

# 사판 식 축 피스톤 펌프 밸브블록의 구조개선에 관한 연구(2)

김정화\*<sup>#</sup>, 신미정\*\* , 김명규\*\*\*

\*경남대학교 기계공학과, \*\* (주)선진기술, \*\*\*경남과학기술대학교 기계공학과

## A Study on Structural Improvement of the Swashplate Axial Piston Pump Valve Block (2)

Jeong-Hwa Kim <sup>\*#</sup>, Mi-Jung Shin <sup>\*\*</sup>, Myung-Kyu Kim <sup>\*\*\*</sup>

<sup>\*</sup>School of Mechanical Engineering, Kyungnam UNIV., <sup>\*\*</sup>SJT LTD,

<sup>\*\*\*</sup>Department of Mechanical Engineering, GNTECH UNIV.

(Received 1 December 2017; received in revised form 13 December 2017; accepted 3 January 2018)

### ABSTRACT

This study aims to provide ways to achieve structural improvements of the internal flow path of the discharge plenum of a swash plate piston pump valve block vulnerable to cracks. This paper corresponds to Part II, which consists of a structural interpretation of the internal flow path of the discharge plenum of the valve block. The simple model result reviewed in Part I was incorporated into the valve block model and five different design changes were reviewed as part of the study on the structural improvement of the internal flow path of the valve block.

**Key Words :** Valve Block(밸브블록), Piston Pump(피스톤 펌프), Axial Piston Pump(축 피스톤 펌프), Finite Elements Method(유한요소법)

### 1. 서 론

펌프에 포함되어 있는 밸브블록은 외부에서 흡입 되는 유로와 토출 유로, 그리고 토출 압력, 유량을 조절하기 위한 부품이다. 이전 연구에서 개발 중인 펌프에 적용된 밸브블록에 크랙이 발생하여 수치 해석을 통한 원인 분석을 하는 연구를 수행하였다<sup>[1]</sup>.

본 연구는 Part I과 Part II로 나누어 정리하였으며, Part I에서는 구조개선 방안을 찾기 위해 관심영역인 밸브블록 내부 유로 형상위주로 작성된 간략화 모델을 이용하여 구조개선 방안을 검토하였다.

본 논문은 연구의 Part II에 해당되며, Part I에서 검토된 간략화 모델에 적용된 방안을 밸브블록 모델에 적용하여 최대 등가 응력 140MPa이하를 목표로 블록 내부 유로의 구조 개선을 검토하였다.

### 2. 간략화 모델을 이용한 구조 개선 검토 결과가 적용된 밸브블록 모델 해석

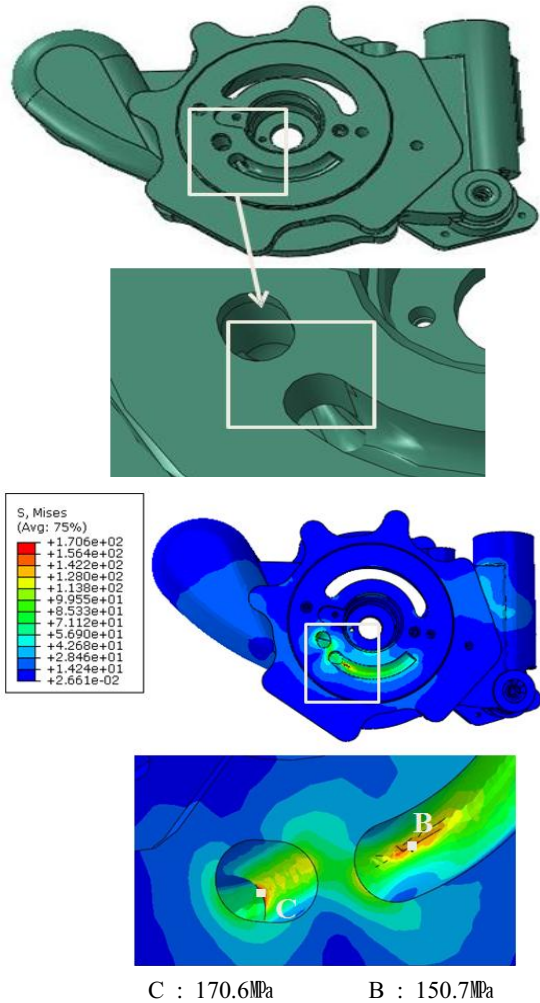
Part I에서 검토된 간략화 모델을 이용한 구조 개선 검토 결과를 제품에 적용하여 수치해석을 실시하였다. Fig. 1은 Part I에서 검토된 설계 변경 안 3을 반영한 밸브블록 모델 및 해석 결과이다. 간략화 모델에서 계산된 보강 Bar의 아랫부분은 응력은 185.1MPa이었으나, 밸브블록의 구조해석 결과 최

# Corresponding Author : powersid@hanmail.net

Tel: +82-55-249-2607, Fax: +82-505-999-2160

Copyright © The Korean Society of Manufacturing Process Engineers. This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-Noncommercial 3.0 License (CC BY-NC 3.0 <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

### 3. 구조 개선 검토



**Fig. 1** Valve block model and analytical results that reflect the design change plan 3 reviewed in Part I

대 등가 응력은 170.6MPa로 간략화 모델 대비 응력이 비교적 낮게 나왔다. 이는 Part I에서 간략화 모델 검토 시 밸브블록 해석결과 대비 15MPa 가량 응력 값이 높게 나왔던 것을 감안하면 충분히 납득할 수 있는 결과이다. 이 결과는 안전율 1.11로, AC4A-T6 의 항복강도인 190MPa를 초과하지 않으나, 응력분포가 한곳에 집중되어 있고, 1.11의 안전율이 안심할 수 있는 수치가 아니므로, 아직 개선이 필요하다고 판단된다. (목표 : 최대 등가 응력 : 140MPa 이하)

Chapter 2의 밸브블록 해석 결과를 보면 안전율 1.11로, 최대 등가 응력이 항복강도를 초과하지 않았으나, 추가적인 안전율 확보가 필요하므로 형상 변경에 따른 응력 값의 변화를 검토하기로 하였으며, Chapter 2의 모델을 기준으로 하여 5가지의 형상 변경 안을 제시하였다.

Fig. 2는 형상 변경 1안에 적용된 변경 안에 대한 형상이며, Fig. 3은 형상 변경 1안에 대한 해석 결과이다. Chapter 2의 기본 형상에서 바닥을 평평하게 하여 응력 감소 효과를 기대하며 형상 변경 및 구조 해석을 실시하였고, 그 결과 Chapter 2 대비 “C”부의 응력은 6MPa, “B”부의 응력은 18MPa 가량 감소하였음을 알 수 있다. 그러나 개선 후 최대 등가 응력이 목표치인 140MPa를 여전히 초과하고 있고, 현재의 구조는 Part I의 초기 모델 대비 유로의 크기가 많이 줄어들었으므로 추가적인 보완이 필요하다고 판단된다.

Fig. 4는 형상 변경 2안에 적용된 변경 안에 대한 형상이다. 형상 변경 1안에서 홀을 10mm 뒤로 밀어내어 유동체적을 확보하였다. Fig. 5는 형상 변경 2안에 대한 해석 결과이다. 형상 변경 안 1 대비 응력 집중 부의 응력이 “C”부의 응력은 6.4 MPa, “B”부의 응력은 25.5MPa 증가하는 결과를 보여 준다. 유로확보를 위한 형상 변경이 강성에 악영향을 준 것으로 보이며, 형상 변경 2안 역시 추가적인 보완이 필요하다고 판단된다.

Fig. 6은 형상 변경 3안에 적용된 변경 안에 대한 형상이다. 강성 확보를 위해 형상 변경 2안에서 보강 바를 확대하였으며, 본 연구의 Part I에서 검토하여 응력 분산의 효과가 입증되었던 내부 유로에 구배형상을 추가하였다. Fig. 7은 형상 변경 3안에 대한 해석 결과이다. 보강 바 확대 및 구배형상이 추가 후 최대 응력 집중 부는 “C”에서 “C”로 이동하였다. 이는 보강 바의 확대와 상부 1mm를 제거한 영향으로 보이고, 응력 집중 부의 전체적인 응력이 20MPa 가량의 감소된 결과를 보여준다. 그러나 개선 후 최대 등가 응력이 목표치인 140MPa를 여전히 초과하고 있으므로 추가적인 보완이 필요하다고 판단된다.

Fig. 8은 형상 변경 4안에 적용된 변경 안에 대한 형상이다. 형상 변경 3안의 응력 집중 부인 “C”와 “C”부의 보강을 위해 해당 부위의 라운드 값을 크게 하였다. Fig. 9는 형상 변경 4안에 대한 해석 결과이다. 형상 변경 안 3 대비 “C”부의 응력은 13MPa 가량 감소하여 기준치인 140MPa 이하로 내려갔으나, “B”부의 응력은 9MPa 가량 증가하여, 기준치인 140MPa를 만족하지 못하였다.

Fig. 10은 형상 변경 5안에 적용된 변경 안에 대한 형상이다. 유체가 흐르는 골의 높이를 전체적으로 1mm 상승시켰다. Fig. 11은 형상 변경 5안에 대한 해석 결과이다. 최대 등가 응력이 131.5MPa로 모든 부분의 응력이 기준치를 만족시켰다. 형상 변경 1안은 Part I의 연구보다 전체적인 응력이 감소하였으나, 목표 응력을 초과하여 적용이 불가능하다. 형상 변경 2안은 형상 변경 1안에서 유동체적을 확보하기 위한 형상 변경을 하면서 전체적인 응력이 증가를 하여 적용이 불가능하다. 형상변경 3안은 형상 변경 1안과 2안 대비 전체적인 응력이 감소를 하였으나, 목표 응력을 초과하여 적용이 불가능하다. 형상 변경 4안은 “C”부는 목표 응력을 만족하였으나, “B”부가 목표 응력을 초과하여 적용이 불가능하다. 형상 변경 5안은 모든 부위의 응력이 목표 응력 이하로 분포되어 적용이 가능함을 알 수 있다.

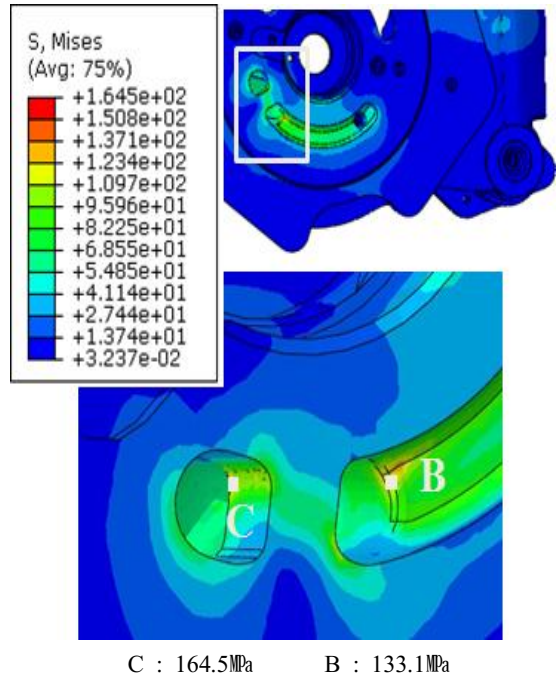


Fig. 3 Analysis results of the design change plan 1

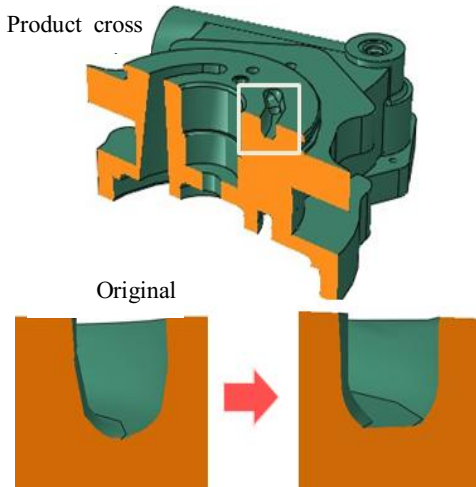


Fig. 2 Shape applied in design change plan 1

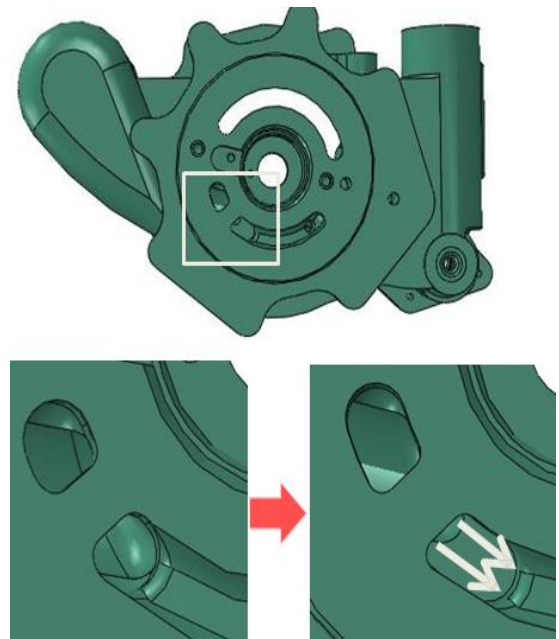


Fig. 4 Shape applied in design change plan 2

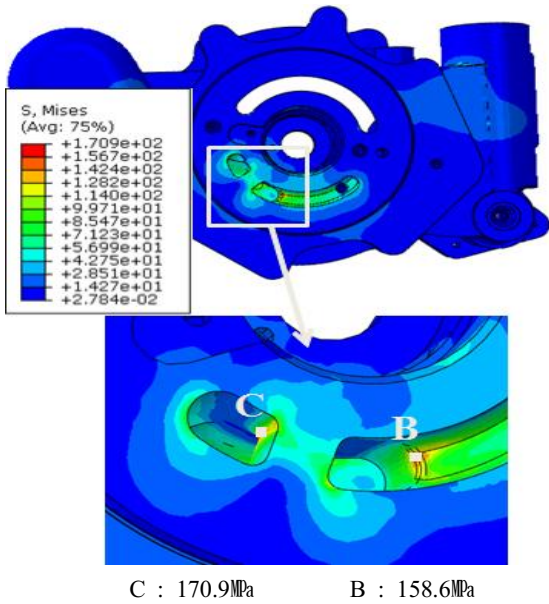


Fig. 5 Analysis results of the design change plan 2

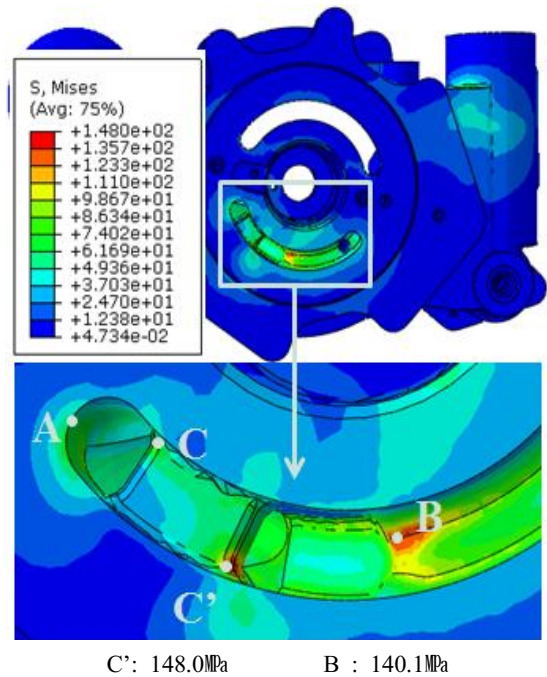
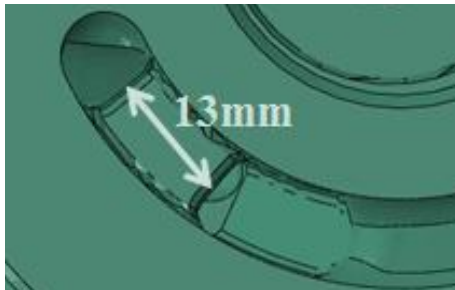
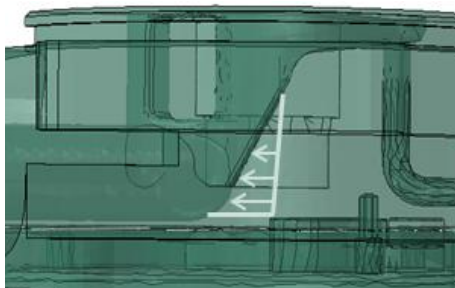


Fig. 7 Analysis results of the design change plan 3

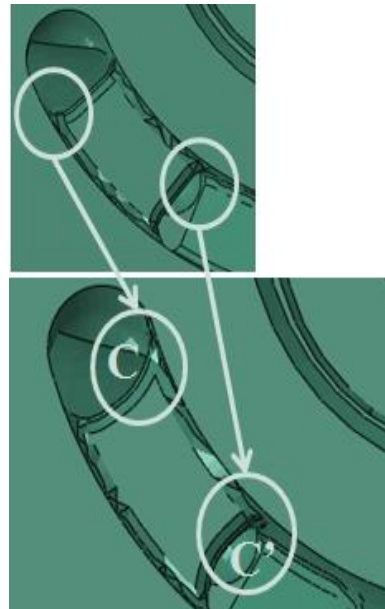


(a) Expansion of reinforcement bar and removal of upper 1 mm



(b) Change to a gradient shape

Fig. 6 Shape applied in design change plan 3



R expansion for reinforcement at point C and point C'

Fig. 8 Shape applied in design change plan 4

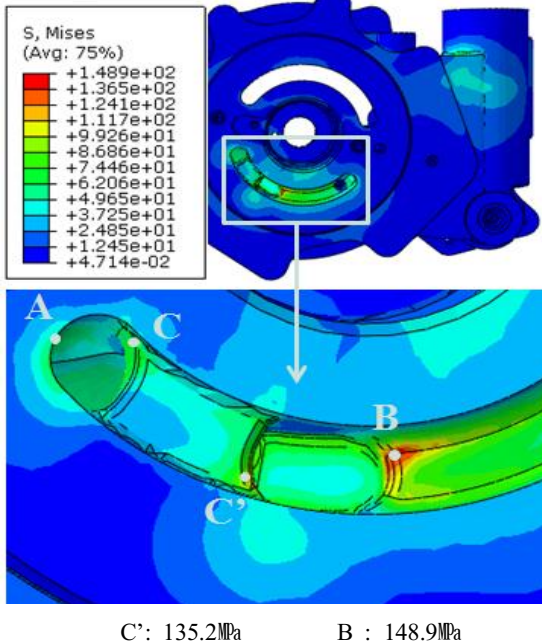


Fig. 9 Analysis results of the design change plan 4

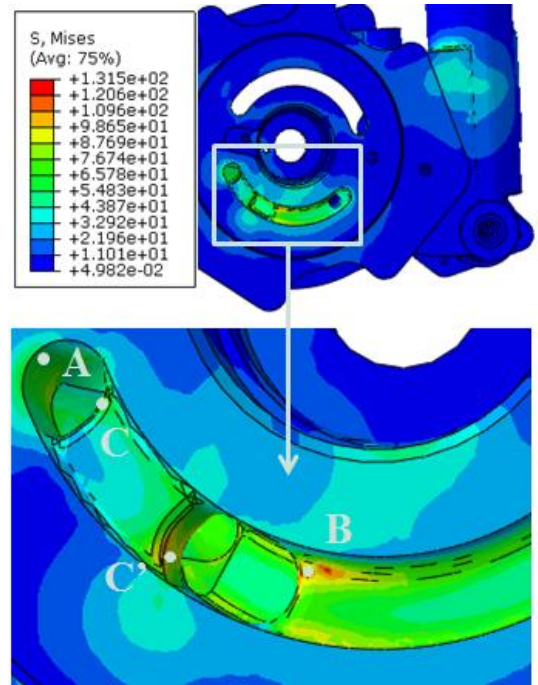


Fig. 11 Analysis results of the design change plan 5

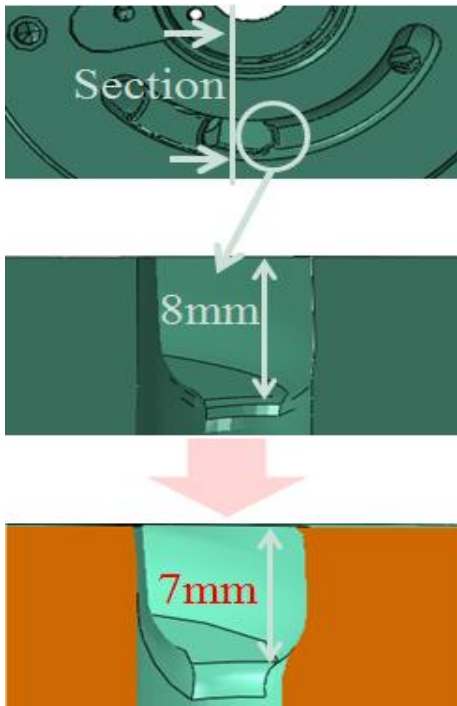


Fig. 10 Shape applied in design change plan 5

#### 4. 설계 검토 및 고찰

Part I에서 검토되었던 초기 형상과 비교하여 변경된 내용을 정리하면 다음과 같다.

1. 초기 형상에서 두께 13mm, 높이 19mm의 보강 바가 설치되면서, “B”부는 기존보다 14mm 후퇴하였다.
2. 유체가 흐르는 골의 바닥을 평평하게 하였고, 골의 높이를 1mm 상승시켰다.
3. “B”부 아래로 경사를 추가하여 원활한 유체의 흐름과 응력을 감소시키는 역할을 하게 하였다.

#### 5. 결 론

지금까지 Part I의 1차검토 내용을 바탕으로 밸브블록 내부유로의 안전을 확보를 위해 형상 변경안 5가지를 검토하였다. 그 결과는 다음과 같다.

1. Part I에서 간략화 모델을 이용하여 도출된 연구결과를 밸브블록 모델에 적용하여 구조해석을 실시한 결과 전체적인 응력분포 경향은 동일하였으나, 간략화 모델 대비 최대 등가응력이 약간 높게 나왔다. 이는 Part I의 연구에서 간략화 모델이 밸브블록 모델 대비 최대 등가 응력이 높았던 것을 감안하면 납득 가능한 결과로 보인다.
2. 형상 변경 1안은 Chapter 2의 형상에서 바닥을 평평하게 하여 응력 분산 효과를 기대하였다. 구조해석 결과 Chapter 2 대비 응력 감소가 있었으나, 목표치인 140MPa를 여전히 초과하고 있으므로 추가적인 보완이 필요하다고 판단된다.
3. 형상 변경 2안은 1안에서 홀을 10mm 뒤로 밀어 내어 유동체적을 확보하였다. 해석 결과 1안 대비 응력 집중 부의 값이 증가하는 결과를 보였다. 유로확보를 위한 형상 변경이 강성에 악영향을 준 것으로 보이며, 2안 역시 추가적인 보완이 필요하다고 판단된다.
4. 형상 변경 3안은 2안에서 보강 바를 확대하였으며, 내부 유로에 구배형상을 추가하여 응력 분산 효과를 기대하였다. 그 결과 최대 응력 집중 부의 위치가 이동하였고, 전체적으로 2안 대비 응력 감소가 있었으나, 목표치인 140MPa를 여전히 초과하고 있으므로 추가적인 보완이 필요하다고 판단된다.
5. 형상 변경 4안은 3안의 응력 집중 부의 보강을 위해 해당 부위의 라운드 값을 크게 하였다. 그 결과 3안 대비 응력 분포 값이 전체적으로 감소하였고, 이슈가 되었던 응력 집중 부 중 일부는 목표치 안으로 들어갔으나, 아직 전체적으로 목표치인 140MPa를 여전히 초과하고 있으므로 추가적인 보완이 필요하다고 판단된다.
6. 형상 변경 5안은 4안에서 유체가 흐르는 골의 높이를 전체적으로 1mm 상승시켰다. 그 결과 전체적인 응력이 140MPa이하로 분포가 되어 목표치를 만족하였다. 하지만 유동단면적이 초기 모델과 비교하여 20% 가량 감소하였으므로, 그 영향이 제품에 미칠 영향에 대해서는 추후에 추가적인 연구를 진행하겠다.

## 후 기

“이 논문은 2017년도 대학회계 연구비 지원에 의하여 연구되었음.”

## REFERENCES

1. Kim, J. H., “A Study on the Structural Analysis of the Valve Block of Axial Piston Pump with a Swash Plate Type”, Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 15, No. 3, pp. 52-57, 2016.
2. SolidENG Co., Ltd., “ABAQUS Fundamentals and Applications”, Yeamoonsa, pp. 83-98, 2015.
3. V-ENG Co., Ltd., “ABAQUS tutorial for beginners and intermediate users”, BB-Media, pp. 197-213, 2013.
4. Thomas, J., Norman, C., Crandall, H., An Introduction to the Mechanics of Solids, Mcgraw-Hill College, pp. 36-63, 1972.
5. Kwak, J. Y., Jeon, I. J., Park, S. E., Lee, Y., “Improvement of the Performance of the Supersonic Abrasive Blasting Nozzle”, Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 15, No. 2, pp. 9-15, 2016.
6. Kim. B. H., Ahn. K. C., Chung. S. W., Kim. Y. H., “Development of the Linear Piston Pump Driven by the Hydraulic Power for the Solid Transferring”, Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 9, No. 2, pp 82-89, 2009.
7. Nam, K. S., Choi, J. K., Choi, H. M., Kim, J. K., Yeum, S. H., Lee, S. S., “Study on the Improvement of Strength of Excavator Attachments Considering the Field Environment”, J.of KSMPE, Vol. 15, No. 1, pp. 122-128, 2016.
8. Lee, W. S., An, B. S., Kim, J. H., Lee, J. C., Woo, B. G., Lee, Y. S., “A Study on Structural Safety of Integrated Machine for Grindin Wheel Forming”, Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 15, No. 2, pp. 84-88, 2016.