



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

2023년 8월  
석사학위 논문

정밀기계부품용 Core Index  
Type 이중 사출 연결 Bolt  
구조의 강도해석에 관한 연구

조선대학교 산업기술창업대학원

융합자동차공학과

이 준 호

정밀기계부품용 Core Index  
Type 이중사출연결 Bolt  
구조의 강도해석에 관한 연구

A study on Strength Analysis of core Index  
Type Double Injection Equipment  
Connection Bolt Structure for Precision  
Machinery Parts

2023년 8월 25일

조선대학교 산업기술창업대학원

융합자동차공학과

이 준 호

정밀기계부품용 Core Index  
Type 이중사출연결 Bolt  
구조의 강도해석에 관한 연구

지도교수 김 재 열

이 논문을 공학석사학위 신청논문으로 제출함

2023년 4월

조선대학교 산업기술창업대학원

융합자동차공학과

이 준 호

# 이준호의 석사학위논문을 인준함

위원장 조선대학교 부교수 김 지 훈 (인)

위 원 조선대학교 부교수 이 성 준 (인)

위 원 조선대학교 교 수 김 재 열 (인)

2023년 5월

조선대학교 산업기술창업대학원

## 목차

LIST OF TABLES .....	iii
LIST OF FIGURES .....	iv
ABSTRACT .....	v
제 1 장 서론 .....	1
제 1 절 연구배경 .....	1
제 2 절 연구내용 .....	7
제 2 장 이중 사출 성형방법의 원리 .....	8
제 1 절 이중사출 개념 및 방식 .....	8
제 2 절 인서트 혹은 트랜스퍼 방식(Insert or Transfer Type) .....	10
제 3 절 로터리 방식(Rotary Type) .....	12
제 4 절 턴테이블 방식(Turn Table Type) .....	14
제 5 절 스피폼 방식(Spin Form Type) .....	16
제 6 절 인덱스 코어 방식(Index Core Type) .....	18
제 3 장 이중 사출 금형 설계를 위한 축 구조해석 .....	20
제 1 절 공학적 문제 해결 위한 구조해석 .....	20
제 2 절 축의 거동에 따른 구조해석 .....	23
제 3 절 축의 거동에 따른 다물체 동역학 해석 및 고찰 .....	28
제 4 장 결론 .....	41

REFERENCE ..... 42

## LIST OF TABLES

Table 1. Results of simulation According to Different casses ..... 27



## LIST OF FIGURES

Fig. 1 Outline of forming and shaping processes for plastics, elastomers, and composite materials. ....	1
Fig. 2 Common extrusion die geometeries .....	2
Fig. 3 Illustration of mold features for injection molding. (a) Two-plate mold with important features identified. (b) Schematic illustration of the features in a mold. ....	2
Fig. 4 Types of molds used in injection molding: (a) two-plate mold; (b) three-plate mold; and (c) hot-runner mold.. ....	3
Fig. 5 Double Injection Products .....	4
Fig. 6 Double Injection Process Sequence .....	5
Fig. 7 Double Turntable System and Index Core System Of a Double Injection System .....	5
Fig. 8 Type of Injection Moulding .....	6
Fig. 9 Injection Machine Exclusively For Insert/Transfer .....	11
Fig. 10 Manual Insert System .....	11
Fig. 11 Insert Dedicated Mold .....	11
Fig. 12 Rotary Injection Machine .....	12
Fig. 13 Rotary Exclusive Mold .....	13

Fig. 14 Rotary Exclusive Type Plate ..... 13  
 Fig. 15 Injection Machine Exclusive For Turn Table ..... 14  
 Fig. 16 Turn Table Mold ..... 15  
 Fig. 17 Patterned Appearance ..... 15  
 Fig. 18 Spin Form Type Plane Mounting Appearance ..... 16  
 Fig. 19 Front Mounting Appearance Of Spin Form System ..... 17  
 Fig. 20 Index Type Mold Basic Structure ..... 19  
 Fig. 21 Rotation After Projection Of Required Part Using Index ..... 19  
 Fig. 22 A Solution To An Engineering Problem ..... 21  
 Fig. 23 CAE Tool - COMSOL Multiphysics ..... 21  
 Fig. 24 Structure Analysis Object Model Of Double Injection ..... 23  
 Fig. 25 Displacement Accompanying serco Motor Operation ..... 24  
 Fig. 26 Analysis Model simplification ..... 25  
 Fig. 27 Core Mass Setting (900kg, 1200kg, 2000kg) ..... 25  
 Fig. 28 Equivalent Stress Analysis In Axial Behavior According  
 To Core Weight ..... 26  
 Fig. 29 Stress Maximum Generating Part ..... 27

Fig. 30 Core Support Shaft Structure Of Index Core  
 Rotary Type Double ..... 28

Fig. 31 Core Support Shaft 3D Model Of Index Core Rotation Type  
 Double Injection ..... 29

Fig. 32 Core Support Shaft 3D model Simplification Of Index Core  
 Rotation System Double Injection ..... 29

Fig. 33 Domain and Boundary Condition Settings for Analysis Models .. 30

Fig. 34 Analysis Model Status, Projection And Rotational Status ..... 31

Fig. 35 Shaft behavior without bolt ..... 31

Fig. 36 Behavior of the shaft on the pulling situation ..... 32

Fig. 37 Von-Misses stress (MPa) - Shaft ..... 33

Fig. 38 Von-Misses stress (MPa) - Bolt ..... 34

Fig. 39 Z-axis displacement ..... 35

Fig. 40 Result value according to the core mass (With frictional force)  
 (a) Stress of index shaft (b) Stress of bolt (c) Z-axis  
 displacement ..... 36

Fig. 41 Result value according to the core mass (Without frictional force)  
 (a) Stress of index shaft (b) Z-axis displacement (b) Stress of  
 bolt 37

Fig. 42 Normal response analysis ..... 39

Fig. 43 Difference in the stress concentration of the bolt depending on  
the frictional force ..... 40

## ABSTRACT

### A study on Strength Analysis of core Index Type Double Injection Equipment Connection Bolt Structure for Precision Machinery Parts

Jun Ho Lee

Advisor : Prof. Kim Jae-Yeol Ph.D

Department of convergence

Automotive Engineering

Graduate School of Chosun

University

Recently, the need to increase injection capacity has been raised to cope with the increase in demand for double injection products, making it inevitable to use cores that have increased in weight compared to before. However, in the index core rotation method, structural stability of the core support of the existing injection equipment is essential to use the increased core. Due to the nature of the injection equipment, safety problems and cost problems arise in the structural change or experimental optimization process, so the problem solving method using CAE tool was selected.

The results of the weight increase of the core were derived through structural analysis, and the stability of the axis by motion such as protrusion and rotation of

the core axis was first reviewed through ANSYS structural analysis. In addition, the stability of each member supporting the core was analyzed secondarily using the COMSOL tool to analyze the safety of the support shaft according to the increase in core weight of the index core rotation method.

As a result of the study, it was confirmed that the yield stress value of the material on the axis was not exceeded due to the increase in core weight, but it was confirmed through a multi-physical analysis that shaking in the Z-axis occurred during behavior. This shaking is confirmed to be reduced by the application of friction force between the core and the index axis, which offsets the stability of the core and the stress applied to the bolt and affects stability. As the weight of the core increases, permanent deformation of the shaft or bolt does not occur, but the amount of slack on the Z axis increases, so it is necessary to establish a core weight increase standard based on this.

# 제1장 서론

## 제1절 연구 배경

사출성형(Injection molding)은 성형 공정의 하나로 용해된 플라스틱이나 엘라스토머 등의 물질을 주형에 주입시킴으로써 여러 형태의 제품을 만드는 제조 공정이다. Pellet, Granules, Powder 형태의 소재를 이용하여 주로 복잡한 형태나 다양한 크기의 제품을 만들고, 얇은 두께, 높은 생산률, 낮은 생산 비용, 높은 제품 치수 정밀도를 가지는 것이 특징이다. 플라스틱이나 엘라스토머를 이용한 성형 공정은 1800년대부터 시작되었으며, 1920년도부터 플라스틱에 대한 개발이 진행되며 급격하게 제조 공정이 발전되었다. 1970년도에는 강화 플라스틱이 도입되고, 최근 복합 소재에 대한 공정 발전이 진행되고, 다양한 어플리케이션에 대한 적용이 시도되고 있다. 이 공정은 열을 이용하여 소재를 녹임으로써 낮은 에너지가 소모된다. 이 공정들은 형태와 방식에 따라서 Fig. 1과 같이 분류할 수 있다.<sup>(1),(2)</sup>

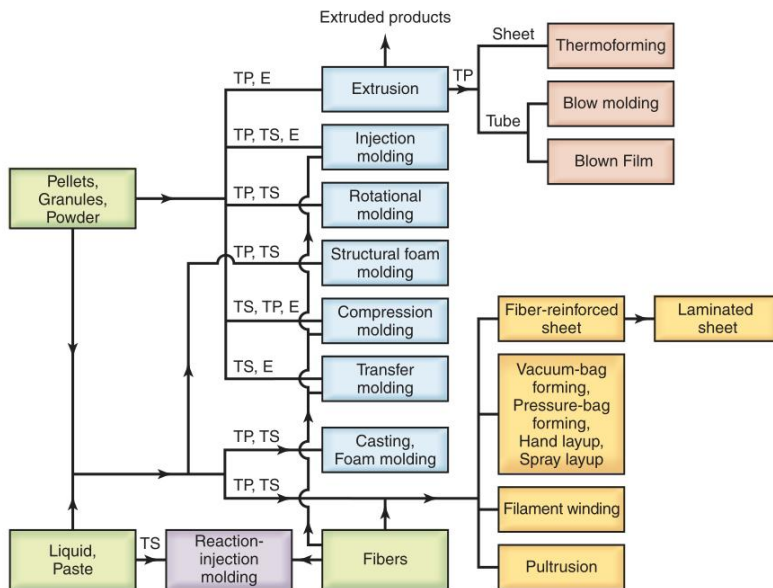


Fig. 1 Outline of forming and shaping processes for plastics, elastomers, and composite materials. (TP = Thermoplastic; TS = Thermoset; E = Elastomer.)[1]

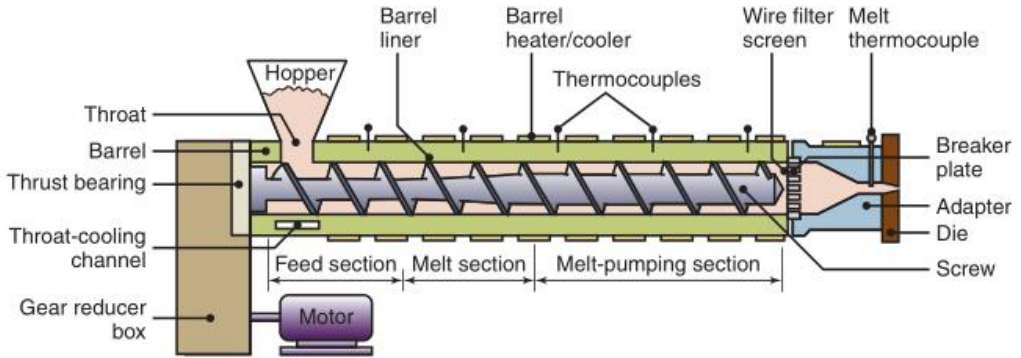


Fig. 2 Common extrusion die geometries

사출성형에서 Fig. 2와 같이 Pellet, Granules, Powder 형태의 소재는 Hopper에 주입되며 스크류에 의해 금형에 주입된다. 주입된 소재는 Hopper의 Heater에 의해 녹아 금형 방향으로 이동한다. 소재의 녹는 정도에 따라 Feed section, Melt section, Melt-pumping section으로 구분할 수 있다. Hopper에 의해 사출되는 소재는 최종적으로 Fig. 3 (a)의 Cavity에 충전되며, Fig. 3 (b)에서와 같이 개략도의 Sprue, Runner, Gate를 통과하여 이동한다.<sup>(3)~(9)</sup>

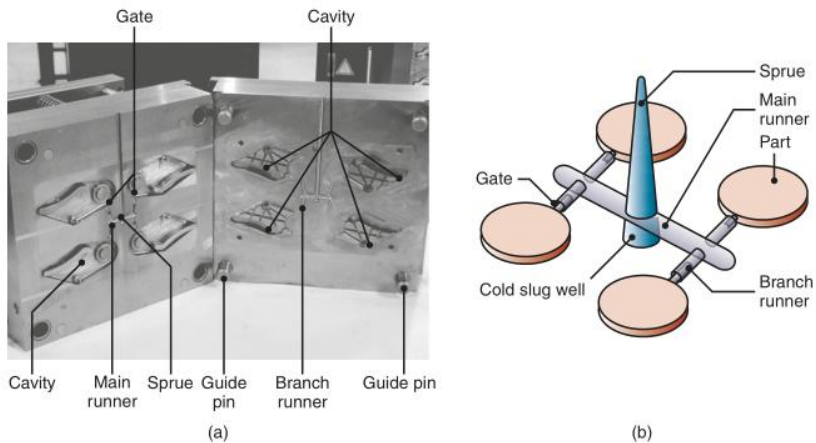


Fig. 3 Illustration of mold features for injection molding. (a) Two-plate mold with important features identified. (b) Schematic illustration of the features in a mold.



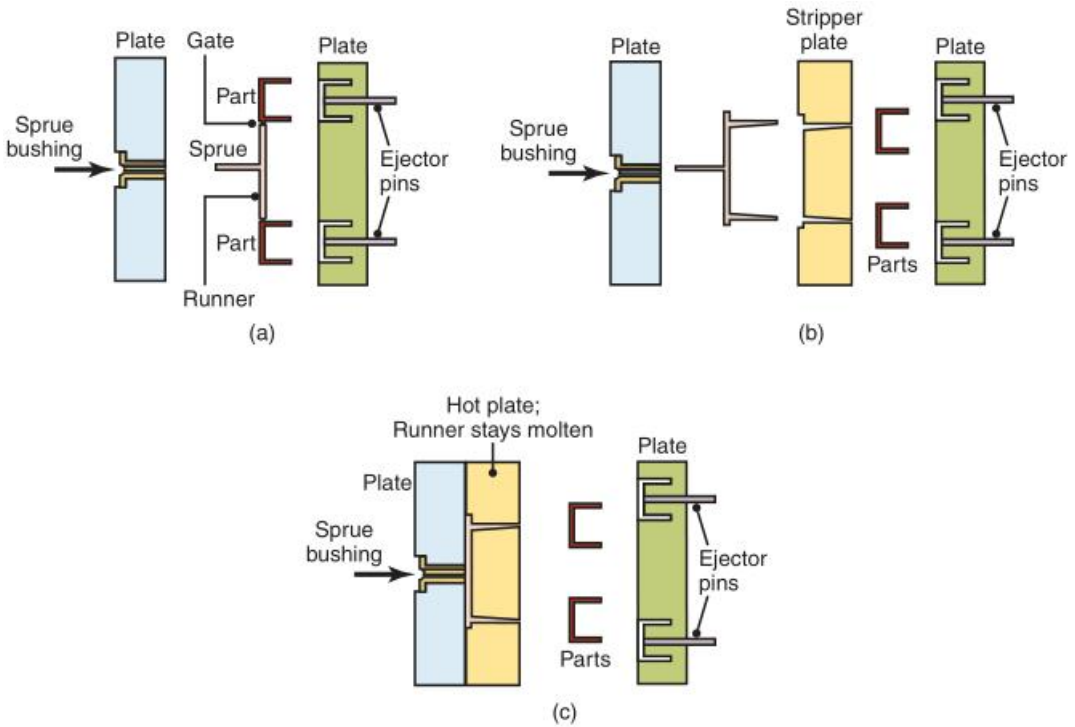


Fig. 4 Types of molds used in injection molding: (a) two-plate mold; (b) three-plate mold; and (c) hot-runner mold.

사출성형에서 Fig. 4와 같이 Pellet, Granules, Powder 형태의 소재는 Hopper에 주입되며 스크류에 의해 금형에 주입된다. 주입된 소재는 Hopper의 Heater에 의해 녹아 금형 방향으로 이동한다. 소재의 녹는 정도에 따라 Feed section, Melt section, Melt-pumping section으로 구분할 수 있다. Hopper에 의해 사출되는 소재는 최종적으로 Fig. 4 (a)의 Cavity에 충전되며, Fig. 4(b) 개략도의 Sprue, Runner, Gate를 통과하여 이동한다. Fig. 4 (c)와 같이 몇가지 형태로 사출성형을 구분할 수 있으며, 일반적으로 양 Die 중 거동이 있는 Die를 Core로 칭한다.<sup>(10),(11)</sup>

최근 사출성형을 응용한 이중사출 기술이 개발되었으며, 이중사출 기술은 캐비티 디자인이 다른 한 개의 금형에 1차, 2차 캐비티를 이용하여 1회의 사출성형 사이클로 이중 혹은 이색 재질의 제품을 화학적 결합을 이용하여 성형하는 기술이다.

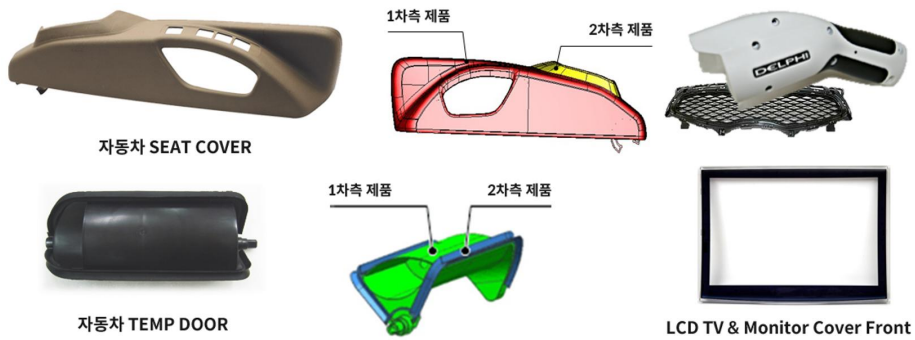


Fig. 5 Double Injection Products

이중사출 기술은 외관 디자인 품질 향상, 생산 비용 절감, 불량률 및 후공정 감소 등의 이점을 가지고 있으며, 이중사출 기술을 이용하여 Fig. 5의 제품들이 생산 및 적용되고 있다. Fig. 6에서는 이중사출의 공정 순서를 나타낸다. 먼저 형단기 이후 사출되어 1차 금형 캐비티가 소재로 충전되며, 이 후 형이 열리고 코어측 금형이 회전하며 2차 금형 캐비티로 1차 성형품을 이동시킨다. 이후 2차 캐비티에 소재가 충전되며, 냉각 후 형이 열리며 취출된다.

Fig. 8은 기존의 인서트 금형 사출과 이중사출의 종류를 나타낸다. 이중 턴테이블 방식의 경우 Fig. 7의 (a)와 같은 형태로 이동측 형판이 하측 전체를 회전시켜 1차 제품을 2차 성형부로 이동하는 방식이다. 제품형상이 간단한 제품에 적합하고, 복잡한 형상일시 금형의 크기가 커지고, 회전반경이 크기 때문에 제한이 있고, 언더컷 형상의 2중 사출 적용이 어렵다.

Fig. 7의 (b)에서는 인덱스 코어 회전 방식으로 인덱스 코어가 돌출 회전하여 1차 성형된 제품을 2차 성형부로 이동하여 성형하는 방식으로, 구조가 난해한 제품의 제작에 적합하고, 필요한 부분만 회전하므로 회전에도 용이하다. 또한 사출기 톤수 감소가 가능하고, 1차, 2차에 파팅라인을 다르게 적용 가능한 점이 특징이다. 하지만 인덱스 코어에 의해 지지되기 때문에 코어 거동이나 회전시 중량 제한이 있다.

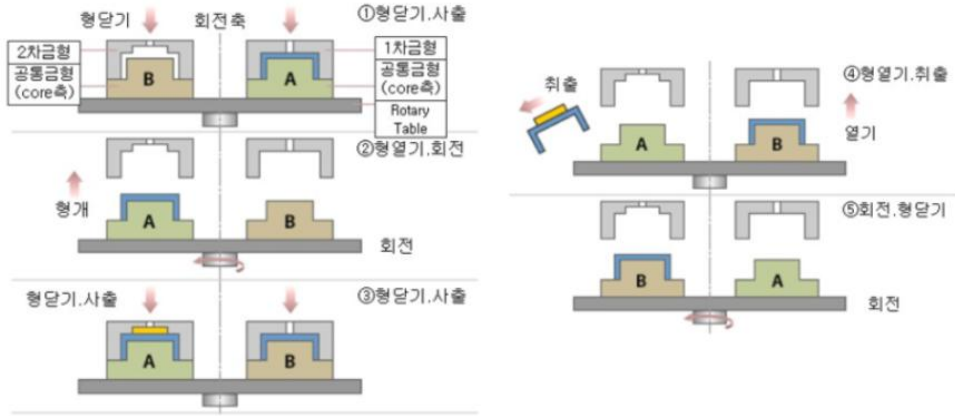
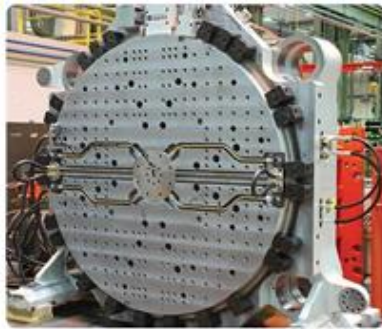
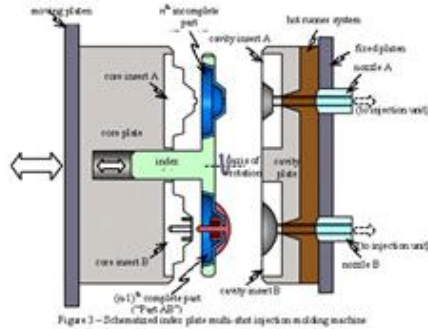


Fig. 6 Double Injection Process Sequence



(a)



(b)

Fig. 7 Double Turntable System and Index Core System Of a Double Injection System

	인서트 금형	이중사출 금형의 종류			
		로타리 방식	턴 테이블 방식	인덱스 코어 회전 방식	스핀-폼 방식
개념	사출기2대, 금형2벌	사출기2대, 금형2벌	사출기 1대, 금형1벌		
	· 성형 완료된 1차 제품을 금형 안에 넣고 사출하는 방식	· 1차제품 사출 후 사출기형판이 회전하여 2차제품 성형	· 1차제품 사출 후 사출기형판이 회전하여 2차제품 성형	· 1차 제품 성형 후 서보모터 또는 유압을 이용 금형 내 삽입된 축에 결합된 코어를 회전시켜 제품 성형.	· 2개의 사출노즐이 금형의 앞과 뒤 혹은 측면에서 수직 유입 · 중앙의 코어가 회전하면서 이중사출 제품 성형
이미지					

Fig. 8 Type of injection moulding

인덱스 코어 회전 방식은 회전에 용이하고, 사출기 톤수감소 등의 장점이 있으나, 최근 수요증가로 인한 다양한 형상 및 대형 부품 요구에 대응하기 위해서는 코어의 중량 증대가 필요하다. 코어의 중량 증대를 위해서는 코어가 병진, 회전 운동하는 축의 안정성이 필수적이다.<sup>(12)~(14)</sup>

## 제2절 연구내용

최근 이중사출품 수요증가 대응의 목적으로 사출용량 증대의 필요성이 제기되어, 기존보다 중량이 증가된 코어의 사용이 불가피하게 되었다. 그러나 인텍스 코어 회전방식에서는 증량된 코어를 사용하기 위해서는 기존 사출 장비의 코어 지지부의 구조적 안정성 여부가 필수적이다. 사출장비의 특성상, 구조 변경이나 실험적인 최적화 과정에 안전문제, 비용 문제가 발생하기 때문에, CAE 툴을 이용한 문제해결 방식을 택했다.

구조해석을 통해 코어의 중량 증가에 따른 결과를 도출하고, 먼저 ANSYS 구조 해석을 통해 코어 축의 돌출, 회전 등 운동에 따른 축의 안정성을 1차적으로 검토하였다. 그리고 코어를 지지하는 각 부품의 안정성 해석을 위해 2차로 COMSOL 툴의 다물체 동역학 모듈을 이용하여 해석함으로써 인텍스 코어 회전방식의 코어 중량증가에 따른 지지축의 안전성 해석을 진행했다.

## 제2장 이중 사출 성형방법의 원리

### 제1절 이중 사출 개념 및 방식

이중 사출은 두 가지의 재료를 가지고 하나의 제품을 만드는 제조 방식입니다. 칫솔을 보면 쉽게 이해가 될 겁니다. 칫솔 손잡이는 보통 말랑한 고무와 딱딱한 플라스틱이 결합해 있습니다. 서로 다른 색깔과 질감을 가진 고무와 플라스틱이 단단하게 붙어있는 형태입니다. 이때 고무와 플라스틱은 따로 제작해서 조립한 것이 아닙니다. 제조할 때부터 플라스틱과 고무를 각각 1번씩 사출하는, 이중 사출 방식을 사용한 것이죠. 금형(틀)을 사용해 제품을 찍어내는 것은 일반 사출 방식과 같지만, 투입되는 재료가 2가지라는 점이 이중 사출의 특징입니다. 이렇게 두 가지 재료를 두 번 사출한다고 하여 이중 사출은 'Double Injection', 'Two shot molding' 혹은 'Two shot injection molding'이라고도 부릅니다.

이중 사출의 가장 큰 장점은 접합 단계가 생략된다는 점입니다. 1차 제품으로 2차 사출하면서 자연스럽게 두 재료가 접합됩니다. 조립단계가 필요 없어 시간이 절약됩니다. 접합력 또한 우수합니다. 제품을 만들고 시간이 지난 후에 또 다른 재료를 붙이는 것이 아니라 제품 제조 과정에서 두 재료가 섞입니다. 수지를 굳히고 바로 위에 새로운 수지를 넣어 합치기 때문에 틈이 생기지 않습니다. 대량생산도 문제없습니다. 금형을 이용하기 때문에 대규모 생산에도 적합합니다. 두 가지 재료로 제품을 만들 수 있기 때문에 다양한 색상이나, 질감 표현도 가능합니다. 내구성도 반영구적입니다.

이중 사출의 가장 큰 단점은 역시 비용입니다. 이중 사출에 사용되는 금형은 두 차례에 걸쳐 사출이 이뤄지도록 설계해야 합니다. 일반 금형보다 복잡한 구조이기 때문에 금형 제작시에도 상대적으로 더 비쌉니다. 또 비싼 초기 비용을 고려할 때 단가를 낮추려면 소량 생산에는 적합하지 않습니다.

수지를 2번에 걸쳐 겹쳐서 입히기 때문에 제품의 두께가 두꺼워질 수 있다는 점도 감안할 필요가 있습니다. 소형 제품을 제작할 때는 특히 주의를 기울여야 합니다.

이중 사출의 핵심은 2차례에 걸쳐 사출이 이뤄진다는 점입니다. 사출 방식에 따라 두 별의 금형을 이용하기도 하고, 제품을 꺼내지 않은 상태에서 2번째 사출이 진행되기도 합니다. 제품을 꺼내지 않는 경우엔 보통 금형이 이동해 2번째 사출이 이뤄집니다. 이중 사출은 각 금형의 특징에 따라 아래와 같이 구분할 수 있습니다.<sup>(15)</sup>

## 제2절 인서트/트랜스퍼 방식 (Insert or Transfer Type)

이중 사출 방식에서 Fig. 9에서의 로봇에 의한 인서트, 트랜스퍼 방식은 1차 제품 부위 금형과 2차 제품 부위 금형이 각각 제작되어야 한다. 먼저 1차로 성형된 제품을 사람이나 로봇을 이용해 성형된 제품을 금형으로부터 취출 하여, 2차로 성형될 금형 제품 부에 사람이나 로봇을 이용해 1차로 성형된 제품을 인서트 하여 2차 제품 부를 성형하는 방식을 말한다. 예전에는 대부분 사람이 직접 사출성형기를 열고 1차 성형된 제품을 직접 2차 금형에 삽입하는 방식을 주로 사용하였는데 이때 여러 가지 문제가 가지고 있다.

첫째, 1차로 성형된 사출품의 높은 온도로 사람이 바로 손을 대는 것은 매우 위험한 일이어서 제품이 식을 때까지 충분한 시간이 필요하다. 또한 제품이 완전히 굳기 전이어서 사출품에 변형에 따른 2차 제품 성형 때 플래시가 발생하는 문제가 발생한다.

둘째, 사람이 직접 사출기를 열고 제품을 꺼내고 다시 삽입하는 과정에서 제품 외관 및 사출품의 수축시간이 일정하지 않아 완성품의 품질에 문제가 발생한다.

따라서 현재 생산 현장에는 사람이 직접 작업을 하는 인서트 방식은 사라지고 대부분의 작업 방식은 로봇을 이용한 트랜스퍼 방식을 사용한다. 두 가지 방식은 같은 방식이나 1차 제품을 취출 해서 곧바로 2차 제품을 사출할 수 있는 로봇의 사용이나를 놓고 방식을 구분하였다.<sup>(16)~(18)</sup>

Fig. 10 는 수동 인서트 방식을 설명하고 있으며, Fig. 11 에서는 인서트 전용 금형을 나타내고 있다.





Fig. 9 Injection Machine Exclusively For Insert/Transfer

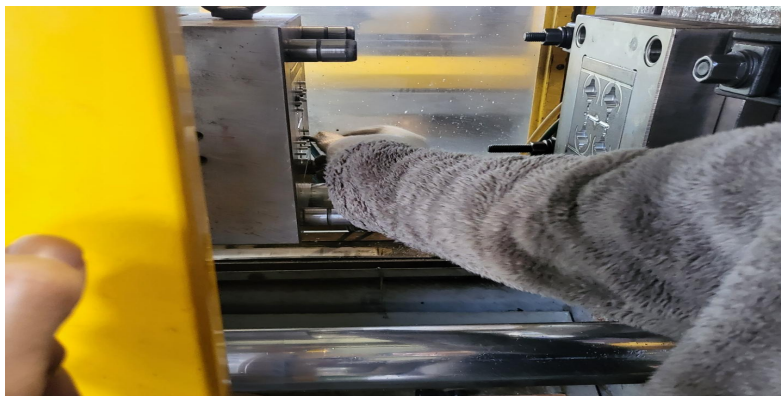


Fig. 10 Manual Insert System



Fig. 11 Insert Dedicated Mold

### 제3절 로터리 방식 (Rotary Type)

Fig. 12에서는 로터리 전용 사출기의 경우 이전 방식과 같이 1차 제품 부위 금형과 2차 제품 부위 금형이 각각 제작되어야 하나 인서트, 트랜스퍼와 달리 2기의 사출기가 아닌 한기의 사출성형기에 1차 금형과 2차 금형이 장착되는 구조의 방식이다. 다시 말하면 인서트, 트랜스퍼 방식은 특별한 구조의 사출성형기가 아닌 일반 사출성형기 2대로 사출하는 반면 로터리 방식은 이중 사출을 위한 전용 설비로 제작된 사출성형기가 필요하다.

인서트, 트랜스퍼 방식은 1차로 성형된 제품을 취출 후 2차 금형에 재삽입하는 방식이므로 제품 취출 후 변형 및 제품 외관에 스크래치로 여러 가지 문제를 가지고 있는 부분에 비교해서 훨씬 효과적인 이중사출품을 생산할 수 있는 방식이다.

하지만 1차 금형과 2차 금형이 하나의 사출성형기에 장착이 되어야 하므로 금형 크기에 제약받게 되어 소형 제품 생산에 주로 사용되는 방식이다.

Fig. 13 에서는 로터리 전용 형판을 나타내고 있으며, Fig. 14은 로터리에 적용할 1차와 2차 금형을 나타내고 있다.



Fig. 12 Rotary Injection Machine

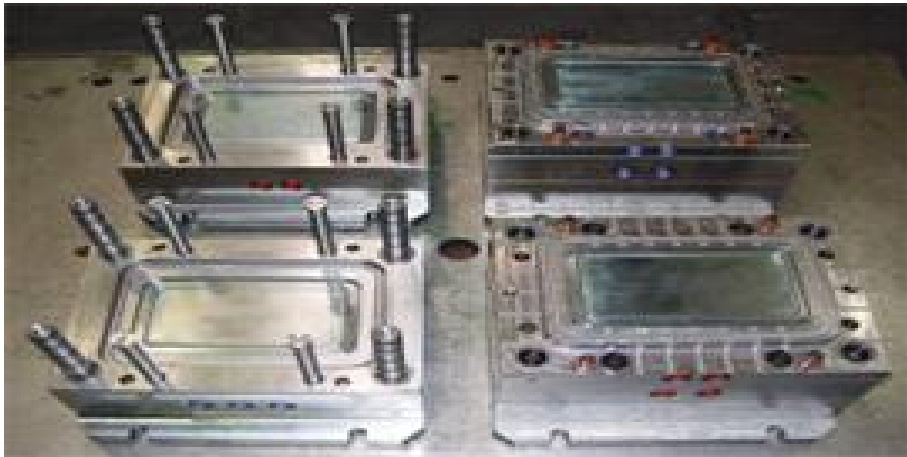


Fig. 13 Rotary Exclusive Mold

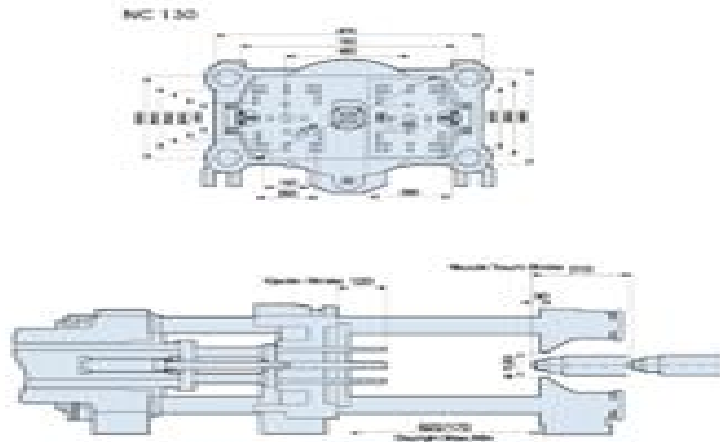


Fig. 14 Rotary Exclusive Type Plate

## 제4절 턴테이블 방식 (Turn Table Type)

Fig. 15에서는 턴 테이블 전용 사출기를 나타내고 있으며, 로터리 방식과 아주 유사한 방식으로 이중 사출을 위한 전용 사출성형기가 필요하다. 그러나 로터리 방식처럼 1차 측 금형과 2차 측 금형이 각각 제작되는 방식이 아닌 하나의 금형에 1차 측과 2차 측 금형이 이루어진 구조로 제작된다. 로터리 방식은 두 세트로 구성되어 금형의 회전 반경이 커지고 금형 무게의 한계로 소형 제품 생산에 주로 쓰이지만, 턴테이블 방식은 한 세트로 구성되어 금형의 회전 반경이 로터리에 비해 적어지고 금형의 무게 또한 줄어 중형 제품의 생산에 많이 사용되고 있으나, 로터리 방식에 비해 금형 구조가 복잡하며 냉각 설계 부분에 있어 로터리 방식보다는 제약이 있다.

또한 로터리 방식과 같이 금형 전체가 회전해서 생산하는 방식으로 1차 측 금형의 형합면과 2차 측 금형의 형합이 같은 대체로 단순한 구조의 이중 사출 제품을 생산할 수밖에 없다.

Fig. 16에서는 턴 테이블 금형을 나타내고 Fig. 17에서는 금형에 적용할 형판 장착된 외관을 보여주고 있다.<sup>(19),(20)</sup>



Fig. 15 Injection Machine Exclusive For Turn Table



Fig. 16 Turn Table Mold



Fig. 17 Patterned Appearance

## 제5절 스피ن폼 방식 (Spin Form Type)

Fig. 18 에서는 스피ن폼 방식의 평면 장착 외관으로 로터리, 턴테이블 방식과는 전혀 다른 새로운 개념의 이중 사출 공법으로 로터리, 턴테이블이 가지고 있는 금형 중량과 회전 반경의 문제를 획기적으로 개선한 방식이다.

기본적으로 로터리, 턴테이블 방식과 같이 스피ن폼 방식의 이중 사출 전용기가 필요하며, 로터리 방식처럼 1차 금형과 2차 금형을 각각 제작하기도 하고 필요에 따라서 턴테이블 방식처럼 1세트의 1차와 2차 금형 구조로 제작하기도 한다. 주로 냉각 채널 설계와 취출 구조에 영향을 받기 때문에 2 Set의 구조로 제작되는 경우가 많다.

사출기 회전판이 측면에 설치되어 있는 로터리와 턴테이블과는 달리 사출성형기의 바닥 면에 회전판이 설치되어 금형을 장착하기에 금형 중량에 대한 부담을 획기적으로 개선하여 대형제품에 생산되는 방식이다.

그러나 로터리와 턴테이블처럼 1차 측 금형의 형합 부분과 2차 측 금형의 형합 부분이 같아야 하는 제약이 있어 제품 설계 시 제품의 파팅 라인에 대해서 충분히 검토해야 한다.<sup>(21)~(23)</sup>

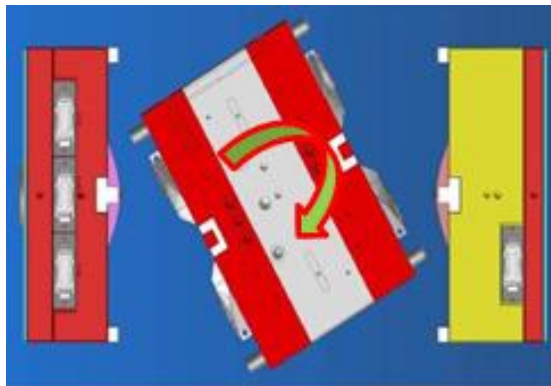


Fig. 18 Spin Form Type Plane Mounting Appearance

Fig. 19은 이중사출에서 스피ن폼 방식으로 스피ن폼을 전면에 장착한 외관을 나타내고 있다.

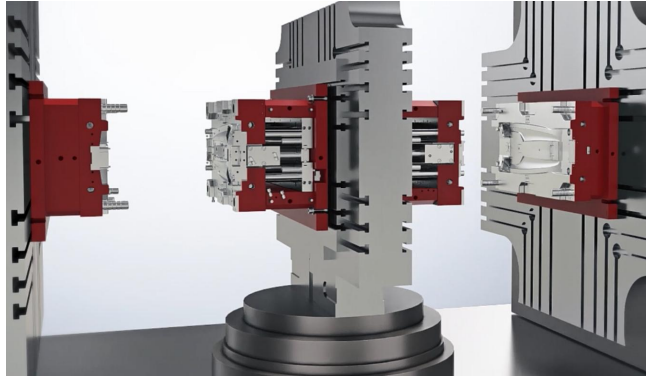


Fig. 19 Front Mounting Appearance Of  
Spin Form System

## 제6절 인덱스 코어 방식 (Index Core Type)

Fig. 20에서는 인덱스 코어 방식에서 사용되고 있는 금형의 기본 구조를 나타낸 것으로 로터리 방식, 턴테이블 방식, 스피ن폼 방식 모두다 금형 전체가 회전해서 1차 형상부 성형과 2차 형상부 성형을 하는 방식으로 제작 생산되는 이중 사출 방식이나 위 3가지 모두 제품이 비교적 단조롭고 1차측 형사부와 2차측 형사부의 파팅 라인이 동일 해야 한다는 조건이 있어 제품 개발시 형상에 제약을 받게 되는 단점을 가지고 있다. 이에 필요에 따라 새롭게 개발한 이중 사출 방식으로 금형 전체를 회전하지 않고 오직 필요한 부분만을 선택해서 회전 할 수 있는 인덱스 코어 방식을 개발하였다.

기본 개념은 턴테이블 방식과 동일 하게 1차 형상부 금형과 1차 형상부 금형이 한 세트에 이루어져 있으나 로터리 방식, 턴테이블 방식처럼 금형 전체가 회전하지 않고 금형과 사출성형기에 설치된 축을 이용해서 1차 성형부와 2차 성형부를 돌출시키고 회전하는 방식으로 제품이 복잡하고 1차 금형의 형합부와 2차금형의 형합부가 달라도 생산이 가능 방식으로 중소형 제품의 내,외장 제품 구분 없이 모든 부분에 사용이 가능하다.

로터리 방식과 턴테이블 방식에서 생산이 불가능한 제품 구조도 생산이 가능하나 금형 제작시 훨씬 복잡하며 금형 내에 설치된 축을 통해서만 금형의 메인 코어 부위 냉각 설계가 가능해서 설계시 고려해야 할 부분이 훨씬 많다.

Fig. 21은 인덱스 축을 이용해서 이중사출 위한 중요 부분을 돌출시킨 후 회전시키는 것을 나타내고 있다.



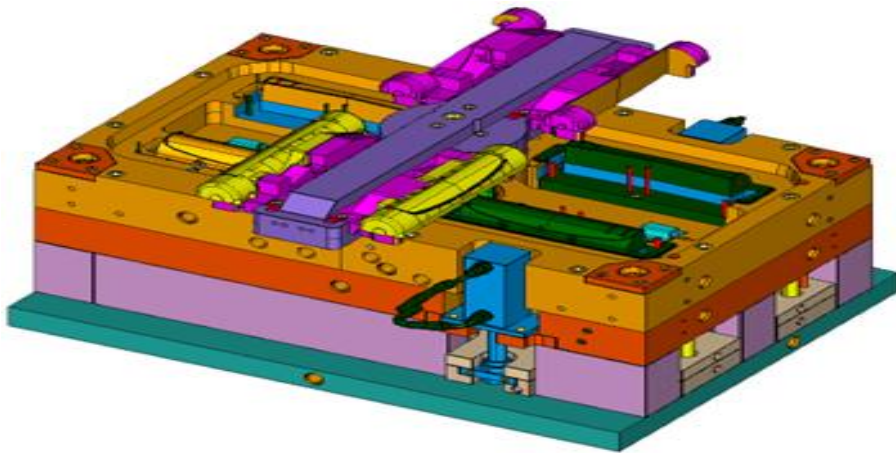


Fig. 20 Index Type Mold Basic Structure

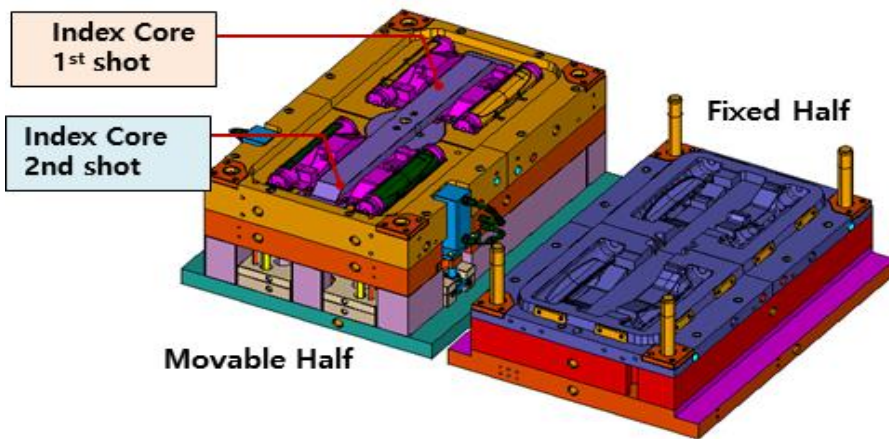


Fig. 21 Rotation After Projection Of Required Part Using Index

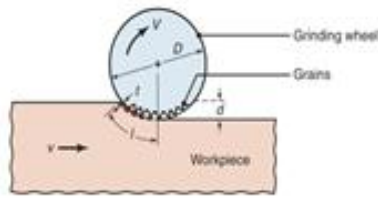
## 제3장 이중사출 금형설계를 위한 축 구조해석

### 제1절 공학적 문제 해결 위한 구조 해석

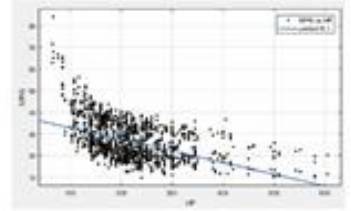
기존의 공학적 문제는 실험이나 고전이론을 통한 계산으로 공학적 문제를 해결했다. 실험을 이용한 방식의 경우 실물모형이나, 축소된 실험장치를 이용하여 검증한다. Fig. 22는 공학적 문제의 해결 방법을 나타낸다. Fig. 22의 (a) 방식은 실험장치의 구현 비용이 높고, 시험에 따른 검증시간이 오래 걸리는 문제가 있으므로 실제 현상 구현에 한계가 있다. 또한 Fig. 22의 (b) 고전적 이론은 자연현상의 수학적 해를 구하는 방식으로, 정확도의 한계를 가지고 있다. Fig. 22의 (c)에서는 구조해석을 발전시킨 수학적 모델링을 통해 역학적 모델을 구성하고 이를 수치해석적 방식으로 해를 구하는 방식으로 공학적 문제해결의 한 축이 되었으며, 기존에 해결하고자 하는 문제에 맞추어 모델링을 직접 진행했으나, Fig. 23에서는 최근 자주 사용되는 물리현상을 세팅되어있는 모듈식으로 개발하여 사용자가 보다 쉽게 접근할 수 있는 CAE(Computer aided engineering) 툴이 사용되고 있으며, ANSYS, COMSOL 등의 툴이 있다. 이 툴은 형상 모델을 유한개의 요소단위로 분할하고, 각 요소 계산을 통해 전체 모델의 특성을 근사적으로 계산하며 불규칙적 형상도 쉽게 모델링이 가능하며, 여러 조건이 쉽게 적용가능하고, 경계조건 제한이 없고, 특정 부위의 상세 검토가 가능하고, 모델 변경이 쉬운점이 장점이다. 이를 유한요소해석(FEM, Finite element method)라고 부르며, 위 툴들을 FEM tool이라고도 칭한다.



(a)



(b)



(c)

Fig. 22 A Solution To An Engineering Problem

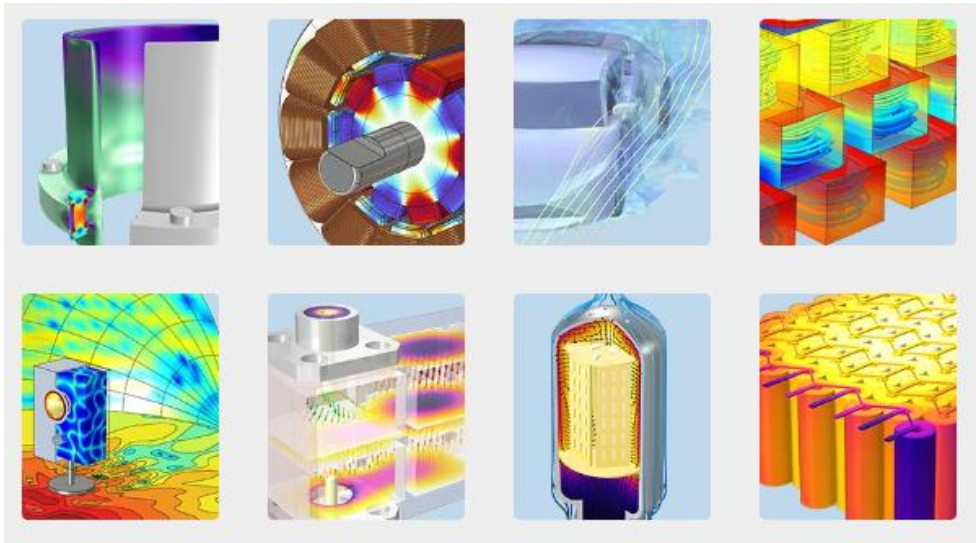


Fig. 23 CAE Tool – COMSOL Multiphysics

구조해석은 시뮬레이션을 통해 외력을 받는 물체의 정지 또는 운동 상태를 설명하고 구조체의 변형과 응력분포를 구하는 것을 말한다. 구조해석은 선형, 비선형, 정상상태, 과도응답, 주파수응답 등 다양하게 해석 케이스를 구분할 수 있으며, 이 중 정적(Static) 해석은 시간에 따른 하중의 크기 및 방향이 일정한 현상에 대한 해석으로, 진동의 영향이 없는 상태에 구조 평형 상태에서 응답을 산출하고, 자중, 구조물 내부압, 열팽창 등 변화가 적은 하중에 대한 구조물 강건성 평가에 이용되고,

동적(Dynamic) 해석은 시간에 따라 하중이 변화하거나, 다양한 외력을 받는 경우 사용된다. 따라서 본 연구의 인텍스 타입 이중사출 장비에 대한 해석으로는 동적 해석이 적절하다.

동적 해석 중 동적 모델의 경우 여러 도메인이 복합적으로 상호작용하며 동작하는 경우가 많고, 이 경우 한 도메인만 해석하기 보다 여러 도메인을 시간에 따라 동시에 해석하는 방법이 적절하다. COMSOL에서는 다물체 동역학(Multibody dynamics) 모듈을 제공함으로써 이를 사용하여 다물체 동적 모델의 해석을 쉽게 진행할 수 있다. 이 모듈에서는 각 도메인 부품을 유연한 도구들(조인트, 기어, 캠, 베어링, 스프링, 댐퍼 등)을 이용하여 모델링 가능하며, 이중사출 장치의 거동시에도 실제로 여러 도메인이 동시에 상호작용하기 때문에 이 모듈이 적합하다고 볼 수 있다.

## 제2절 축의 거동에 따른 구조해석

이중사출 장비의 금형(Core)과 지지축, 서보모터 부분을 3D 드로잉으로 Fig. 24에 나타내고있다. 코어, 인덱스샤프트, 커플링, 장비축 샤프트, 서보모터로 이루어져 있으며, 인덱스 축 한 쪽 끝에 코어가 체결된 상태에서 서보 모터 및 유압 시스템을 통해 구동된다. 따라서 서보모터의 작동에 따른 축의 병진 및 회전운동을 해석에 적용하여 진행했다. 거동 관련 경계조건의 참고한 내용은 Fig. 25와 같고, 생산 기술연구원의 관련 측정 자료를 참고했다.

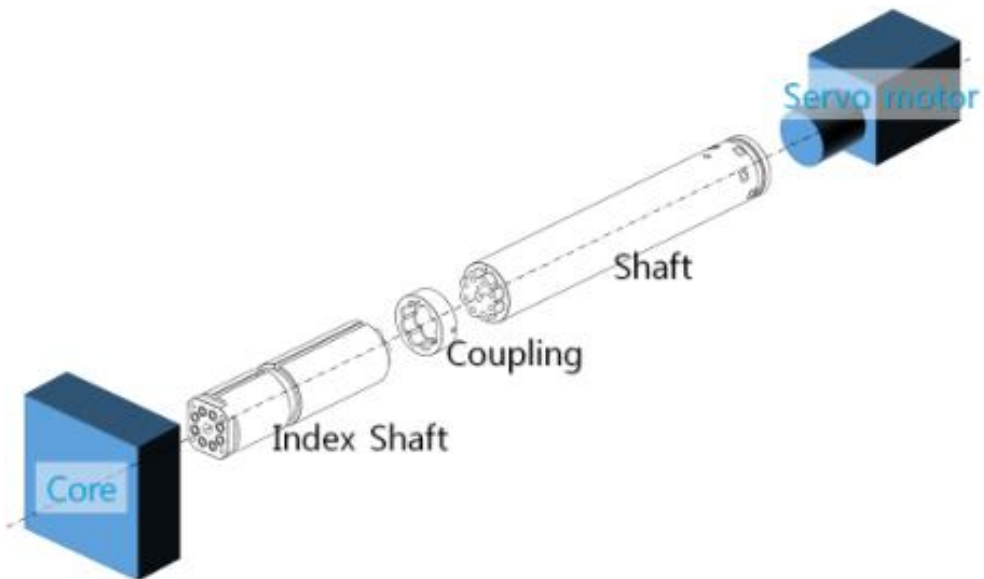


Fig. 24 Structure Analysis Object Model Of Double Injection

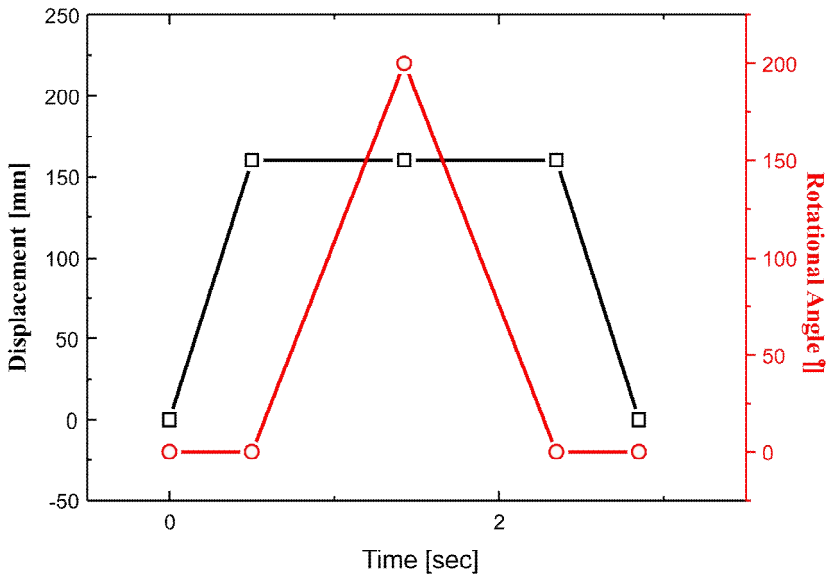


Fig. 25 Displacement Accompanying serco Motor Operation

구조해석의 모델 단순화를 위해 코어 모델링을 생략하고, Fig. 26 의 A부분에 분포질량을 부여하는 것으로 대체하였다. 코어의 질량 등 모델 전반에 관성 적용을 위해 중력가속도 Fig. 26의 B를 적용하였고, 해석 모델의 이송 및 회전 운동을 위해 Fig. 26의 C 부분에 경계조건을 부여했다. Fig. 27은 코어의 질량 설정을 나타낸다. 코어의 질량은 기존에 사용되는 900kg에서 1,200kg, 2,000kg으로 각각 적용된 해석을 분석하였다. 해석에 적용된 재료는 구조용강으로 항복 인장 및 압축 강도가 250MPa이다. 모델은 위상 최적화 작업을 완료한 후, 격자를 갖는 유한요소 모델 (FE model)을 생성하였다. 해당 모델의 일부분이 곡면 또는 곡선과 같이 다소 복잡한 형상을 갖는 관계로 사면체 요소(tetra element)를 사용하였다. 구동 방식을 토대로 하여, 상대적으로 힘을 많이 받거나 변형이 많은 부분들의 경우는 요소 크기를 보다 더 작게 설정하거나 또는 전체적인 요소 크기를 작게 설정하는 방법으로 구조해석을 진행하여 비교를 통해 적절한 요소 크기를 갖도록 하였다.

**B: 900kg+205Deg+1.85sec\_including with Translation**  
 Transient  
 Time: 2.35 s  
 2020-11-24 오후 8:56  
**A** Distributed Mass\_Case#1  
**B** Standard Earth Gravity: 9806.6 mm/s<sup>2</sup>  
**C** Remote Displacement

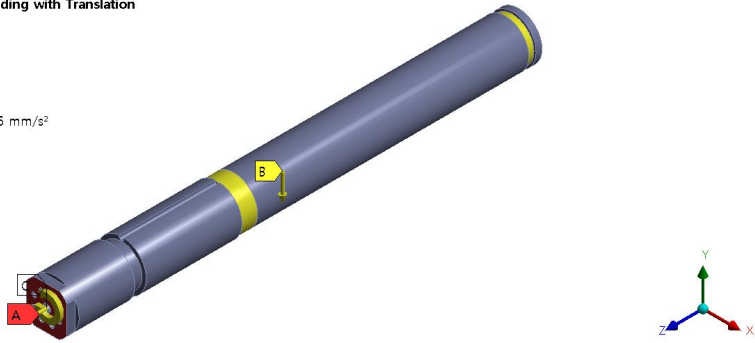





Fig. 26 Analysis Model simplification

**Distributed Mass\_Case#1**  
 2020-11-24 오후 8:59  
 Distributed Mass\_Case#1  
 Total Mass: 0.9 t  
 Distributed Mass\_Case#1  
 Total Mass: 1.2 t  
 Distributed Mass\_Case#1  
 Total Mass: 2. t

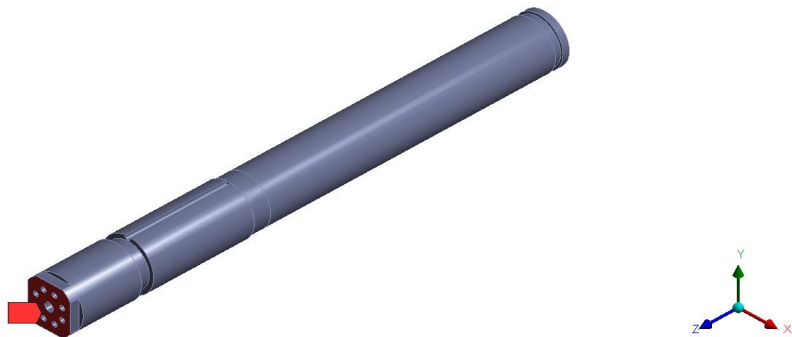
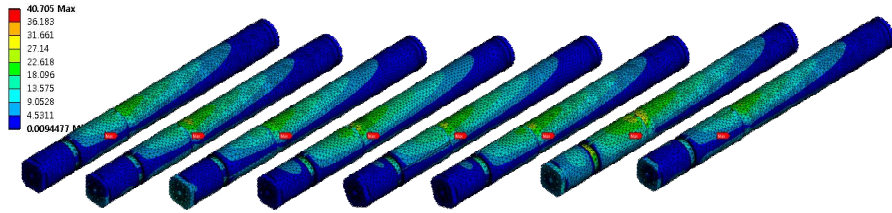


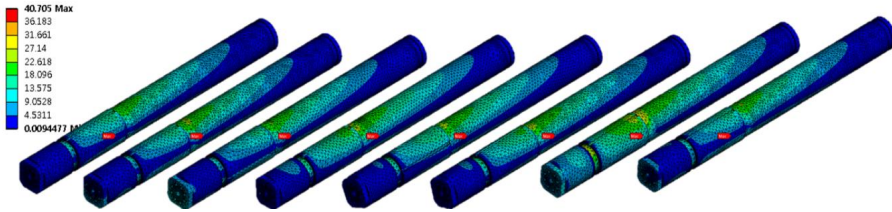
Fig. 27 Core Mass Setting (900kg, 1200kg, 2000kg)



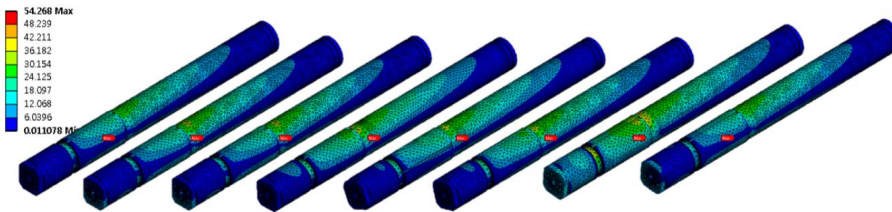
**B: 900kg + 205Deg + 1.85sec\_including with Translation**  
 Equivalent Stress  
 Type: Equivalent (von-Mises) Stress  
 Unit: MPa  
 Time: 2.85  
 2020-11-24 오후 10:06



**B: 900kg + 205Deg + 1.85sec\_including with Translation**  
 Equivalent Stress  
 Type: Equivalent (von-Mises) Stress  
 Unit: MPa  
 Time: 2.85  
 2020-11-24 오후 10:06



**C: 1,200kg + 205Deg + 1.85sec\_including with Translation**  
 Equivalent Stress  
 Type: Equivalent (von-Mises) Stress  
 Unit: MPa  
 Time: 2.85  
 2020-11-24 오후 10:05



**D: 2,000kg + 205Deg + 1.85sec\_including with Translation**  
 Equivalent Stress  
 Type: Equivalent (von-Mises) Stress  
 Unit: MPa  
 Time: 2.85  
 2020-11-24 오후 10:04

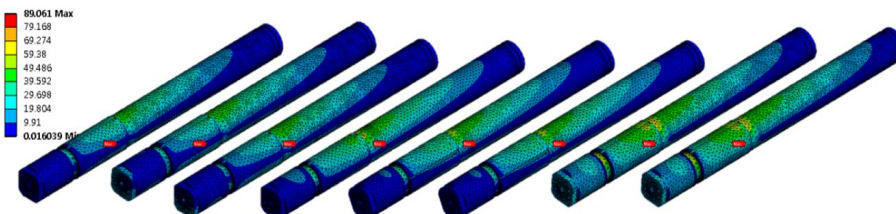


Fig. 28 Equivalent Stress Analysis In Axial Behavior According To Core Weight



Table 1. Results of simulation according to different cases

Case	Core Mass (kg)	Equivalent Stress (MPa)
Case 1	900	40.705
Case 2	1,200	54.268
Case 3	2,000	89.061

Fig. 28은 코어 중량에 따른 축 거동시 등가응력 해석 결과를 나타낸다. 축의 거동 중 축의 최대 응력은 Table 1과 같다. 해석에 적용된 구조용강의 항복 강도에 비해 해석 결과 응력이 낮으므로 축 자체의 영구 변형 및 파손은 발생하지 않는 것으로 판단할 수 있다. 또한 Fig. 29에서 나타낸 것처럼 최대 응력 발생부는 인덱스 축과 장비축 축 연결을 위한 커플링 부분에서 가장 큰 응력이 발생함을 확인했다.

하지만 본 해석을 통해 각 부품의 결과 분석에 한계가 있음을 확인할 수 있었고, 특히 축 내부에 존재하는 볼트가 직경이 작고, 코어에 중량증가에 따라 영향을 크게 받을 것으로 염려된다. 따라서 각 부품을 구분하여 구조해석하는 다물체 동역학 해석이 필요함을 인지하였다.

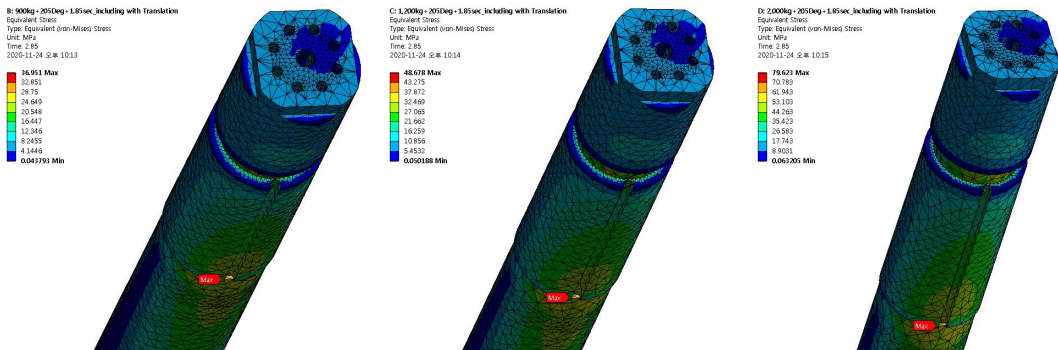


Fig. 29 Stress Maximum Generating Part

### 제3절 축의 거동에 따른 다물체 동역학 해석 및 고찰

인덱스 코어 회전방식의 코어 지지축 구조는 Fig. 30의 (a)와 같다. Fig. 30의 (b)와 (c)는 축의 이송에 따른 형상을 나타낸다. 이를 통해 실제 축의 이송은 인덱스 축이 모두 돌출되지 않음을 확인된다. 또한 인덱스 축의 내부의 볼트는 코어와 접촉되어 있으며, 체결은 인덱스 축이 아닌 장비축 축에 고정되어있다. 따라서 정확한 해석을 위해 이를 모두 반영한 모델링이 필요하다. Fig. 31은 실제 장비의 코어 지지축 모델을 나타낸다.

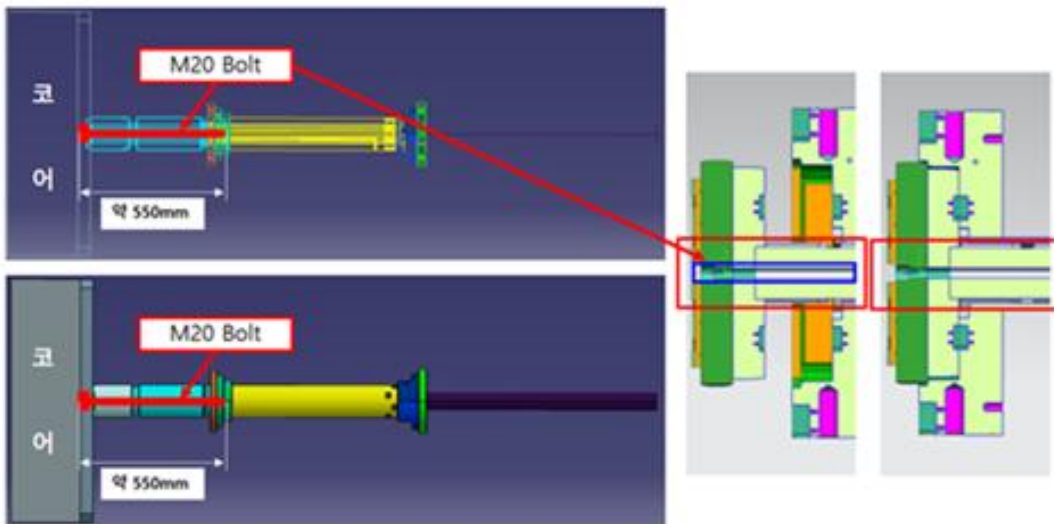


Fig. 30 Core Support Shaft Structure Of Index Core Rotary Type Double

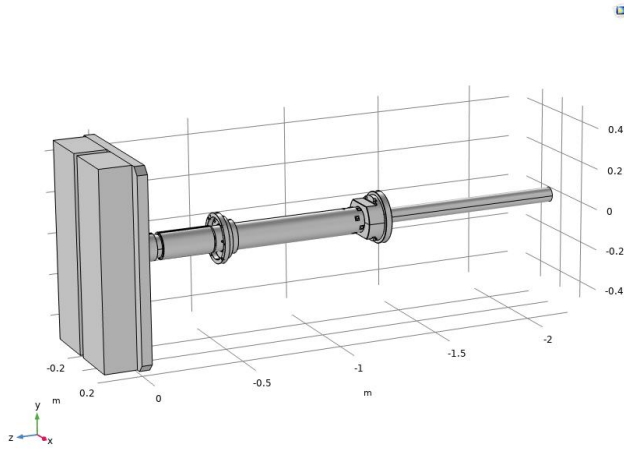


Fig. 31 Core Support Shaft 3D Model Of Index Core Rotation Type Double Injection

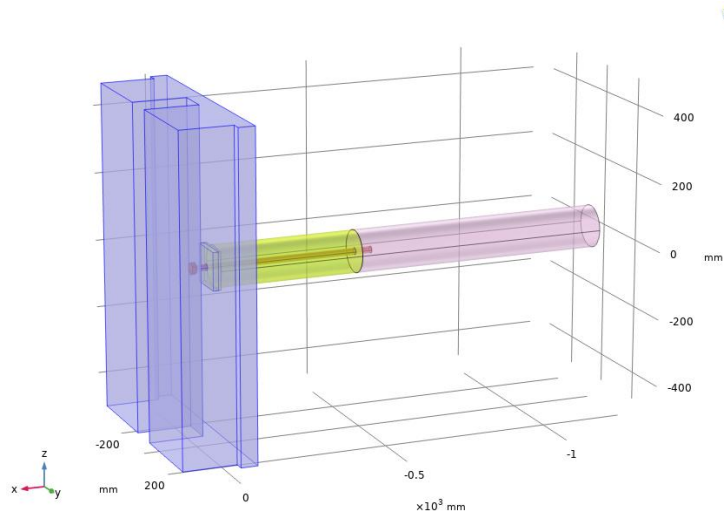


Fig. 32 Core Support Shaft 3D model Simplification Of Index Core Rotation System Double Injection

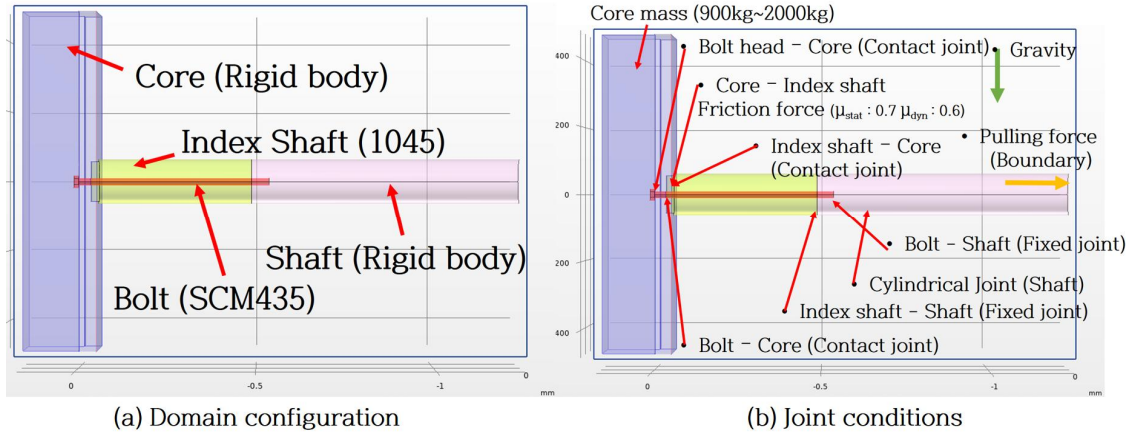


Fig. 33 Domain and Boundary Condition Settings for Analysis Models

Fig. 31의 실제 모델을 Fig. 32와 같이 단순화 하였으며, 코어, 인덱스 축, 장비축 축, 볼트 총 4개의 도메인으로 단순화 시켰다. 실제 모델에서 두 축을 연결하는 커플링을 제외하였으나, 이는 Fixed joint를 이용하여 대체하고 생략하였다. Fig. 33 (a)는 각 도메인 설정을 나타낸다. 인덱스 축은 1045 강으로 설정하고, 볼트는 SCM435로 설정했다. Core와 장비 축 축은 변형이나 응력 값이 필요하지 않기 때문에 Rigid body로 설정하여 해석을 진행했다. Fig. 33 (b)는 전체 경계조건 및 각 도메인간 경계조건을 설정한 것을 나타냈다. Core는 900kg에서 2000kg까지 Parametric sweep을 이용하여 100kg 단위로 총 11개 Case를 해석하였다. 볼트의 머리부분은 코어에 접촉되어있기 때문에 코어의 앞면과 볼트의 머리 아래쪽 면에 Contact joint를 설정했다. 코어는 인덱스 축의 끝부분에 걸쳐있으며, 이 두 면 사이에 Contact joint를 설정했다. 이 두 면 사이에 마찰력 설정이 필요한데 일반적인 강과 강 사이의 마찰계수를 참고하여 정마찰계수 0.7, 동마찰계수 0.6을 적용했다. 두 축 사이에는 Fixed joint를 이용하여 고정하였으며, 두 축은 완전 고정된 것으로 가정했다. 장비축 축은 코어 돌출 방향으로 병진운동은 하지만 장비에 의해 고정되어 Z축 방향으로 변형되지 않기 때문에 Cylindrical joint를 적용하여 병진운동은 하되 Z축으로 움직이지 않도록 구속했다. 그리고 모든 도메인은 중력을 적용하였다. 그리고 장비축 축의 끝 면에 당기는 힘을 적용했다. 해석 전 각 운동 상황에 대한 분석을 선행하였으며, 해당 내용은 Fig. 34와 같다. 정적인 상황에서는 코어의 하중에 따라 코어 지지축이 영향을 받고, 축이 직접적으로 영향을 받는다고 볼 수

있다. 코어가 돌출되는 상황에서는 코어와 축의 접촉부에서 응력이 발생될 것으로 볼 수 있다. 회전 시에는 코어와 축사이의 접촉면 마찰에 의해 비틀림이 발생한다. 하지만 위의 세가지 경우에는 볼트보다는 축이 영향을 받는다. 하지만 코어가 당겨지는 상황에서는 앞의 세가지 상황과 다르게 영향을 크게 받을 것이라고 판단된다.

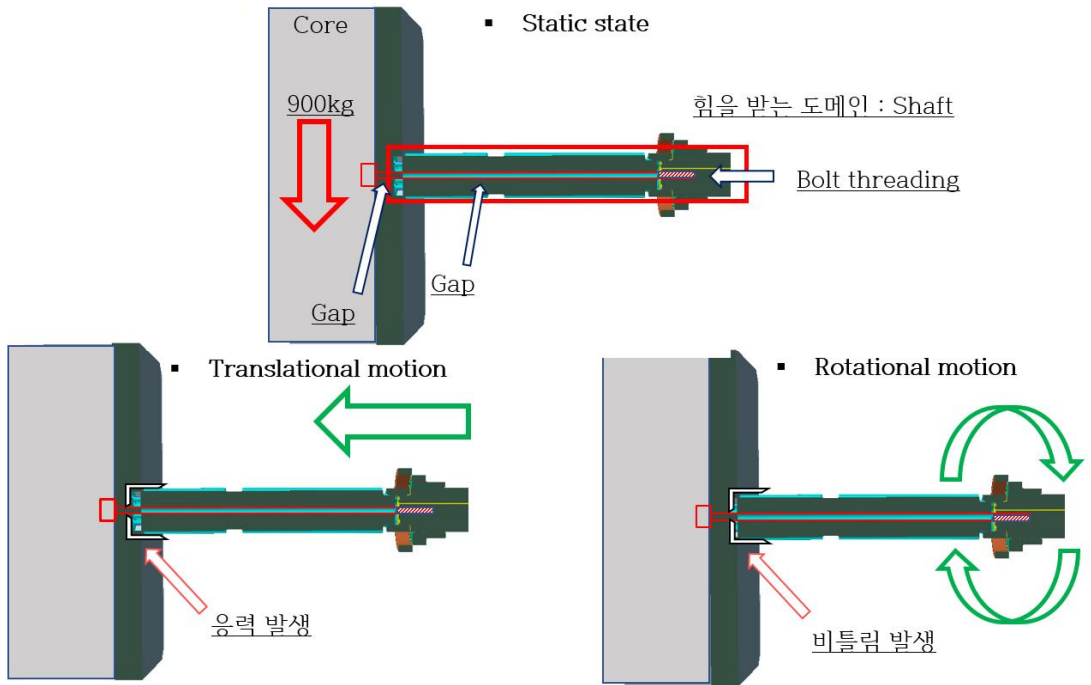


Fig. 34 Analysis Model Status, Projection And Rotational Status

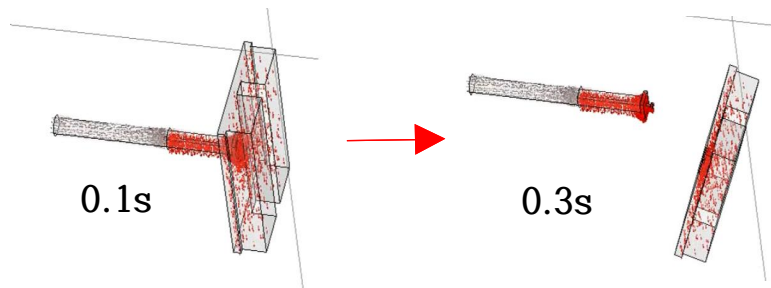


Fig. 35 Shaft behavior without bolt

Fig. 35는 해석 모델의 구성요소 중 볼트를 제외하는 경우 코어가 당겨지는 상황에 대한 시뮬레이션이다. 이처럼 볼트가 없는 경우 코어는 축에서 이탈하여 낙하하게 되며, 해석 전 코어의 증량에 따라 볼트의 안정성을 가장 우려하는 이유가 위의 간단한 시뮬레이션을 통해 확인가능하다. 따라서 아래 Fig. 36의 형태를 기준으로 당기는 상황에 대해 해석을 진행했다.

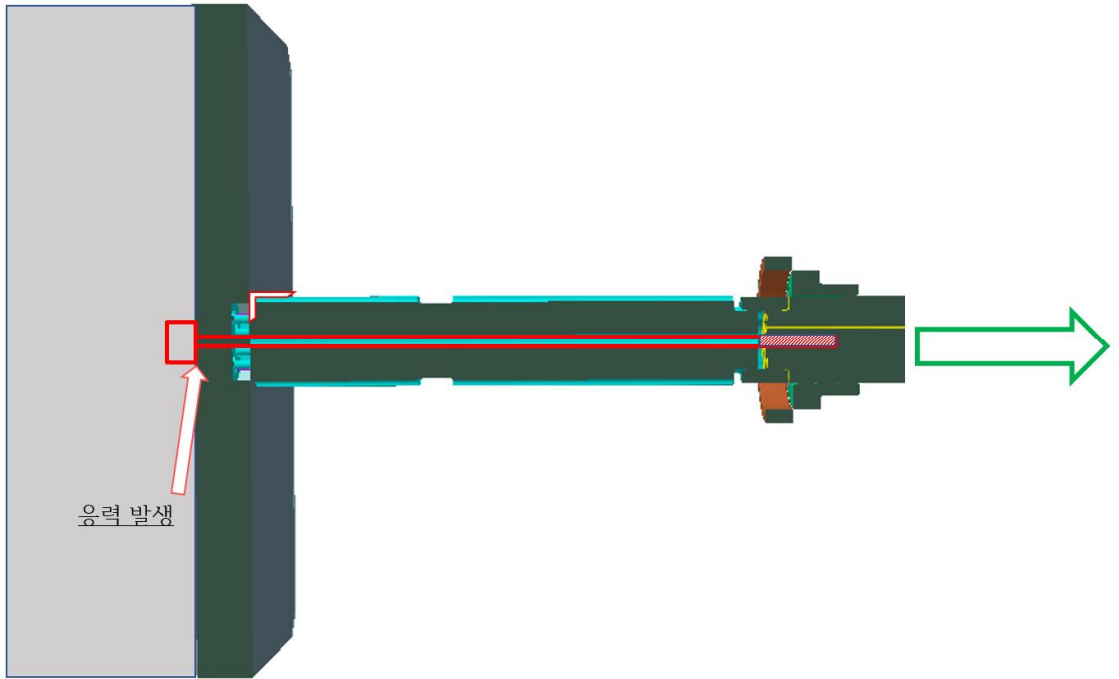


Fig. 36 Behavior of the shaft on the pulling situation

해석은 시간에 따른 과도해석으로 진행했다. 0초부터 1초까지 0.1초 간격으로 해석을 진행하였으며, 인덱스 축의 응력, 볼트의 응력, 코어부의 처짐 변위 이 세가지 결과를 기준으로 분석했다.

인덱스 축의 응력은 Fig. 37에 나타내었다. 시간에 따라 1400kg의 코어일 경우에 대한 결과이다. 해석 결과를 보면 코어가 축에 걸쳐있는 부분에서 가장 높은 응력이 발생하는 것을 확인할 수 있다. 그리고 인덱스 축과 장비축 축이 연결되는 부분에서도 높은 응력이 발생하는 것을 확인할 수 있다. 이전 ANSYS를 이용한 해석 결과와 비교해보면 코어 하중을 인덱스 축의 앞면에 적용한 것과 차이가 있으며, 이는 실제로 코어가 축의 앞면에 접촉되어있는 것이 아닌, 축의 끝단 윗 면에 걸쳐

있기 때문에 다른 결과가 나온 것으로 판단된다. 하지만 최대 응력 기준으로 보았을 때 이전 해석 결과와 큰 차이가 없으며, 응력 집중부만 차이가 나는 것을 확인할 수 있다.

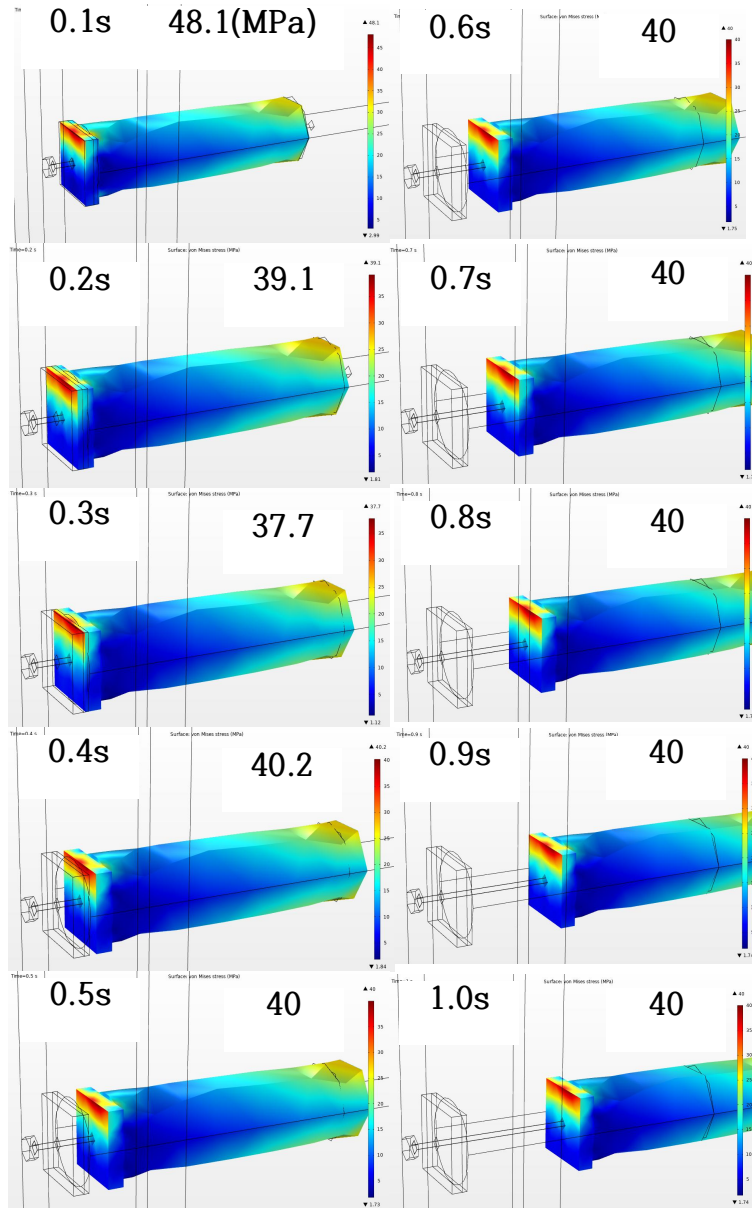


Fig. 37 Von-Mises stress (MPa) - Shaft



Fig. 38은 같은 조건에서 볼트의 응력에 대한 결과이다. 볼트의 체결부 쪽에서 최대 응력이 발생하며, 이는 볼트 머리쪽이 쳐지면서 발생하는 결과로 볼 수 있다. 하지만 볼트의 응력이 생각보다 낮게 나오는 것에 대한 추가적인 고찰이 필요하다.

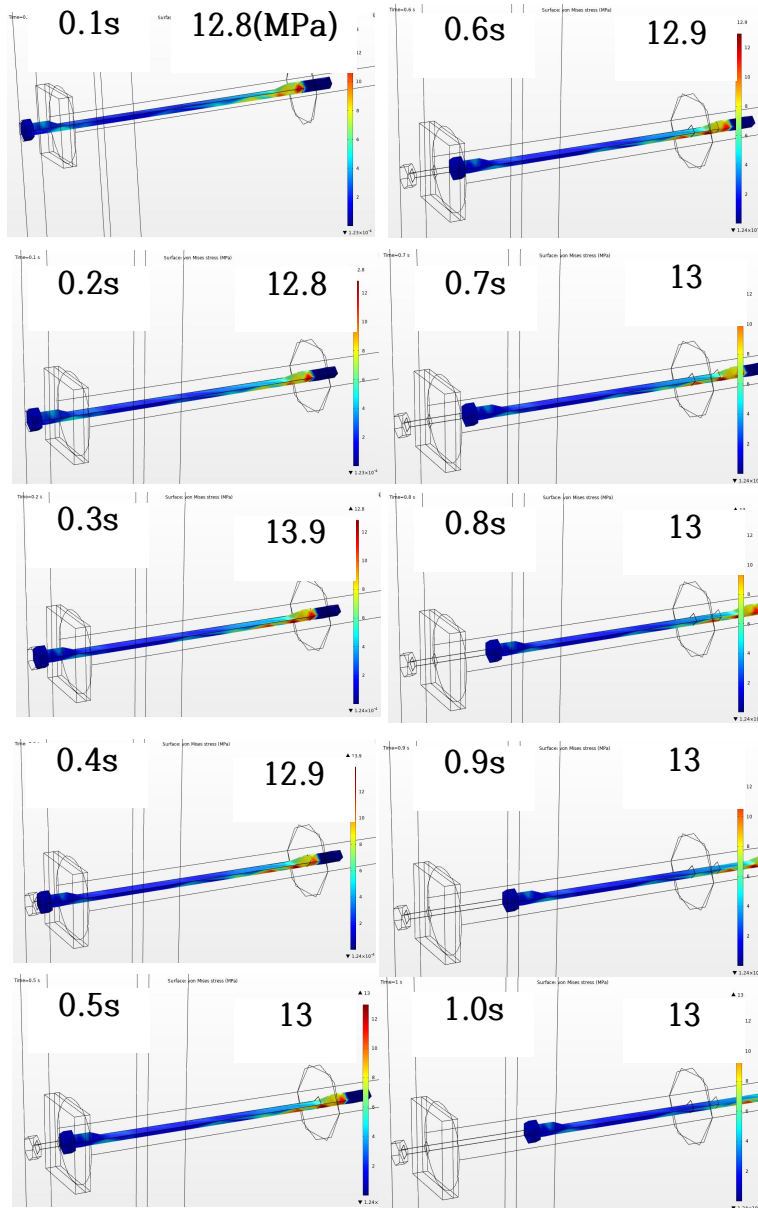


Fig. 38 Von-Mises stress (MPa) - Bolt



Fig. 39는 같은 조건에서 코어부의 처짐에 따른 결과이다. 코어부의 처짐은 실제 사출 공정에서 중요한 요소이다. 하지만 이는 소재의 항복응력만을 가지고 판단할 수 없으며, 사출 공정의 특성상 코어와 다이가 정확하게 결합되어야 하기 때문에 Z축 변위를 통해 이를 확인해야한다. Z축 변위는 2mm를 넘어가면 장비 가동시 문제가 발생하는 것으로 알려져 있다. Fig. 39를 보면 정적상황에서 -0.6mm의 처짐이 발생하고, 당기는 거동에 따라 수치가 줄어드는 것을 볼 수 있다. 이 결과도 크게 벗어나지 않지만 값이 줄어드는 결과에 대한 고찰이 필요하다.

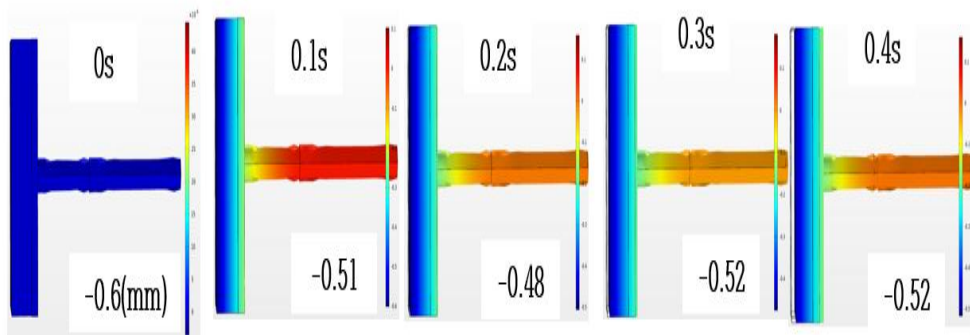


Fig. 39 Z-axis displacement

Fig. 40은 코어의 중량에 따른 각 결과값을 나타내었다. 코어의 중량 증가에 따라 인덱스 축의 응력과, 축의 처짐 변위는 증가하는 것을 확인할 수 있다. 하지만 볼트의 응력은 코어의 중량 증가에 따라 줄어드는 것이 확인된다. 이는 일반적으로 생각했을 때 옳바르지 않는 결과로 판단할 수 있다. 하지만 코어와 인덱스 축이 면과 면사이에 고정되어 있는 것이 아닌 인덱스 축에 걸쳐있음에 따른 결과이다.

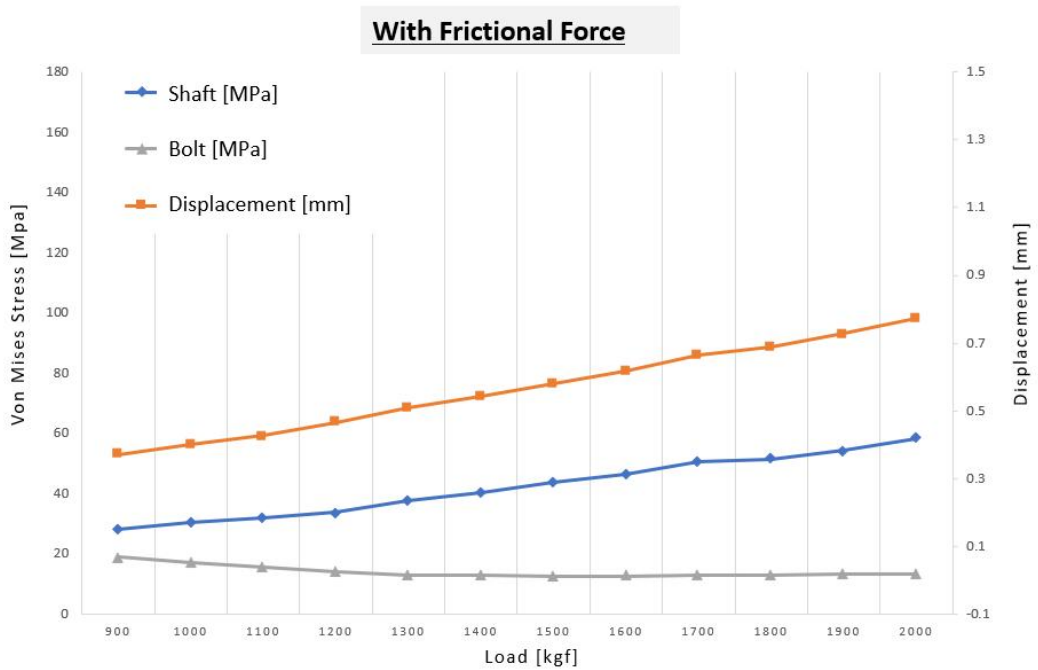


Fig. 40 Result value according to the core mass (With frictional force)

(a) Stress of index shaft (b) Stress of bolt (c) Z-axis displacement

Fig. 41은 코어와 인덱스 축 사이에 설정한 마찰계수를 제외하고 같은 조건으로 해석한 결과이다. 인덱스 축은 900kg에서 70MPa이고, 2000kg에서 167MPa로 선형적으로 증가한다. 볼트의 응력은 29MPa에서 55Mpa로 선형적으로 증가한다. Z축 변위 또한 0.6mm에서 1.44mm까지 증가한다. 이 Fig.에서 기존에 코어 중량 증가에 따라 응력과 변위가 증가하는 일반적으로 예상가능한 결과과 도출된다. 여기에서 Fig. 40과 Fig. 41를 비교하여 보면 코어와 인덱스 축의 마찰력에 따라 결과가 상이하게 나오는 것을 확인할 수 있다.

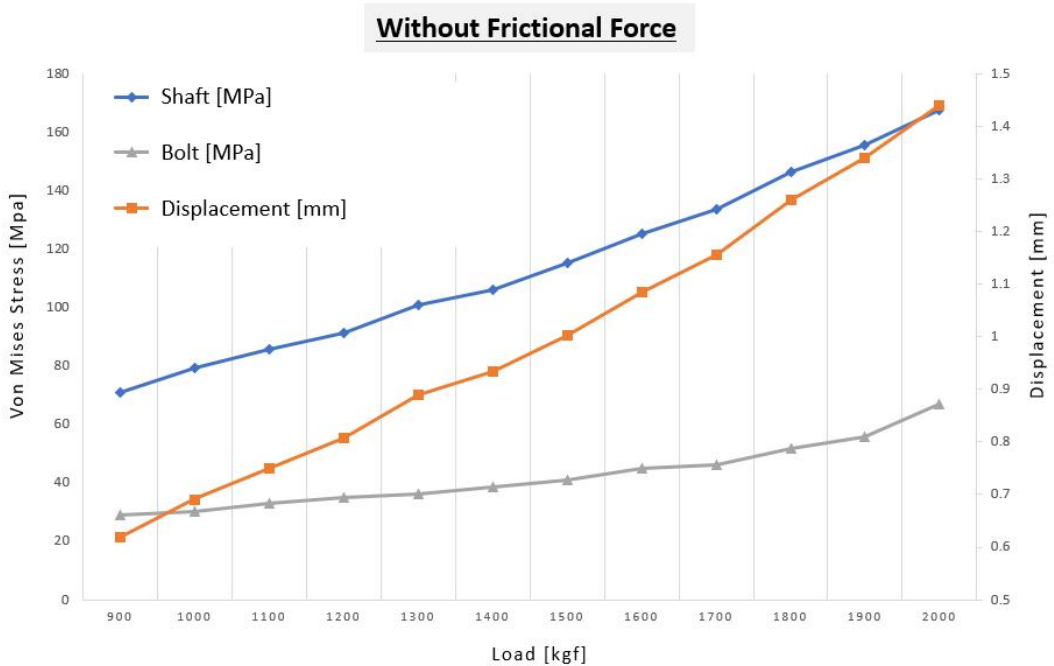


Fig. 41 Result value according to the core mass (Without frictional force)

(a) Stress of index shaft (b) Stress of bolt (c) Z-axis displacement

Fig. 42에서는 900kg(파란색), 1400kg(주황색), 2000kg(회색)의 인텍스 축과 코어 사이에 마찰력 적용 여부에 따른 과도응답, 정상응답을 나타낸 결과이다. 마찰력이 없는 경우 인텍스 축이 당기는 상황에서 시간에 따라 응력값이 크게 변화하는 것이 확인되고, 시간이 지남에 따라 그 차이가 줄어들어 가는 것이 확인된다. Z축의 변위와 볼트의 응력 또한 이와 같은 경향을 나타낸다. 하지만 마찰력이 있는 경우 거동 초기에 요동이 발생하나, 마찰이 없는 경우와 비교했을 때 큰 차이가 있으며, 정상상태에 진입하는 시간이 0.3초 정도로 빠르다. 이 결과를 종합하여 보았을 때 마찰력이 없는 경우 당기는 거동에서 코어가 Z축 방향으로 요동이 발생하고, 이는 축과 볼트에 영향을 미친다. 따라서 평균값이 아닌 특정 시간에서 응력값을 보면 순간적으로 소재의 항복 응력값을 넘어가는 것이 확인된다. 이는 평균값으로는 축이 변형되지 않으나, 요동에 의해 순간적으로 변형될 수 있다는 것을 의미한다. 이 요동은 마찰력이 없어 코어에 미소 슬립이 발생함에 따라 발생하는 것으로 볼 수 있다. 하지만 마찰을 적용하는 경우 이 슬립이 발생하지 않고, 요동이 거의 발생하지 않음에 따라 정상상태에 진입하는 시간이 빠르다고 볼 수 있다. 실제로 장비의 코어와 축 사이에 마찰력이 존재하기 때문에 실제 현상 결과는 Fig. 42의 아래 결과와 같다고 볼 수 있다. 또한 마찰력은 수직력에 따라 증가하기 때문에 코어의 중량이 증가하면 축 거동시 슬립이 거의 발생하지 않는다. 또한 코어를 지지하는 도메인은 인텍스 축의 앞 부분 상단부와 볼트이다. 이때 마찰력 증가에 따라 인텍스 축 앞부분에 높은 응력이 발생하기 때문에 코어의 중량 증가에 따라 볼트의 응력이 낮아지는 것으로 볼 수 있다. 볼트의 응력은 1500kg까지 감소하다가 다시 점차 증가하는 경향을 보이는데, 이는 마찰력에 의해 볼트에 축 거동 방향 응력은 상쇄되지만 축의 처짐에 의해 발생하는 응력으로 보인다. 이는 마찰 여부에 따른 볼트의 응력 집중부의 차이를 통해 확인가능하다.

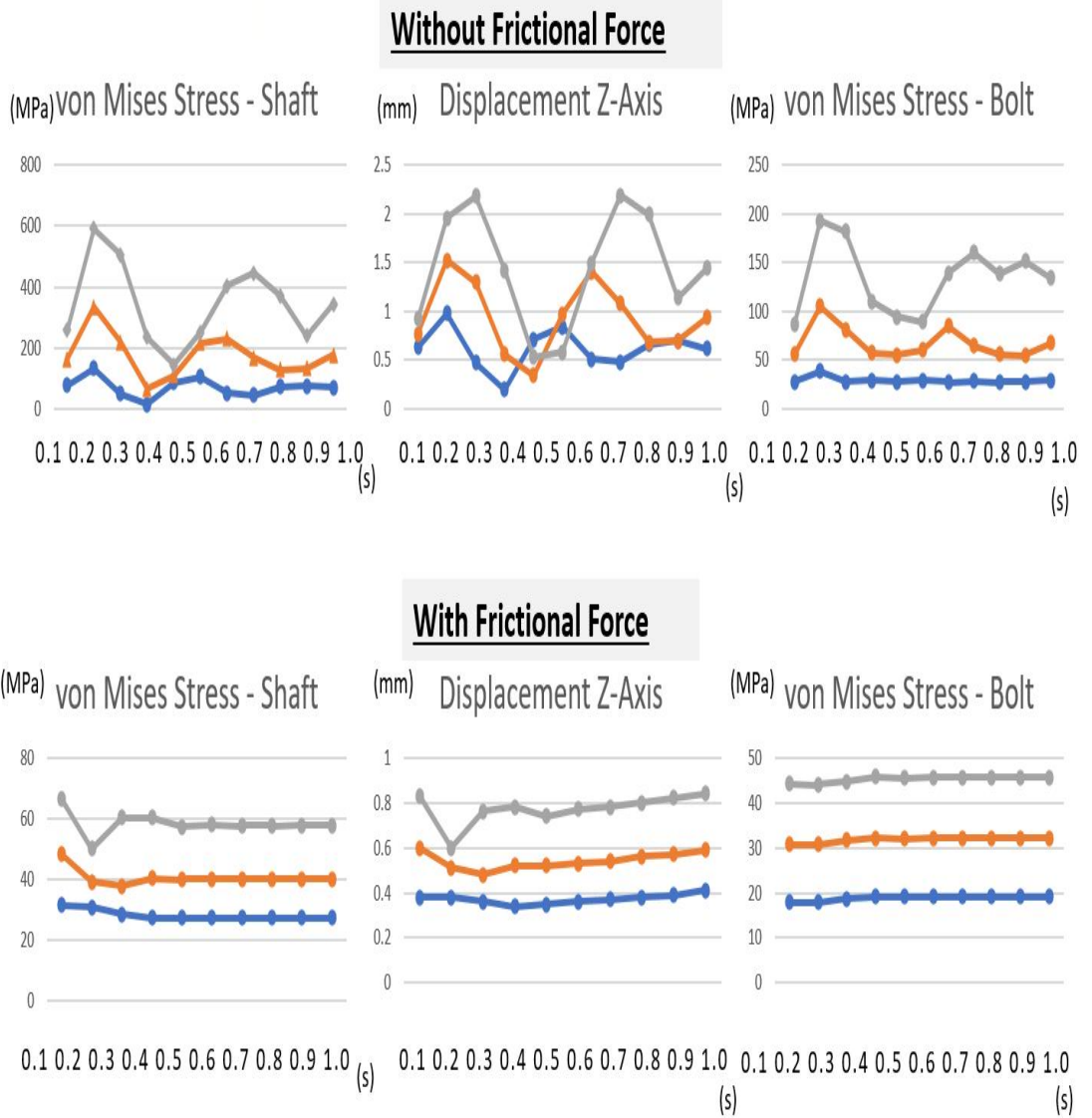


Fig. 42 Normal response analysis

Fig. 43 의(a)는 마찰이 적용되어 볼트 머리부분에는 응력이 발생하지 않지만 볼트 체결부에 응력이 집중되는 것을 확인할 수 있다. 이는 코어 부분의 처짐에 의한 것이라고 볼 수 있다. Fig. 43의(b)는 마찰이 없는 경우 볼트 응력 집중부를 나타낸 것이다. 코어 부분 슬립과 요동에 의해 볼트 체결부와 볼트 머리부분에 응력이 집중되는 것을 확인할 수 있다. 이를 통해서 인덱스 축의 마찰이 볼트에 미치는 영향을 확인 가능하다. 실제로 마찰이 적용되어 있기 때문에 중량 증가에 따라 볼트의 응력보다 축의 응력이 전체 지지부에서 높은 중요도를 가진다고 판단가능하다.

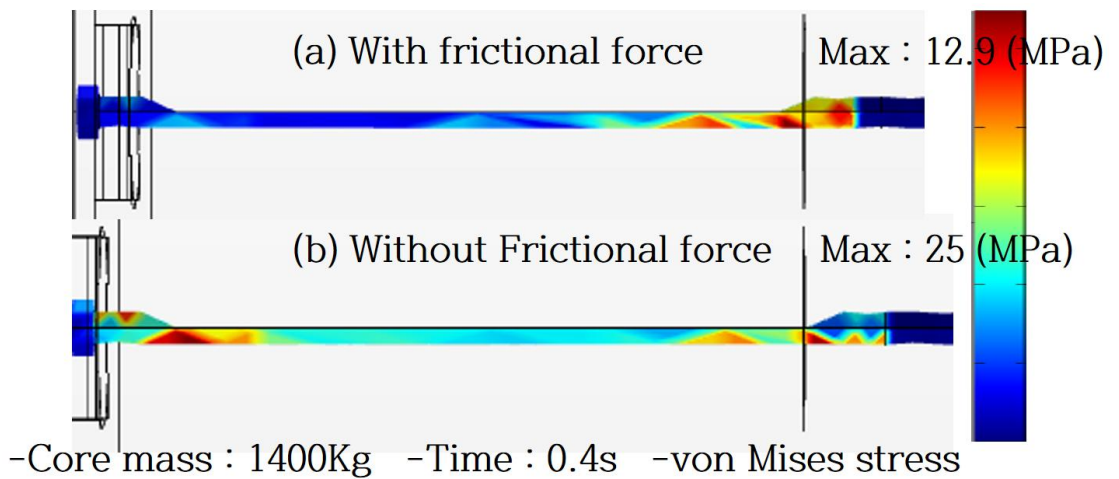


Fig. 43 Difference in the stress concentration of the bolt depending on the frictional force

## 제4장 결론

본 연구에서는 이중사출 장비의 수요 증가에 따른 다양한 제품 성형을 위한 코어 중량 증가에 따른 코어 지지부의 안정성 구조해석을 진행했다. 1차적으로 코어 거동에 따른 축의 안정성을 해석하고, 2차로 다물체동역학 해석을 통해 코어를 지지하는 각 요소에 대한 결과를 확인하고 분석했다.

코어 중량 증가에 따라 축의 소재 항복응력 값을 초과하지는 않는 것을 확인하였으나, 다물체 동역학 해석을 통해 거동시 Z축 방향의 요동이 발생하고, 이에 따라 응력이 크게 변화하는 것을 확인했다. 이 요동은 코어와 인덱스 축 사이의 마찰력이 적용됨에 따라 줄어드는 것이 확인되고, 이는 코어의 안정성 및 볼트에 가해지는 응력을 인덱스 축이 상쇄하며 안정성에 영향을 미친다. 코어의 중량이 증가됨에 따라 축이나 볼트의 영구 변형이 발생하지 않으나, Z축 처짐량이 늘어나기 때문에 이를 기준으로 코어의 중량 증가 기준을 수립하는 것이 필요하다. 또한 일반적인 강과 강 사이의 마찰계수를 통해 해석을 진행하였으나, 실제 현상과 같은 해석을 위해서는 각 마찰면의 실험을 통한 마찰계수 확보를 통한 해석이 추가적으로 진행되어야 한다. 특히 실제 면의 마찰계수가 낮은 경우 본 해석의 마찰력이 없는 경우와 같은 축 거동시 코어의 요동이 발생하여 축 및 볼트의 안정성에 악영향을 미칠 가능성이 높으므로, 마찰계수를 높일 수 있는 방법을 통해 안정성을 확보하는 것이 필요하다.

본 연구는 이중사출 장비의 코어 축 지지부의 안정성에 대한 구조해석 결과이다. 본 연구를 통해 물리적인 구조 안정성에 대한 분석은 진행 되었으나, 실제 장비는 사출 및 냉각을 위해 코어면과 축 내부에 유로가 존재하며, 열에 의한 영향이 분명 존재한다. 따라서 실제 현상과 맞는 결과를 위해서는 열과 구조 복합해석이 필요하다.

## REFERENCE

1. Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2009). Manufacturing Engineering. Technology; Prentice Hall: London, UK, 568-571.
2. Hyun Sung Kim, Seok Heum Baek, DongSeop Han, “Structural optimixation of Variable Swash Plate for Automotive compressor.” KSME, pp. 165 – 171, 2011
3. Kim. H. S, Han.D. S, Kim. T. H and Han. G. J, “Strength Analysis and Flatness of Swash Plate for A/C Compressor.” KSPM 2010 Spring Conference, pp.1341 – 1342, 2010
4. Yun-ki Kwon and Geon-ho Lee, “The Design of Suction and Discharge Valve of Automotive Swash Plate Type Compressor,” Journal of Fluid Machinery, Vol. 9, pp. 13 - 18, 2006
5. Seok Heum Baek, Hyun Sung Kim and Dong Seop Han, “Structural Optimization of Variable Swash Plate for Automotive Compressor Using Orthogonal Polynomials.” Journal of the Korean Society of Mechanical Engineers, Vol. 35, pp. 1274 – 1279, 2011
6. Dary L.Logan, “A first Coures in the Finite Element Method.” THOMSON, pp. 759 – 771, 2006
7. Jin-woo Kim, “Structural analysis and wearability evaluation of a vehicle’s swash plate A/C compressor”, Journal of the Korean Society of Manufacutring Process Engineers, Vol.12 No.5, pp. 109 – 111, 2013
8. Min. J. K., Jeong. J. H., Ha. M. Y. and kim. K S., 2009, “High Temperature Heat Exchanger Studies for Applications to Gas Turbines.” Heat Mass Transfer, Vol.46, pp. 175 - 186
9. John A. Schey, “Introduction to Manufacturing Processes”, Intervision, Vol. 1, pp.565 – 573, 2001
10. Kim, K. Y., Park, H. Y., “Pump Handbook”, Dong Myeong Publishers, Vol.1, pp. 65 – 82, 2002
11. Lee, S. K., “ Influence of Impeller outlet Angles in Pump Flow Patters and



- Characteristics”, Korean Society for Fluid Machinery. Vol. 3, No.1, pp. 28 –36, 2000
12. J. Gimbum., T. G. Chuah., Thomas S. Y Choong., A.Fakhru’l-Raxi., 2005, “A CFD Study on the Prediction of Cyclone collection Efficiency”, International Journal for Computational Methods in Engineering Science and Mechanics, Vol.6, pp. 161-168
  13. Beam, R. M., and Waming, R. F., “Implicit numerical methods for the compressible Navier-Stokes and Euler equations”, von Karman Institute for Fluid Dynamics Lecture Series, 1982
  14. Coakley, T. J., “Turbulence modeling Methods for the compressible Navier-Stokes equations“, AIAA paper, Paper number 83-1693, 1983
  15. Menter, F. R., “Two-equation eddy-viscosity turbulence models for engineering applicaions”, AIAA Journal Vol.32, No. 8, 1994, pp. 1598-1605
  16. L. X. Zhou., S. L. Soo., 1990, “Gas-Solid Flow and Collection of Solids in a cyclone Separator”, Powder Technology, Vol.63, pp. 45-53
  17. Y. N. Chun., T. I. Ohm., 1996, “Numerical Study of Cyclone Dust Collector”, Journal of Korea Air Pollution Research Association, Vol.12, No. 1, pp. 43-53
  18. J. Gimbum, T. G. Chuah., Thomas S. Y. Choong., A.Fakhru’l Raxi, 2005, “A CFD Study on the Prediction of Cyclone Collection Efficiency”, International Journal for Computational Methods in Engineering Science and Mechanics, Vol. 6, pp. 161-168
  19. T. H. Shih., W. W. Liou., A. Shabbir and J. Shu. A., 1995, “A New k-ε Eddy-Viscosity Model for High Reynolds Number Turbulent Flows Model Development and Validation”, Computer Fluids, Vol. 24, No. 3, pp. 227-238
  20. Blevins. R. D.(1984), Applied Fluid dynamics Handbook, van Nostrand Reinhold Company , pp. 279-311
  21. Bosch, G. and Rodi, W.(1998) Simulation of Vortex Shedding Past a Square Cylinder with Different Turbulence Models, international Journal for Numerical Methods in Fluids, Vol. 18, pp. 387-403
  22. Chou, P. Y.(1945), on Velocity correlations and the solutions of the Equation of Turbulent Fluctuation, Applied Mathematics, Vol. 111, No. 1, pp.38-54

23. simiu, E., “ Wind effects on structures: fundamentals and applications to design”  
John Wiley 1996

## 감사의 글

먼저, 김재열 지도교수님께 감사의 말씀을 전하고 싶습니다. 교수님께서서는 항상 저를 지도하시면서 끊임없이 격려와 조언을 해주셨습니다. 특히, 논문 작성 과정에서는 교수님께서 많은 지도와 조언을 주시면서 더 나은 논문을 작성할 수 있도록 도와주셨습니다. 교수님의 멘토링 덕분에 저는 좋은 결과를 얻을 수 있었습니다.

또한, 제 주변에 있는 도움 주신 모든 분께 감사의 말씀을 전하고 싶습니다. 제가 대학원 과정에서 직장공부와 병행하면서 어려움을 겪을 때마다, 도움 주신 분들의 지지와 격려가 항상 큰 힘이 되었습니다. 늦은 나이에 다시 공부를 할 수 있게 옆에서 큰 힘이 되어준 친구인 장현종에게 이 기쁨을 나누고, 다시 한번 감사의 말을 전하고 싶습니다. 마지막으로, 가장 큰 감사의 마음을 가진 분은 제 가족이라고 생각합니다. 제가 대학원 과정에서 지칠 때마다, 가족들의 지지와 격려가 항상 큰 힘이 되었습니다. 특히, 가족들은 항상 저를 믿고 지원해주셨으며, 끝까지 함께 해주셨습니다. 그 덕분에 저는 지금의 성과를 얻을 수 있었습니다.

다시 한번, 제 지도교수님과 주변 도움 주신 모든 분, 그리고 가족들께 감사의 말씀을 전하고 싶습니다. 이번 성과는 모든 분의 노력과 지원 덕분에 얻을 수 있었습니다. 앞으로도 더욱 노력해서 더 큰 성과를 이루어 나갈 수 있도록 노력하겠습니다. 감사합니다.

2023.4.11 이준호