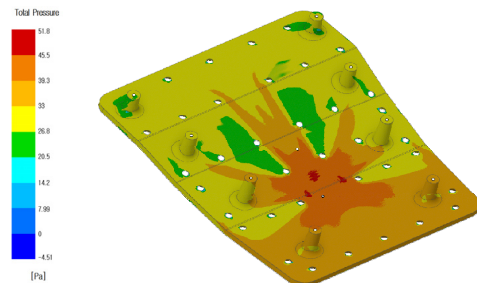


Fig. 17. Flow analysis result (Total pressure, Improved research model)

Table 7. Flow analysis result (Totoal Pressure, Improved research model)

Hole name	Improved research model [Pa]
1-INR	24.7
2-INR	26.7
3-INR	25.7
4-INR	27.0
1-OTR	24.8
2-OTR	27.0
3-OTR	25.1
4-OTR	26.4
Average	25.92
Standard deviation	0.974

Fig. 18과 Table 8은 기존제품과 연구모델에 대한 해석 결과 데이터를 비교한 것이다. 연구모델은 기존 대비 각각 평균 115 %로 두 배 이상의 성능 개선을 보였으며, 특히 기존제품 대비 개선 연구모델의 통풍구 유속 균일도 또한 약 196 %의 높은 균일도 개선을 보였다.

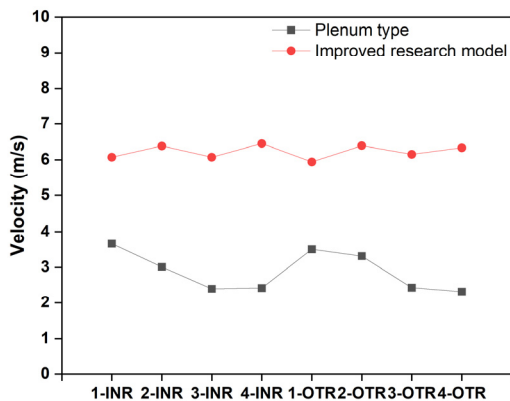


Fig. 18. Velocity performance comparison (Flow analysis)

Table 8. Comparison of performance (Flow analysis)

Hole name	Plenum type	Improved research model
	[m/s]	
1-INR	3.66	6.07
2-INR	3.01	6.38
3-INR	2.40	6.07
4-INR	2.42	6.45
1-OTR	3.50	5.94
2-OTR	3.31	6.39
3-OTR	2.43	6.15
4-OTR	2.32	6.33
Average	2.88	6.22
Standard deviation	0.519	0.176

Fig. 19의 (a)와 (b)는 기존의 Plenum Type의 유로와 개선 연구 모델 각각의 4-INR 통풍구에서 발생하는 공기 회오리의 형상을 비교한 것이다. 개선모델의 엠보싱 구조로 인한 공기 회오리의 발생이 기존 모델대비 크게 발생하는 것으로 해석결과가 도출이 되었으며 이로 인해 통풍구의 평균유속이 상승함으로써 통풍 성능의 개선이 이루어질 것이라 판단하였다.

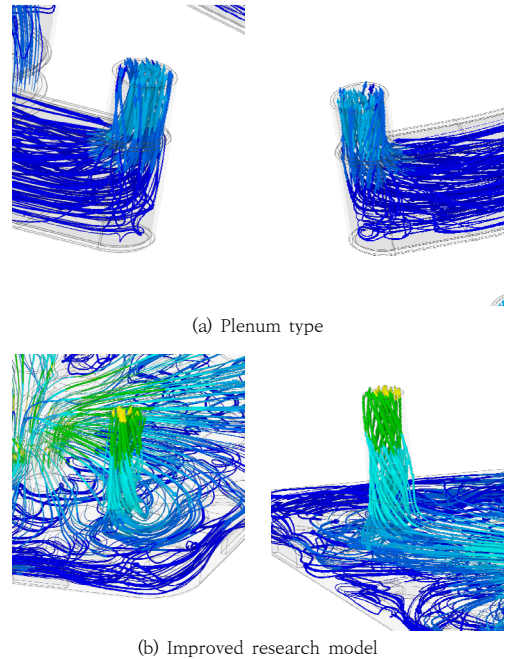


Fig. 19. Flow analysis result (Velocity, Improved research model)

4. 실험 결과

앞장의 해석 결과를 바탕으로 설계 변수를 확정된 후 상세 설계 후 시작품을 Fig. 20와 같이 제작하였다. (a)는 제작된 유로 키트 사진이며 내부에는 수십 개의 반달형 엠보싱으로 구성되었다. (b)는 시험을 위하여 블로워 및 유로를 조립한 사진이며 실험중 이를 통하여 공기를 공급하였다.

(c)는 시트 패드와 일체형으로 발포한 시험편으로 실험에 사용되었다. 이 제품을 조립 구성하여 모델별 유속을 구하였다.

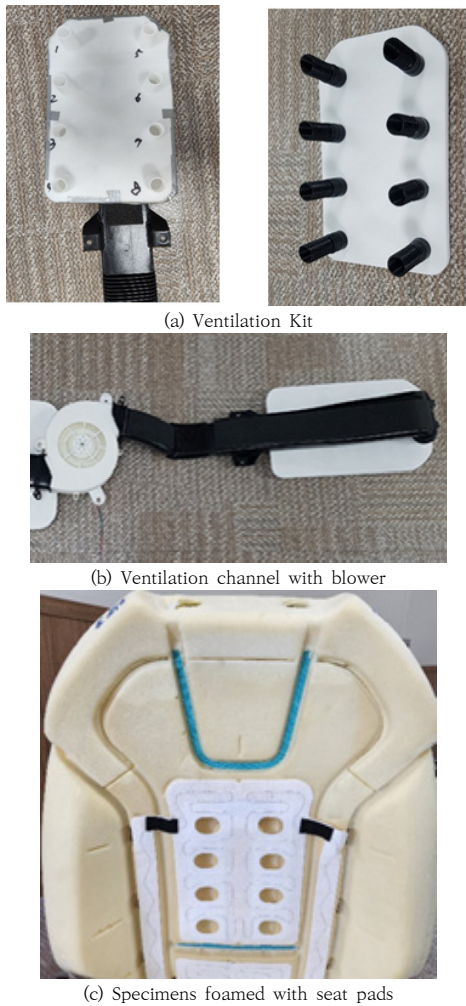


Fig. 20. Test specimen of the proposed model

Fig. 21과 Table 9은 기존 Plenum 방식의 통풍 유로와 연구모델인 개선 통풍 유로의 시제품을 2.1 절의 방법과 같이 통풍 성능을 시험한 결과를 비교하였다. 최저 유속 성능을 보인 3-OTR의 성능은 2.36 m/s, 최고 유속 성능은 3.25 m/s의 성능을 보였다. 통풍구의 평균 유속 성능은 2.76 m/s를 보였고, 표준편차는 0.284 이다. 연구모델 시제품의 경우 최저 유속 성능을 보인 4-INR의 성능은 4.54 m/s, 최고 유속 성능을 보인 3-INR은 5.60 m/s의 성능을 보였다. 통풍구의 평균 유속 성능은 5.10 m/s를 보였고, 표준편차는 0.385 이다. 각 통풍 토출구의 유속 시험 평가의 결과는 Table 8과 같다. 또한 개선모델은 기존의 Plenum type의 모델 대비 평균 96.01 %의 성능향상을 보였다.

한편 Fig. 20과 같이 3장의 유동 해석 결과를 비교하였을 때 성능시험 결과가 유사함을 보이고 있으나 다만 소폭 낮은 경향이 있는데 이는 실제 실험에서 발생하는 공기 유동 시 유로의 마찰을 비롯한 유속 손실을 해석에 고려하지 않았기 때문이다. 또한 실험을 진행하며 개선 연구모델의 2-OTR 배출구의 통풍 유속이 해석 결과와 달리 타 배출구들보다 월등히 높은 수치가 계속이 되었는데, 반복 실험 결과 비슷한 경향이 관찰되었다. 이를 통해 실험에서의 특이점이 있다고 판단하였으나 본 연구에서는 특이점을 발견하지 못하여 추후 후속 연구에서 이 특이점에 대한 연구 또한 필요하다고 사료 된다. 따라서 Fig. 20에서 개선연구모델의 2-OTR의 성능 데이터는 표기하지 않았다.

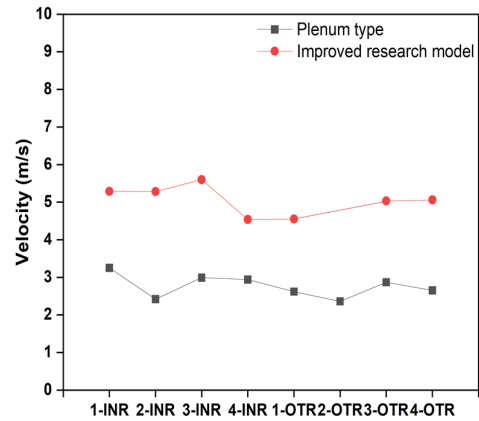


Fig. 21. Velocity performance comparison (Test result)

Table 9. Comparison of performance (Test result)

Hole name	Plenum type	Improved research model
	[m/s]	
1-INR	3.25	5.29
2-INR	2.42	5.28
3-INR	2.99	5.60
4-INR	2.94	4.54
1-OTR	2.62	4.55
2-OTR	2.36	-
3-OTR	2.87	5.03
4-OTR	2.65	5.06
Average	2.76	5.10
Standard deviation	0.284	0.385

5. 결론

본 연구는 자동차 시트의 통풍 유로 시스템에 대하여 기존제품의 성능을 개선할 수 있도록 유로 형상 단순화와 엠보싱을 적용하였고 이를 기존제품과 성능 비교를 위하여 유동 해석을 진행하였다. 이후 연구모델의 시제품을 제작하여 성능 평가 시험을 진행하였으며 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- 1) 기존제품과 연구모델을 설계하고 유동 해석을 실시하여 개선모델의 성능 개선을 검증하였다. 기존제품은 통풍구 평균 유속 2.88 m/s로 확인되었고, 개선연구모델의 경우 평균 유속 6.22 m/s로 약 116 %의 성능 개선을 확인하였으며 각 통풍구의 성능 균일도 또한 약 195 %의 높은 균일도 개선을 확인하였다.
- 2) 성능시험 결과 H 형상 유로를 가진 Plenum type의 기존제품의 쿠션패드 전체 통풍구 평균 유속은 2.76 m/s를 보였고, 유로 형상의 개선 및 유로 엠보싱을 적용한 개선 연구모델의 통풍구 평균 유속은 5.10 m/s를 보이며 연구모델이 약 84.78 %의 성능개선이 있는 것을 확인하였다. 이는 유로의 형상이 공기의 충돌을 최소화하고 엠보싱을 적용하여 공기 와류를 생성하여 공기의 통풍구 배출 균일도를 개선하였기 때문이라고 사료된다.
- 3) 한편 개선연구모델의 시제품 실험에서 해석결과와 달리 2-OTR 배출구의 이상 데이터 계측으로 특이점이 있을것이다 판단하였으나 여타 특이점을 발견하지 못하였으므로 추후 후속 연구에서 이 특이점에 대한 연구가 필요하다.
- 4) 본 연구를 바탕으로 향후 실제 제품을 통한 실질적인 통풍 성능 검증을 위하여 소비자 사용조건으로 실차 환경 평가를 실시하여 통풍 시스템의 성능 최적화 연구를 수행할 예정이다.

References

- [1] H. S Cho, J. U Cho, "Improvement Study at Pipe Line and Function Evaluation of Ventilation Seat by CFD", *Proceedings of the conference of the Korean Society of Mechanical Engineers*, Korean Society of Mechanical Engineers, Korea, No.08, pp.32-33, Aug. 2014.
- [5] D. W. Lee, T. Y. Park, S. J. Chung, C. S. Jeong, Y. H. Wang, "Experimental Study of Cooling and Heating Performance of HVAC Connected Climate Control Seats", *Korean Society of Automotive Engineers Spring Conference*, The Korean Society Of Automotive Engineers, Korea, No.5, 315-321, May. 2015.
- [3] S. W. Choi, S. H. Lee, H. T. Bum, Y. G. Kim, "A Study on the Flow Rate Change due to Fan Blower Position of Ventilation Seat Cushion", *Proceedings of the KSMPE Conference*, The Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Korea, pp.118-118, Oct. 2017.
- [4] Y. J. Ju, B. Y. Kim, E. S. Jeon, "Correlation Analysis of Ventilation Seat Chamber by Air Discharge and Support Arrangement", *Proceedings of the Korean Society of Precision Engineering Conference*, Korean Society for Precision Engineering, Korea, pp.596-596, Oct. 2019.
- [5] Y. J. Ju, E. S. Jeon, B. Y. Kim, "Analysis of Thermal Comfort according to the Arrangement of the Outlet in the Closed Ventilation Chamber", *Proceedings of the Korean Society of Precision Engineering Conference*, Korean Society for Precision Engineering, Korea, pp.736-736, Sep. 2020.
- [6] D. K. Oh, H. H. Lee, S. Y. Park, K. J. Lee, "Estimation of Air Flow Rate in Ventilated Automotive Seat Considering Its Deformation", *Transaction of the Korean Society of Automotive Engineers*, Vol.25, No.6, pp.787-793, Nov. 2017.
DOI: <https://dx.doi.org/10.7467/KSAE.2017.25.6.787>
- [7] C. K. In, S. H. Kwak, C. H. Kim, K. B. Kim, H. S. Jo, S. H. Seo, T. S. Myung, B. C. Min, "Analysis of Ventilating Seat Comfort Temperature for Improving the Thermal Comfort inside Vehicles", *Emotional science*, Vol.23, No.4, pp.33-40, 2020.
- [8] H. H. Lee, T. K. Kim, K. J. Lee, "Estimation of Air Flow Rate in Automotive Ventilated Seat", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol.17, No.12, Dec. 2016.
- [9] K. W. Han, J. Y. Kim, C. H. Lee, M. H. Choi, S. G. Kim, Y. K. Kim, B. C. Chang, D. U. Yang, Y. G. Jung, "Compact Cold and Warm Ventilation Seat Module System for Vehicle", *Korean Electrical Society Conference Proceedings*, The Korean Institute of Electrical Engineers, Korea, pp.174-175, Oct. 2018.
- [10] S. H. Kook, H. P. Ha, J. H. Cho, "Experimental Study of Design factors effect on Air flow of Ventilated Automotive Seat", *Korea Society of Automotive Engineers Autumn Conference and Exhibition*, The Korean Society Of Automotive Engineers, Korea, pp.426-433, Nov. 2018.

최 석 민(Suk-Min Choi)

[정회원]



- 1996년 2월 : 금오공과대학교 기계설계공학과 (공학사)
- 1995년 12월 ~ 2020년 12월 : 현대 트랜시스 시트연구소 팀장
- 2021년 1월 ~ 현재 : 대성파이넥 기술연구소 상무
- 2023년 8월 : 공주대학교 테크노 융합 대학원 (공학석사)

〈관심분야〉

자동차 내장재

김 기 선(Key-Sun Kim)

[종신회원]



- 1955년 2월 : 인하대학교 대학원 공학박사
- 1994년 3월 ~ 2020년 2월 : 공주대학교 기계자동차공학부 교수
- 2020년 6월 ~ 현재 : 이스턴에프 티씨 부설연구소

〈관심분야〉

자동차 부품 및 공정

이 동 진(Dong-Jin Lee)

[준회원]



- 2022년 2월 : 공주대학교 기계자동차공학부 자동차공학전공 (공학사)
- 2023년 2월 ~ 현재 : 공주대학교 일반대학원 기계공학과 석사과정

〈관심분야〉

자동차 부품 구조 및 유동 해석

안 종 록(Jong-Rok An)

[정회원]



- 2015년 3월 ~ 2017년 2월 : 공주대학교 생산기계공학과 (공학사)
- 2017년 3월 : 공주대학교 테크노 융합대학원 기계자동차 융합전공 (공학석사)
- 2010년 1월 ~ 현재 : 이스턴에프 티씨 부설연구소

〈관심분야〉

자동차 부품 및 공정, 스마트 팩토리