

다단 에어셀 충전 밸브성형기술에 관한 연구

김미숙, 박동삼*
인천대학교 대학원 기계공학과

A Study on the Forming Technology of Multi-stage Aircell Filling Valves

Mi-Suk Kim, Dong-Sam Park*

Department of Mechanical Engineering, Incheon National University

요약 오늘날 EU환경규제로 포장용 완충재로 사용되는 EPS(스티로폼) 대체용 공기 충전 완충재는 출시 이후 점진적으로 시장이 확대되는 포장업계 블루칩이다. 공기충진형 완충재는 뛰어난 완충능력과 친환경성으로 EPS를 대체하여 빠르게 시장을 확장하고 있다. 기존 공기 충전 완충재에 대비하여 원료절감과 공정향상, 직관적 미관 향상을 모두 충족하는 새로운 선택 충전형 공기 충전재 제조기술이다. 본 연구는 다단 에어셀 충전 밸브성형기술은 선택충전 기술을 바탕으로, 밸브형성 구조 기술을 적용하여 선택적으로 다양한 형태로 충진이 가능한 기술이다. 다단 에어셀 충전 밸브성형기술의 구조도는 밸브단이 구분된 제1주입필름, 밸브필름, 제2주입필름 등 3겹의 필름을 적층하여 복수의 주입구를 형성한 기술이다. 기존의 기술은 연결된 다수의 공기주머니에 공기를 주입하기 위한 별도의 외부 공기주입로가 필수적으로 구성되어야 하나, 본 연구는 공기주머니의 내부에 외부 공기주입로가 형성되어 공기를 주입하기 위한 외부 공기주입로가 외견상 없어짐으로써 그에 따른 원재료 및 공정이 감소하고, 공기가 주입되어 원형 튜브로 팽창하는 과정에서 단면의 길이가 63~66%로 축소되는 공기주머니와 다르게 공기주입 후 내부 공기가 배출되고 단면이 원래의 길이를 유지하여 불필요하게 접힌 채 붙어 있는 외부 공기주입로를 내부에 일체화 하여 완충재의 미관이 향상되는 기술적 특징과 다수의 연속된 공기주머니에 선택적으로 공기를 충전할 수 있는 선택충전에 관한 것으로 기존 기술대비 뛰어난 차별성을 갖는 스마트한 공기충진형 완충재 제조 기술이다.

Abstract Today, due to the environmental regulations regarding air pollution in the EU, the use of EPS (Styrofoam) as the cushioning material in the packaging industry is decreasing. In effect, air cushioning based cushioning materials are rapidly expanding into the market and replacing EPS, due to their excellent buffering ability and environmental friendliness. This is a new selective filling type air filling material manufacturing technology that affords improvements in the amount of raw materials required, its processing and its aesthetic appearance compared to the conventional air filling cushioning materials. In this study, a multi-stage air cell filling valve molding technology is developed based on selective filling technology, which allows packages to be selectively filled in various forms by applying valve forming structure technology. This multi-stage air cell filling valve molding technology is a technique in which a plurality of injection ports are formed by laminating three layers of films, viz. a first injection film, a valve film, and a second injection film having valve ends. In the conventional technology, a separate external air injection path for injecting air into a plurality of connected air bags is needed. However, in the proposed system, an external air injection path is formed inside the air bag. Due to the lack of need for an injection furnace, the raw material and process are reduced and air is injected and then discharged, while the air bag is reduced in length to 63 ~ 66% of its normal value. The outer surface of the outer air injection path is integrated inside by maintaining the original length of the cross section, while the unnecessary folded air is injected into the interior of the air bag. This smart air filling type cushioning material manufacturing technology constitutes a big improvement over the existing technologies.

Keywords : Air cell, Filling valve, Multi - stage, Molding technology, Selective filling technology

*Corresponding Author : Dong-Sam Park(Incheon National Univ.)

Tel: +82-32-835-8418 email: dspark@inu.ac.kr

Received October 23, 2017

Revised October 31, 2017

Accepted December 8, 2017

Published December 31, 2017

1. 서론

본 연구는 이미 주요 세계 시장을 선점하고 있는 해외 기술과 경쟁하기 위한 수단으로, 기존의 공기주입형 완충재에 대비하여 원료절감과 공정 및 직관적 미관 향상을 모두 충족하는 새로운 공기충진형 완충재 및 선택 충전형 유체 충전재 제조 기술에 관한 것이다.

기존의 기술은 연결된 다수의 공기주머니에 공기를 주입하기 위한 별도의 외부 공기주입로가 필수적으로 구성되어야 하나, 본 연구는 공기주머니의 내부에 외부 공기주입로가 형성되어 공기를 주입하기 위한 외부 공기주입로가 외견상 없어짐으로써 그에 따른 원재료 및 공정이 감소하고, 공기가 주입되어 원형 튜브로 팽창하는 과정에서 단면의 길이가 63~66%로 축소되는 공기주머니와 다르게 공기주입 후 내부 공기가 배출되고 단면이 원래의 길이를 유지하여 불필요하게 접힌 채 붙어 있는 외부 공기주입로를 내부에 일체화 하여 완충재의 미관이 향상되는 기술적 특징과 다수의 연속된 공기주머니에 선택적으로 공기를 충전할 수 있는 선택충진에 관한 것으로 기존 기술대비 뛰어난 차별성을 갖는 스마트한 공기충진형 완충재 제조 기술이다.

오늘날 EU환경규제로 포장용 완충재로 사용되는 EPS(스티로폼) 대체용 공기 충전 완충재는 출시 이후 점진적으로 시장이 확대되는 포장업계 블루칩이다.[1]

다단 에어셀 충전 밸브성형 기술이란 공기 충전형 완충재를 형성하기 위한 밸브기술에 관한 것이다. 선택 충전형 공기 충전재 제조기술을 바탕으로, 밸브형성 구조 기술을 적용하여 선택적인 다단 충진이 가능한 기술이다. 선택 충전형 공기 충전재 제조기술을 바탕으로, 밸브형성 구조 기술을 적용하여 선택적인 다단 충진이 가능한 기술이다.

2. 본론

2.1 밸브성형 기술개념

연속된 밸브를 구비한 공기주머니성형 기술은 <Fig.1>의 공기주머니성형 기술 개념도(Air bag molding technology concept map)와 같이 2장으로 이루어진 제1외피필름(The first valve film)과 제2외피필름(The second shell film) 사이에 용착부를 중심으로 상하로 외피필름보다 짧

은 밸브역할의 제1밸브필름(The first valve film)과 제2밸브필름(The second valve film)을 내부에 용착하여 고정하고, 제1밸브필름과 제2밸브필름 사이 적어도 1면에 내열제(Heat resistance agent)를 도포하여 공기 충전 과정에서 분리되도록 형성한다. 분리되는 제1외피필름과 제1밸브필름 사이로 공기가 충전되면, 충전공간의 내부압력에 의하여 제1밸브필름과 제2밸브필름이 제1외피필름에 압착됨으로써 밀폐력을 갖는 구조로 일반적인 차폐밸브와 그 구조가 유사하다. 기존의 기술은 연결된 다수의 공기주머니에 공기를 주입하기 위한 점선으로 표시한 별도의 외부 공기주입로(Outside air injection)가 필수적으로 구성되어야 한다.

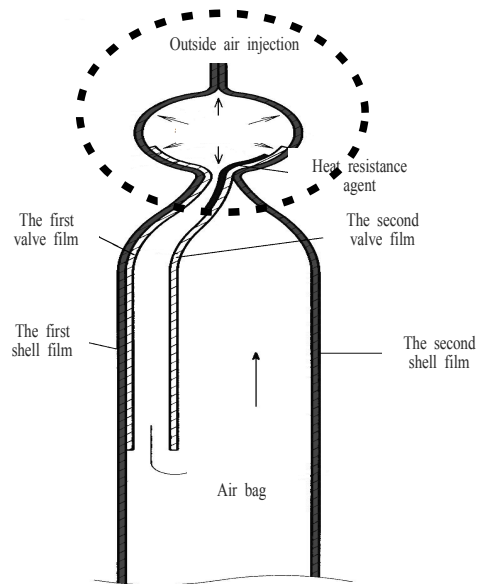


Fig. 1. Air bag molding technology concept map

그러나 다단 에어셀 충전 밸브성형 기술밸브형성 기술은 <Fig.2>의 밸브 상세 단면도(Valve detail section)와 같다. 플라스틱필름을 덧대어 용착하여 고정하고, 용착부에 내열제(Heat resistance agent)를 도포하여 공기 충전 과정에서 분리되도록 형성한다. 분리되는 제1외피필름(The first shell film)과 제1밸브필름(The first valve film) 사이로 공기가 충전되면, 충전공간의 내부압력에 의하여 제2밸브필름(The second valve film)과 제1밸브필름이 제1외피필름에 압착됨으로써 밀폐력을 갖는 밸브가 된다. 성형된 밸브 형상도(Valve shape)는 <Fig.3>와 같다. [2]

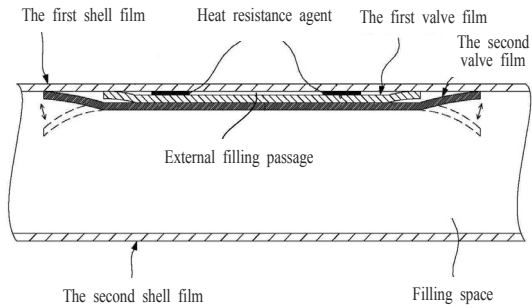


Fig. 2. Valve detail section

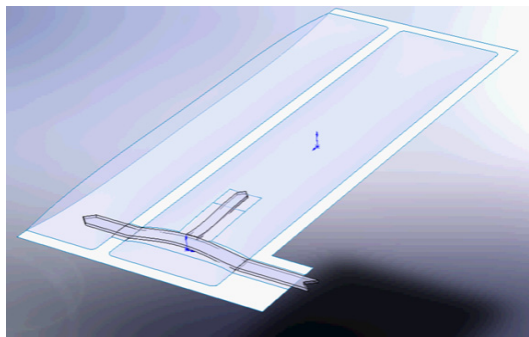


Fig. 3. Valve shape

2.2 선택충진 기술

선택충진 기술은 <Fig.4>의 각각의 셀에 선택적으로 기술 상세 단면도(Selective filling technology detail)와 같이 각각 별도의 밸브를 갖는 병렬구조의 공기충진 공간으로 충전공간 내부의 어떤 위치에든, 필요한 부분 어디라도 놓일 수 구조이다.

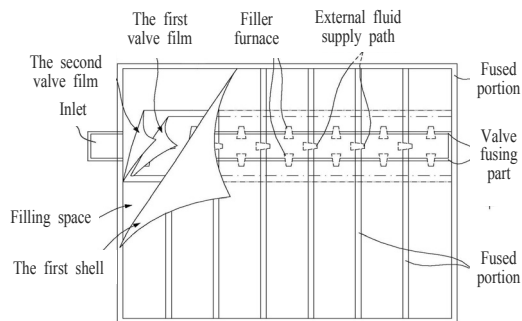


Fig. 4. Selective filling technology detail

<Fig.5>는 선택충진 기술을 적용한 제품의 상세도 (Products with selective filling technology)에 대한 설명이다. 외부유체 공급로(External fluid supply path)를 형

성하여 용착부(Fused portion)를 제외한 화살표의 충전 방향(Direction)으로만 공기를 모두 충전한 후에도 외부 유체공급로(External fluid supply path)가 아닌 이질적인 외부충진통로 등이 존재하지 않는다. 공기주머니 외에 불필요한 부분이 사라져 기능성과 미관을 향상시킬 수 있어서 물품의 포장재 외에도 다양한 용도로 사용할 수 있는 선택충진 기술이다.

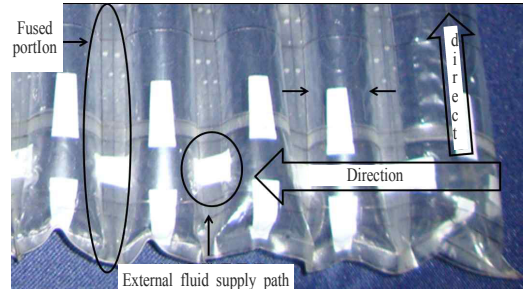


Fig. 5. Products with selective filling technology

2.3 다단 에어셀 충전 밸브성형기술

다단 에어셀 충전 밸브성형기술은 상기 2.2의 선택충진 기술을 바탕으로, 상기 2.1의 밸브형성 구조 기술을 적용하여 선택적으로 다양한 형태로 충전이 가능한 기술이다. <Fig.6>와 같이 A구역(A zone)과 B구역(B zone)의 2개의 셀에 선택적충진한 제품으로 꺾,凸 모양 등 다양한 형태로 충전이 가능하고 셀의 구분은 무한으로 가능하다.



Fig. 6. Cell filling shapes of two (A zone, B zone)

또한 다단 에어셀 충전 밸브성형기술의 구조도는 <Fig. 7>와 같이 밸브단이 구분된 제1주입필름(The first injection film), 밸브필름(Valve film), 제2주입필름(The second injection film) 등 3겹의 필름을 적용하여 복수의 (2~∞) 주입구를 형성한 기술이다.

더 상세히 설명하면 다수개의 외형필름 상기 외형필름의 내측으로 개재되는 다수 개의 밸브필름 상기 밸브

필름이 외형필름의 일면에 용착되는 공정에 의해서 형성되며, 외부 유체(공기, 액체 등)의 주입을 위해 일정간격을 두고 배치되는 다수의 제1외부 유체(A:Air)주입 밸브상기 밸브필름은 용착 공정에 의해서 형성되며, 냉매 등의 주입을 위해 상기 제1외부 공기주입 밸브와 서로 교호적으로 배열되는 다수의 제2외부 유체(B:Liquid, Refrigerant)주입 밸브는 상기 외형필름과 상기 밸브필름의 용착 공정에 의해서 형성된다.

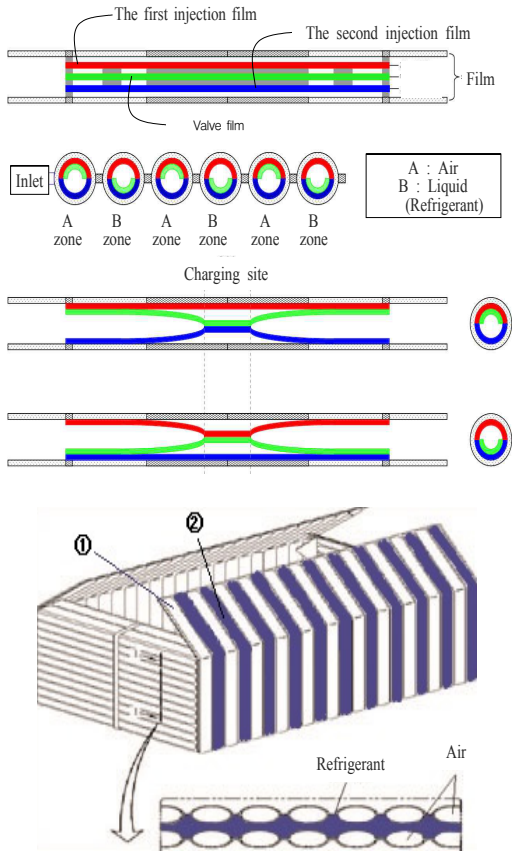


Fig. 7. Multi-stage air cell filling valve molding technology

기존 기술과 달리 외부의 충전통로가 충전공간에 일체화된 형상(Integral valve shape)으로, <Fig. 8>의 원형부분처럼 충전 후 별도의 외부충진통로가 없고 에어셀구역과 충전로구역으로 구성되어 원자재의 낭비 및 에어의 손실이 없고 각 셀에 충전되는 공정기술로 제품의 미관이 깔끔한 특징을 가진다.

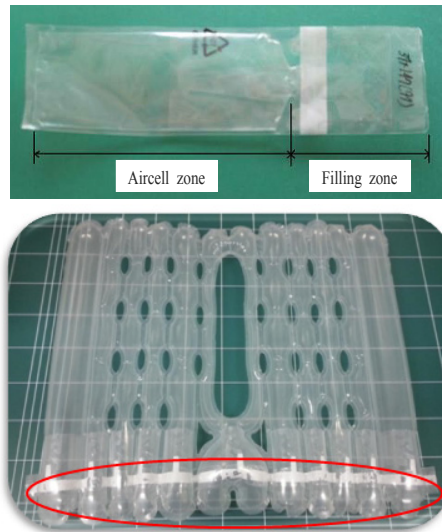


Fig. 8. Integral valve shape

기존의 공기 충전형 완충재의 경우 공기만을 충전하여 선택적인 충전의 필요성이 없었으나 본 기술은 공간을 선택하여 충전하는 기술이다. <Fig. 9>의 시제품으로 개발한 냉장 포장재(Applying multi-stage air cell filling valve molding technology Frozen packaging prototype) 같은 경우, 중량이 무거운 냉매를 충전하는 구조로 사용 환경에 따른 중량 감소를 위한 선택적인 충전 기술이 필수적으로 필요하며, 향후 추가적인 제품을 개발하는데 있어 매우 중요한 기술이다. 다만 에어셀 충전 밸브성형 기술을 적용한 사례인 냉장 포장재는 공기층(Air layer)과 냉매층(Refrigerant layer)을 2개의 셀에 선택적으로 충전한 사례로 셀의 구분은 무한으로 가능하므로 냉장유통 환경에 따른 냉매층 조절이 가능하다. 포장재 또는 포장박스 분야 적용될 경우, 유체주머니의 폭 또는 두께를 적절히 조절하면, 선택 충전형 포장재 본체에, 요홈(凹)이 형성된다. 이 요홈 사이에 포장물품을 수납할 경우, 포장물품의 수납 기능성을 향상시킬 수 있다. 다시 말해, 포장되는 물품 중에는 운반 중에 흔들리지(유동되지) 않아야 되는 물품들이 있는데, 이러한 물품은 상기 요홈 사이에 끼워서 포장할 수 있다. 전술한 용착 공정에 있어서, 각각의 필름의 재질의 특성에 따라, 용착 공정은 열 용착, 고주파 및 초음파 용착 등과 같은 여러 가지 용착 방법으로 변형 가능하다.



Fig. 9. Applying multi-stage air cell filling valve molding technology Frozen packaging prototype

본 연구의 기술개념은 <Fig. 7>와 같이 ①은 냉매충진공간, ②는공기충진공간으로 구분하여 선택적인 충진을 통한 중량 감소 및 냉매 효율성의 효과를 가지게 된다.

2.4 기존 기술과의 차별성

기존 기술은 제품 포장재 내부에 첨부하는 EPS를 대체하기 위하여 개발 되어, <Fig. 10>의 기존 기술제품(Existing technology products)은 원형으로 표시된 부분과 같이 충전 후 불필요 부분(Unnecessary part)이 존재하는 외부충진통로로 인하여, 원자재 낭비와 추가 공정이 필요하며 미관이 불량하여 개별적인 제품화에는 한계를 보이고 있다. [3][4][5][6]



Fig. 10. Existing technology products

본 기술은 <Fig. 11>과 같이 기존의 문제점(Functional buffer product)을 해결함으로써 다양한 제품에 적용이 가능하다. 다단 에어셀 충전 밸브성형기술은, 원자재 감소와 공정감소, 미관향상 및 상기 냉장포장재와 같이 중량 및 냉매량의 조절을 가능하게 할 수 있는 유일한 기술이다.

2.5 다단 에어셀 충전 밸브 적용제품

<Fig. 11>와 같이 다양한 기능성 융합이 되고 폭넓게 적용될 기능성 완충제품(Air cushion), PVC를 대체할 친환경 소재의 안전성 강화튜브(PVC material tube), 포장비용과 물류비용을 감소한 포장재(Packaging material), 냉장능력이 탁월한 냉장 포장재(Refrigerated packaging) 등 시장에서 제품의 경쟁력을 확보하게 하는 기술이다.

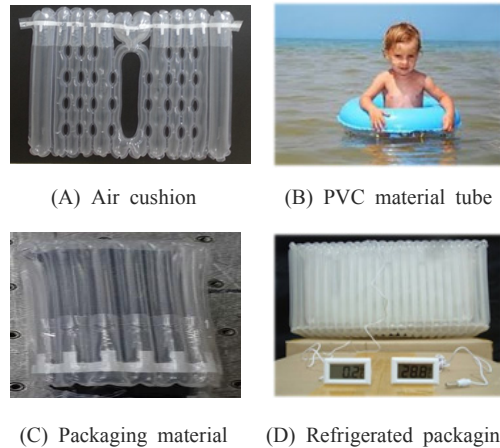


Fig. 11. Functional buffer product

3. 실험방법

3.1 압축하중 시험

<Fig. 12>의 만능재료시험기(Universal Testing Machine)를 이용해 에어 셀 시료를 파괴 시 까지 압축하고자하는 거리의 90%, 시험속도 10mm/min으로 <Table 1>의 3개의 시료를 <Table 2>과 같이 압축하여 그 때까지 견디를 힘(N)을 산출한다.[3]



Fig. 12. Universal Testing Machine

Table 1. Three samples (multi-stage air cell filling valve, company A, company B)

| Sample | Sample Photo |
|---------------------------|--------------|
| Multi-stage air cell fill | |
| company A | |
| company B | |

Table 2. Compression test process

| Sample | Test result | | |
|---------------------------|-----------------|-----------------------------------|----------------|
| | Before the test | During the test (90% compression) | After the test |
| Multi-stage air cell fill | | | |
| company A | | | |
| company B | | | |

각각의 다단 에어셀 충전밸브, A사, B사와 비교 시험을 통해 그 하중을 구한 결과가 <Table 3>과 같이 1810N, 1206N, 980N으로 다단 에어셀 충전밸브의 압축 성능이 높게 산출되었다.

Table 3. Compression test result

| Sample | Test result | | |
|---------------------------|-------------------|--------------------------|--------------------------|
| | Destruction (○,X) | 50% compression load (N) | 90% compression load (N) |
| Multi-stage air cell fill | X | 173 | 1810 |
| company A | X | 103 | 1206 |
| company B | X | 105 | 980 |

Test Methods : According to KS M ISO 604:208[7]

3.2 내평처 시험(Puncture resistance)

<Fig. 13>의 만능재료시험기를 이용해 에어 셀 시료 필름면에 빠른 속도로 뾰족한 치구에 의한 구멍의 발생 정도를 모형화한 시험으로서, <Table 1>의 3개의 시료를 고정 치구에 결속한 후 시험속도 500mm/min로 반경이 3.175mm인 내평처 금속핀을 압축시켜 파손될 때까지 시험한다. <Table4>와 같이 내평처 tester로 압축했을 때 셀면에 구멍이 발생 할 때까지 견디는 힘(N)을 산출한 결과가 <Table5>과 같이 시료의 내평처 발생 장비를 멈추고 하중을 기록한 결과가 각각의 다단 에어셀 충전밸브, A사, B사 순으로 159N, 107N, 90N으로 다단 에어셀 충전밸브의 내평처 성능이 높게 산출되었다.[4]

Table 4. Puncture resistance process

| Sample | Test result | |
|---------------------------|-----------------|----------------|
| | Before the test | After the test |
| Multi-stage air cell fill | | |
| company A | | |
| company B | | |

Table 5. Puncture resistance test result

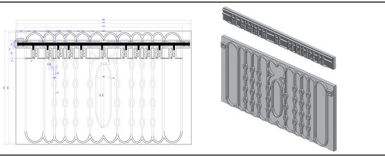
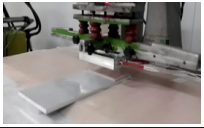
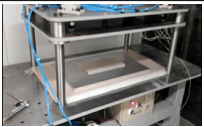

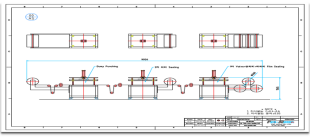
| Sample | Test result |
|---------------------------|------------------------------|
| | Puncture resistance Load (N) |
| Multi-stage air cell fill | 159 |
| company A | 107 |
| company B | 90 |

Test Methods : According to MIL-STD-2065[8]

4. 개발공정 및 설비

<Table.4> 과 같이 기술개발을 기획하고 금형설계 후 열판과 금형제작, 유압 프레스 제작하여 초음파 용착기, 유압 프레스, 열판·공압 프레스, 공기유입기 등 개발설비를 이용해 다단 에어셀 충전 밸브성형 기술을 개발하였다. (①기술개발기획 및 금형설계→②프레스제작→③프레스 설비제작→④공기유입기 제작 후 공기주입→⑤양산설비 설계)

Table 6. Development process

| | |
|---|---|
| ① |  |
| ② |  |
| ③ |  |
| ④ |  |
| ⑤ |  |

5. 결론

다단 에어셀 충전밸브, A사, B사와 비교 시험을 통해 1. 압축하중 시험결과가 1810N, 1206N, 980N으로 다단 에어셀 충전밸브의 압축 성능이 높게 산출되었고 2. 내평처시험에서도 159N, 107N, 90N으로 다단 에어셀 충전밸브의 내평처 성능이 높게 산출되었다. 세계에서 유일하게 공기주머니 내부에 일체화하여 밸브를 형성하는 기술이며, 기존 기술 대비 비용을 절감하고 디자인에 대한 각 부분을 개선하여 절대적인 경쟁력을 갖는다. 선택 충전형 기술은 완충재, 생활소비재, 냉장포장재에 적용

되어 기존제품들에 비하여 높은 가격 경쟁력을 확보할 수 있고, 향후 추가적으로 개발되는 제품의 기초 기술로써 공기 충전형 완충재 제조 기술 분야에서 새로운 시장을 창출할 것이다. 본 연구는 지속적으로 성장하는 공기 충전형 완충재 시장에서, 가격경쟁력과 향상된 미관으로 완충재 시장을 확대하는 촉매역할을 하고 미미한 국내 관련 업체의 매출 증대에도 기여할 수 있으며 수입대체 효과를 가질 수 있다. 특히, 본 연구는 기존기술의 한계점을 극복하여, 공기충진형 완충재 시장뿐만 아니라 생활 전반에 다양한 형태의 제품에 적용이 가능하여 EPS 등 합성발포체를 대체함으로써, 폐기물에 따른 환경오염도 줄일 수 있다.

References

- [1] “Revision EU Restriction of Hazardous Substances Directive(RoHS II) Guide to Practical Guidance”, KOREA ELECTRONICS ASSOCIATION, pp. 2-3, 2011.
- [2] Ju, Min Su, “Fluid filler with integrated valve”, HTTP://www.kipo.go.kr, 2013.
- [3] Woo Sub, Kim, Tae Kwon, Heat transfer characteristics with materials of the filler and flow path in vehicle washer heater system, Cha, *KAIS*, vol. 15, no. 5, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2014.15.5.2628>
- [4] Lee, Jae-Heon, Comparison of performance of cooling tower with various shape of packings , *KJARE*, vol. 10, no. 3, 1998.
- [5] K. H. Lee, Jae-Heon, Lee, H. Y. So “Thermal performance of a counter - flow cooling tower with various shape of packings”, *KJARE*, vol. 1996, 1996.
- [6] C. S. Lee, “Comparison of migration testing methods for plastic food packaging materials”, Thesis (Master), Kangnung National University, Food Science, 1999.
- [7] KS M ISO 604:208 Plastics - Measurement of compressibility
- [8] MIL-STD-2065 DEPARTMENT OF DEFENSE TEST METHOD STANDARD - Puncture Resistance

김 미 숙(Mi-Suk Kim)

[정회원]



- 2018년 2월 : 한양대학교 일반대학원 (기계공학박사)
- 2012년 8월 : 한양대학교 공학대학원 (기계공학석사)
- 2009년 7월 ~ 2014년 2월 : (주)블렛스인더스트리 선임연구원
- 2014년 3월 ~ 현재 : 인하공업전문대학 기계과 교수

<관심분야>

기계/재료, CAD/CAM

박 동 삼(Dong-Sam Park)

[정회원]



- 1981년 2월 : 서울대학교 기계설계학과 (공학사)
- 1983년 2월 : 서울대학교 기계설계학과 (공학석사)
- 1992년 3월 : 서울대학교 기계설계학과 (공학박사)
- 1993년 3월 ~ 현재 : 인천대학교 기계공학과 교수

<관심분야>

기계/재료, 정밀가공