

대분류/15
기계

중분류/01
기계설계

소분류/02
기계설계

세분류/01
기계요소설계

능력단위/06

NCS학습모듈

체결요소설계

LM1501020106_16v3



교육부

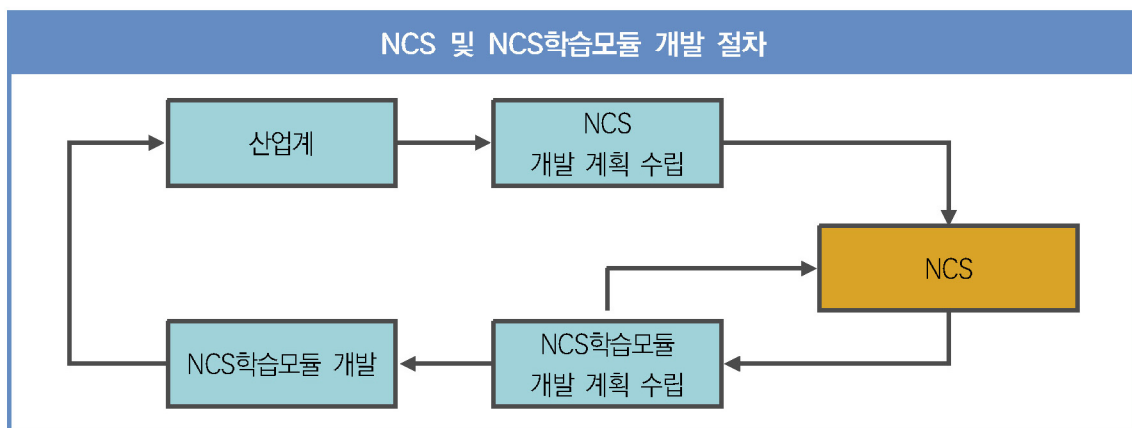
NCS 학습모듈은 교육훈련기관에서 출처를 명시하고 교육적 목적으로 활용할 수 있습니다. 다만 NCS 학습모듈에는 국가(교육부)가 저작권 일체를 보유하지 않은 저작물들(출처가 표기되어 있는 도표, 사진, 삽화, 도면 등)이 포함되어 있으므로 이러한 저작물들의 변형, 복제, 공연, 배포, 공중 송신 등과 이러한 저작물들을 활용한 2차 저작물의 생성을 위해서는 반드시 원작자의 동의를 받아야 합니다.

NCS학습모듈의 이해

※ 본 NCS학습모듈은 「NCS 국가직무능력표준」사이트(<http://www.ncs.go.kr>) 에서 확인 및 다운로드할 수 있습니다.

I NCS학습모듈이란?

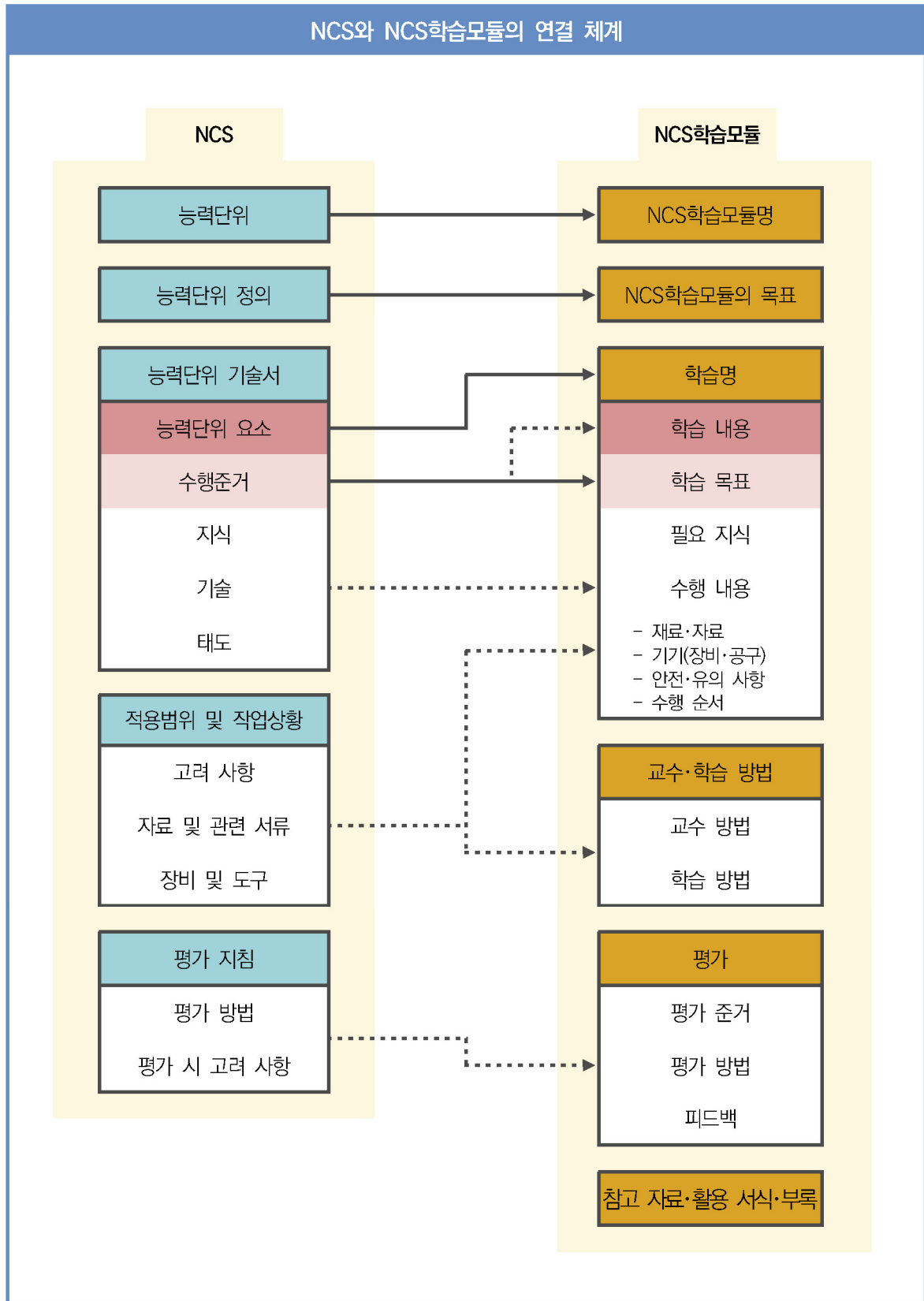
- 국가직무능력표준(NCS: National Competency Standards)이란 산업현장에서 직무를 수행하기 위해 요구되는 지식·기술·소양 등의 내용을 국가가 산업부문별·수준별로 체계화한 것으로 산업현장의 직무를 성공적으로 수행하기 위해 필요한 능력(지식, 기술, 태도)을 국가적 차원에서 표준화한 것을 의미합니다.
- 국가직무능력표준(이하 NCS)이 현장의 ‘직무 요구서’라고 한다면, **NCS학습모듈은 NCS의 능력단위를 교육훈련에서 학습할 수 있도록 구성한 ‘교수·학습 자료’입니다.** NCS학습모듈은 구체적 직무를 학습할 수 있도록 이론 및 실습과 관련된 내용을 상세하게 제시하고 있습니다.



○ NCS학습모듈은 다음과 같은 특징을 가지고 있습니다.

- 첫째, NCS학습모듈은 산업계에서 요구하는 직무능력을 교육훈련 현장에 활용할 수 있도록 성취목표와 학습의 방향을 명확히 제시하는 가이드라인의 역할을 합니다.
- 둘째, NCS학습모듈은 특성화고, 마이스터고, 전문대학, 4년제 대학교의 교육기관 및 훈련기관, 직장교육기관 등에서 표준교재로 활용할 수 있으며 교육과정 개편 시에도 유용하게 참고할 수 있습니다.

○ NCS와 NCS학습모듈 간의 연결 체계를 살펴보면 아래 그림과 같습니다.



II NCS학습모듈의 체계

○ NCS학습모듈은 1. NCS학습모듈의 위치, 2. NCS학습모듈의 개요, 3. NCS학습모듈의 내용 체계, 4. 참고 자료, 5. 활용서식/부록으로 구성되어 있습니다.

1. NCS학습모듈의 위치

○ NCS학습모듈의 위치는 NCS 분류 체계에서 해당 학습모듈이 어디에 위치하는지를 한 눈에 볼 수 있도록 그림으로 제시한 것입니다.

[NCS-학습모듈의 위치]		
대분류	문화·예술·디자인·방송	
중분류	문화콘텐츠	
소분류	문화콘텐츠제작	
세분류		
방송콘텐츠제작	능력단위	학습모듈명
영화콘텐츠제작	프로그램 기획	프로그램 기획
음악콘텐츠제작	아이템 선정	아이템 선정
광고콘텐츠제작	자료 조사	자료 조사
게임콘텐츠제작	프로그램 구성	프로그램 구성
애니메이션 콘텐츠제작	캐스팅	캐스팅
만화콘텐츠제작	제작계획	제작계획
캐릭터제작	방송 미술 준비	방송 미술 준비
스마트문화앱 콘텐츠제작	방송 리허설	방송 리허설
영사	야외촬영	야외촬영
	스튜디오 제작	스튜디오 제작
	...	...

학습모듈은

NCS 능력단위 1개당 1개의 학습모듈 개발을 원칙으로 합니다. 그러나 필요에 따라 고용단위 및 교과단위를 고려하여 능력단위 몇 개를 묶어 1개 학습모듈로 개발할 수 있으며, NCS 능력단위 1개를 여러 개의 학습모듈로 나누어 개발할 수도 있습니다.

2. NCS학습모듈의 개요

○ NCS학습모듈의 개요는 학습모듈이 포함하고 있는 내용을 개략적으로 설명한 것으로

학습모듈의 목표, 선수학습, 학습모듈의 내용 체계, 핵심 용어 로 구성되어 있습니다.

학습모듈의 목표	해당 NCS 능력단위의 정의를 토대로 학습 목표를 작성한 것입니다.
선수학습	해당 학습모듈에 대한 효과적인 교수·학습을 위하여 사전에 이수해야 하는 학습모듈, 학습 내용, 관련 교과목 등을 기술한 것입니다.
학습모듈의 내용 체계	해당 NCS 능력단위요소가 학습모듈에서 구조화된 체계를 제시한 것입니다.
핵심 용어	해당 학습모듈의 학습 내용, 수행 내용, 설비·기자재 등 가운데 핵심적인 용어를 제시한 것입니다.

제작계획 학습모듈의 개요

학습모듈의 목표

본격적인 촬영을 준비하는 단계로서, 촬영 대본을 확정하고 제작 스태프를 조직하며 촬영 장비와 촬영 소품을 준비할 수 있다.

선수학습

제작 준비(LM0803020105_13v1), 섭외 및 제작스태프 구성(LM0803020104_13v1), 촬영 제작(LM0803020106_13v1), 촬영 장비 준비(LM0803040204_13v1.4), 미술 디자인 협의하기(LM0803040203_13v1.4)

학습모듈의 내용체계

학습	학습 내용	NCS 능력단위 요소	
		코드번호	요소 명칭
1. 촬영 대본 확정하기	1-1. 촬영 구성안 검토와 수정	0803020114_16.3.1	촬영 대본 확정하기
2. 제작 스태프 조직하기	2-1. 기술 스태프 조직 2-2. 미술 스태프 조직 2-3. 전문 스태프 조직	0803020114_16.3.2	제작 스태프 조직하기
3. 촬영 장비 계획하기	3-1. 촬영 장비 점검 과 준비	0803020114_16.3.3	촬영 장비 계획하기
4. 촬영 소품 계획하기	4-1. 촬영 소품 목록 작성 4-2. 촬영 소품 제작 의뢰	0803020114_16.3.4	촬영 소품 계획하기

핵심 용어

촬영 구성안, 제작 스태프, 촬영 장비, 촬영 소품

학습모듈의 목표는

학습자가 해당 학습모듈을 통해 성취해야 할 목표를 제시한 것으로, 교수자는 학습자가 학습모듈의 전체적인 내용흐름을 파악하도록 지도할 수 있습니다.

선수학습은

교수자 또는 학습자가 해당 학습모듈을 교수·학습하기 이전에 이수해야 하는 교과목 또는 학습모듈(NCS 능력단위) 등을 표기한 것입니다. 따라서 교수자는 학습자가 개별 학습, 자기 주도 학습, 방과 후 활동 등 다양한 방법을 통해 이수할 수 있도록 지도하는 것을 권장합니다.

핵심 용어는

해당 학습모듈을 대표하는 주요 용어입니다. 학습자가 해당 학습모듈을 통해 학습하고 평가받게 될 주요 내용을 알 수 있습니다. 「NCS 국가직무능력표준」 사이트(www.ncs.go.kr)의 색인(찾아보기) 중 하나로 이용할 수 있습니다.

3. NCS학습모듈의 내용 체계

○ NCS학습모듈의 내용은 크게 **학습**, **학습 내용**, **교수·학습 방법**, **평가**로 구성되어 있습니다.

학습	해당 NCS 능력단위요소 명칭을 사용하여 제시한 것입니다. 학습은 크게 학습 내용, 교수·학습 방법, 평가로 구성되며 해당 NCS 능력단위의 능력단위 요소별 지식, 기술, 태도 등을 토대로 내용을 제시한 것입니다.
학습 내용	학습 내용은 학습 목표, 필요 지식, 수행 내용으로 구성되며, 수행 내용은 재료·자료, 기기(장비·공구), 안전·유의 사항, 수행 순서, 수행 tip으로 구성한 것입니다. 학습모듈의 학습 내용은 실제 산업현장에서 이루어지는 업무활동을 표준화된 프로세스에 기반하여 다양한 방식으로 반영한 것입니다.
교수·학습 방법	학습 목표를 성취하기 위한 교수자와 학습자 간, 학습자와 학습자 간 상호 작용이 활발하게 일어날 수 있도록 교수자의 활동 및 교수 전략, 학습자의 활동을 제시한 것입니다.
평가	평가는 해당 학습모듈의 학습 정도를 확인할 수 있는 평가 준거 및 평가 방법, 평가 결과의 피드백 방법을 제시한 것입니다.

학습 1	촬영 대본 확정하기
학습 2	제작 스태프 조직하기
학습 3	촬영 장비 계획하기
학습 4	촬영 소품 계획하기

2-1. 기술 스태프 조직

학습 목표

- 프로그램 제작에 적합한 기술 스태프를 조직할 수 있다.

필요 지식 /

1. 기술 스태프의 구성
 프로그램의 장르에 따라 구성하는 기술 스태프는 많은 차이가 있다. 같은 장르의 프로그램이라도 그 형식이나 내용, 규모에 따라서 구성되는 기술 스태프의 종류와 인원 수는 천차만별이다.

1. 스튜디오 프로그램
 토크쇼, 종합 구성, 예능과 같은 스튜디오 프로그램은 부조정실과 스튜디오를 사용하여 제작하기 때문에 많은 기술 스태프가 필요하다.

학습은
 해당 NCS 능력단위요소 명칭을 사용하여 제시하였습니다. 하나의 학습은 일반교과의 '대단원'에 해당되며, 학습모듈을 구성하는 가장 큰 단위가 됩니다. 또한 하나의 직무를 수행하기 위한 가장 기본적인 단위로 사용할 수 있습니다.

학습 내용은
 NCS 능력단위요소별 수행준거를 기준으로 제시하였습니다. 일반교과의 '중단원'에 해당합니다.

학습 목표는
 학습 내용을 이수할 때 학습자가 갖춰야 할 행동 수준을 의미합니다. 따라서 수업시간의 과목 목표로 활용할 수 있습니다.

필요 지식은
 해당 NCS의 지식을 토대로 학습에 대한 이해와 성과를 제고하기 위해 반드시 알아야 할 주요 지식을 제시하였습니다. 필요 지식은 수행에 꼭 필요한 핵심 내용을 위주로 제시하여 교수자의 역할이 매우 중요하며, 이후 수행 순서와 연계하여 교수·학습으로 진행할 수 있습니다.

수행 내용 / 기술 스태프 구성표 작성하기

재료·자료

- 방송프로그램 제작 기획서 및 방송 대본, 콘티(continuity), 제작 일정, 운용표
- 장비 및 시설, 제작 시설 배정 의뢰서 및 배정표, 방송 기술 스태프 데이터베이스(DB) 자료

기기(장비·공구)

- 컴퓨터 등

안전·유의 사항

- 프로그램의 내용과 제작 방법을 분석하고, 각 스태프들의 역할을 신중하게 검토한다.

수행 순서

- 1 방송 대본이나 콘티(continuity), 큐 시트를 분석하고, 프로그램의 내용적 특성, 제작 과정에 대한 자료를 수집한다.
 - 2 프로그램 제작 방법을 결정한다.
1. 스튜디오 녹화를 할 것인가, 야외 촬영을 할 것인가 검토한다.

수행 tip

- 스태프의 결정은 스태프 간의 호흡을 중 요시하여 선정해야 프로그램의 질을 향상시킬 수 있다.

수행 내용은

해당 학습모듈에서 제시한 내용 중 기술(skill)을 습득하기 위한 실습과제로 활용할 수 있습니다.

재료·자료는

수행 내용을 수행하는데 필요한 재료 및 준비물로 실습 시 활용할 수 있습니다.

기기(장비·공구)는

수행 내용에 필요한 기본적인 장비 및 도구를 제시하였습니다. 제시된 기기 외에도 수행에 필요한 다양한 도구나 장비를 활용할 수 있습니다.

안전·유의사항은

수행 내용을 수행하는 데 있어 안전상 주의해야 할 점 및 유의사항을 제시하였습니다. 실습 시 유념해야 하며, NCS의 고려사항도 추가적으로 활용할 수 있습니다.

수행 순서는

실습 과제의 진행 순서로 활용할 수 있습니다.

수행 tip은

수행 내용에서 실습을 용이하게 할 수 있는 아이디어를 제시하였습니다. 수행 tip은 지도상의 안전 및 유의사항 외에 전반적으로 적용되는 주안점 및 수행 과제 목적에 대한 보충설명, 추가사항 등으로 활용할 수 있습니다.

학습2 교수·학습 방법

교수 방법

- 방송 프로그램의 기술적 요소, 미술 구성 요소, 특수 촬영에 대해 설명한다.
- 방송 프로그램 제작에서 각 기술 스태프의 역할에 대해 설명한다.
- 방송 프로그램을 분석하고 필요한 기술 스태프를 구성할 수 있도록 지시한다.

학습 방법

- 방송 프로그램의 기술적 요소, 미술 구성 요소, 특수 촬영에 대해서 알아본다.
- 프로그램 제작에 필요한 기술 스태프의 역할을 이해하고, 기술 스태프 구성표를 작성한다.

교수·학습 방법은

학습 목표를 성취하는 데 필요한 교수 방법과 학습 방법을 제시하였습니다.

교수 방법은

해당 학습 활동에 필요한 학습 내용, 학습 내용과 관련된 자료명, 자료 형태, 수행 내용의 진행 방식 등에 대하여 제시하였습니다. 또한 학습자의 수업참여도 제고 방법 및 수업 진행상 유의사항 등도 제시하였습니다. 선수학습이 필요한 학습을 학습자가 숙지하였는지 교수자가 확인하는 과정으로 활용할 수도 있습니다.

학습 방법은

해당 학습 활동에 필요한 학습자의 자기 주도 학습 방법을 제시하였습니다. 또한 학습자가 숙달해야 할 실기 능력과 학습 과정에서 주의해야 할 사항 등도 제시하였습니다. 학습자가 학습을 이수하기 전 반드시 숙지해야 할 기본 지식을 학습하였는지 스스로 확인하는 과정에 활용할 수 있습니다.

학습2

평 가

평가 준거

- 평가자는 학습자가 학습 목표를 성공적으로 달성하였는지를 평가해야 한다.
- 평가자는 다음 사항을 평가해야 한다.

학습 내용	학습 목표	성취수준 상 중 하
기술 스태프 조직	- 프로그램 제작에 적합한 기술 스태프를 조직할 수 있다.	
미술 스태프 조직	- 프로그램 제작에 적합한 미술 스태프를 조직할 수 있다.	
전문 스태프 조직	- 프로그램 특수 촬영을 위한 전문 스태프를 조직할 수 있다.	

평가 방법

- 사례 연구

학습 내용	평가 항목	성취수준 상 중 하
기술 스태프 조직	- 프로그램에서 기술적 요소의 파악 여부 - 기술 스태프의 역할 파악 여부 - 프로그램에 필요한 기술 스태프 구성표 작성 능력	

피드백

1. 사례 연구
 - 프로그램을 선택하여 기술 스태프, 미술 스태프, 전문 스태프 구성표를 예시와 같이 작성하였는지 개인별 능력을 평가한 후, 그 결과를 모든 학습자에게 공유하도록 한다.

평가는

NCS 능력단위의 평가 방법과 평가 시 고려사항을 준용하여 작성합니다. 교수자와 학습자가 평가 항목별 성취수준 확인 시 활용할 수 있습니다.

평가 준거는

학습자가 학습을 어느 정도 성취하였는지 평가하기 위한 기준을 제시하고 있습니다. 학습 목표와 연계하여 단위수업 시간에 평가 항목 별 성취수준을 평가하는 데 활용할 수 있습니다.

평가 방법은

NCS 능력단위의 평가 방법을 참고하였으며, 평가 준거에 따른 평가 방법을 2개 이상 제시합니다. 평가 방법의 종류는 포트폴리오, 문제해결 시나리오, 서술형 시험, 논술형 시험, 사례 연구, 평가자 체크리스트, 작업장 평가 등이 있으며, NCS 능력단위 요소 별 수행 수준을 평가하는 데 가장 적절한 방법을 선정하여 활용할 수 있습니다.

피드백은

평가 후에 학습자들에게 평가 결과를 피드백하여 학습 목표를 달성하는 데 활용할 수 있습니다.

4. 참고 자료

참 고 자 료

- 교육부(2013). 섭외 및 제작스태프 구성(LM0803020104_13v1). 한국직업능력개발원.

참고 자료는

해당 학습모듈에 제시된 인용 자료의 출처를 제시하였습니다. 교수·학습의 과정에서 참고로 활용할 수 있습니다.

5. 활용 서식/부록

활 용 서 식

스튜디오 기술 스태프 구성표

직종	이름	연락처	소속	특이사항	비고
기술감독					
조명감독					

활용 서식은

평가 서식, 실습 시트 등 교수·학습 시 활용할 수 있는 다양한 서식들로 구성하였습니다. 수행에서 평가에 이르기까지 필요한 서식을 해당 모듈의 특성에 맞춰 개발하거나 기존의 양식을 활용하여 제시하였습니다.

부 록

[디지털 텔레비전 방송프로그램 음량 등에 관한 기준]

제정 2014. 11. 29. 미래창조과학부 고시 제2014-87호

제1장 총칙

제1조(목적) 이 고시는 방송법 제70조의2제1항에 따라 방송사업자가 디지털 텔레비전 방송프로그램 및 방송광고의 음량을 일정하게 유지하기 위해 필요한 사항을 규정함을 목적으로 한다.

부록은

활용 서식 이외에 교수·학습 과정에서 참고할 수 있는 자료가 있는 경우 제시하였습니다.

[NCS-학습모듈의 위치]

대분류	기계	
중분류	기계설계	
소분류	기계설계	

세분류		
기계요소설계	능력단위	학습모듈명
기계시스템설계	요소공차검토	요소공차검토
구조해석설계	요소부품재질선정	요소부품재질선정
기계제어설계	체결요소설계	체결요소설계
	치공구요소설계	치공구요소설계
	요소설계검증	요소설계검증
	2D도면작업	2D도면작업
	2D도면관리	2D도면관리
	3D형상모델링작업	3D형상모델링작업
	3D형상모델링검토	3D형상모델링검토
	도면분석	도면분석
	도면검토	도면검토
	유압요소설계	유압요소설계
	공압요소설계	공압요소설계
	동력전달요소선정	동력전달요소선정
	동력전달요소설계	동력전달요소설계

차 례

학습모듈의 개요	1
학습 1. 요구기능 파악하기	
1-1. 체결요소 요구기능 파악	3
• 교수 · 학습 방법	13
• 평가	14
학습 2. 체결요소 선정하기	
2-1. 체결요소 선정	16
• 교수 · 학습 방법	50
• 평가	51
학습 3. 체결요소 설계하기	
3-1. 체결요소 설계	53
• 교수 · 학습 방법	59
• 평가	60
참고 자료	62

체결요소설계 학습모듈의 개요

학습모듈의 목표

각 기계 구성품의 체결을 목적으로 강도, 강성, 경제성, 수명을 고려하여 체결요소를 설계할 수 있다.

선수학습

2D도면작업(150102011_16v3), 2D도면관리(150102012_16v3), 3D형상모델링작업(150102013_16v3), 3D형상모델링검토(150102014_16v3)

학습모듈의 내용체계

학습	학습 내용	NCS 능력단위 요소	
		코드번호	요소 명칭
1. 요구기능 파악하기	1-1. 체결요소 요구기능 파악	1501020106_16v3.1	요구기능 파악하기
2. 체결요소 선정하기	2-1. 체결요소 선정	1501020106_16v3.2	체결요소 선정하기
3. 체결요소 설계하기	3-1. 체결요소 설계	1501020106_16v3.3	체결요소 설계하기

핵심 용어

기계요소설계, 체결요소설계, 요구기능, 볼트, 너트, 와셔, 키, 핀

학습 1

요구기능 파악하기

학습 2 체결요소 선정하기

학습 3 체결요소 설계하기

1-1. 체결요소 요구기능 파악

학습 목표

- 기계 구성품의 체결 요구 기능을 파악하여 문서로 작성할 수 있다.
- 요구 기능의 적합성을 판단할 수 있다.
- 요구 기능 미 충족 시 대응 방안을 수립할 수 있다.

필요 지식 /

① 기계요소

기계요소는 기계를 구성하는 공통적인 기본 부품을 말함

1. 기계요소의 분류

(1) 체결(결합)용 기계요소

두 개 이상의 기계 부품을 결합하거나 고정할 때 사용하는 기계요소로 나사, 핀 키, 등이 있음

(2) 동력전달(전동)용 기계요소

동력이나 운동을 전달할 때 사용하는 기계요소로 마찰차, 기어, 벨트와 벨트풀리, 체인과 스프로킷 등이 있음

(3) 축용 기계요소

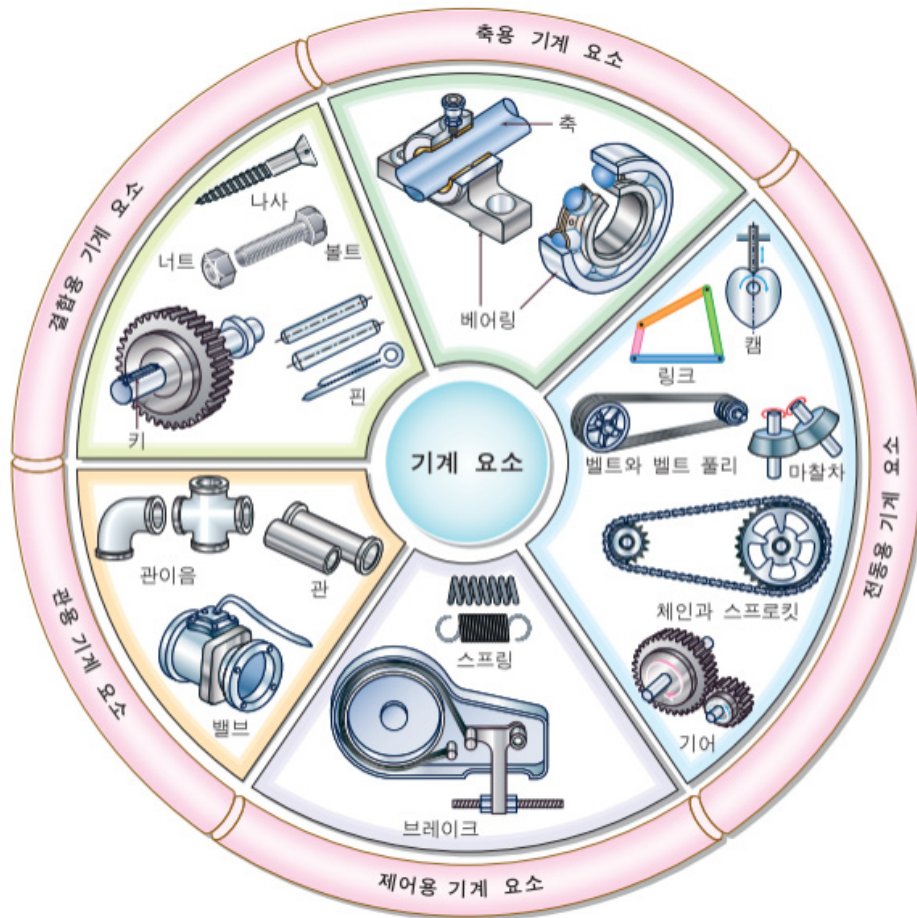
회전체의 중심을 고정하거나 축을 받쳐 줄 때 사용하는 기계요소로 축, 베어링, 클러치 등이 있음

(4) 제어용 기계요소

기계의 제동 또는 진동의 완충에 사용하는 기계요소로 브레이크, 스프링 등이 있음

(5) 관용 기계요소

기체나 액체를 수송할 때 사용하는 기계요소로 관, 밸브 등이 있음



출처: ZUM 학습백과. (<http://study.zum.com/book/13436>). 2019. 06. 24. 스크린샷.
[그림 1-1] 기계요소의 분류

② 표준규격

체결요소설계 시 경제성, 정밀성, 호환성 등을 위하여 설계를 진행할 때에는 표준 규격으로 이루어져야 한다. 이를 위해 국내에서도 1962년 표준화사업이 착수되어 한국공업규격(KS:Korean Industrial Standards)이 제정 되었다.

〈표 1-1〉 국제 및 주요 국가별 표준 규격과 기호

국가 및 기구	규격 기호	개정년도
국제 표준화기구	ISO(International organization for standardization)	1947
한국	KS(Korean industrial standards)	1966
영국	BS(british standards)	1901
독일	DIN(Deutsche industrie normen)	1917
미국	ANSI(American national standards institute)	1918
스위스	SNV(Schweitzerish normen dees vereinigung)	1918
프랑스	NF(norme Francaise)	1918
일본	JIS(Japanese industiral standards)	1952

③ 국제 단위계(SI)

미터계는 1875년 17개국의 대표가 프랑스 파리에 모여 미터외교회의를 개최하여 미터협약에 조인함으로써 공식화 되었다. 1960년 제 11차 국제도량형총회(CGPM: Conference Generale des Poids et Mesures)에서 공식적인 명칭 “국제단위계(SI : Le Systeme International d’Unites)”와 그 약칭 ‘SI’가 태어났다. 이에 따라 세계 각국에서 하나의 통일된 단위계를 사용하게 되었다.

기계설계를 할 때에도 형상, 치수, 재료 등을 규격화하면 고정밀도의 제품을 신속 정확하게 경제적으로 제작할 수 있을 뿐만 아니라 표준제품에 호환성이 얻어지고 제조업자나 수요자 모두 경제적이 된다. 표 1-2는 SI 단위의 구성을 나타낸다.

〈표 1-2〉 국제 및 주요 국가별 표준 규격과 기호

기본량	SI 기본단위	
	명칭	기호
길이	미터	m
질량	킬로그램	kg
시간	초	s
전류	암페어	A
열역학적 온도	켈빈	K
물질량	몰	mol
광도	칸델라	cd

재료·자료

- KS 및 ISO 등 국내외 규격
- 기계설계편람
- 설계절차서
- 제안서 및 사양서
- 산업안전보건법
- Lay-out 도면
- 카탈로그

기기(장비·공구)

- 컴퓨터
- CAD 프로그램

안전·유의 사항

- 작업시작 전, 중, 후 안전 점검을 통하여 문제점 도출 및 안전대책 수립, 조치 등 주기적인 환류 실시로 자율안전체계를 구축한다.
- 설비 8계통 점검항목에 따라 설비본체 체결부품계통, 구동전달 계통, 윤활계통, 공압계통, 유압계통, 전장제어 계통의 작동 목적을 이해하고 총 점검 부위에 대하여 안전 점검을 실시한다.

수행 순서

① 설계 기준에 대하여 조사한다.

기계 체결요소 설계 시에는 신뢰성, 공작성, 유지성, 경제성, 독창성, 표준, 소음성, 운반성, 합목적성, 계산성, 미관성 등에 대한 것을 고려해야 한다. 또한 경제성과 더불어 유사 제품 시장조사, 생산성, 창조성 등에 대하여 계획 설계를 하여야 한다.

이에 따라 설계 요구조건에 대해 체결구조가 이루고자 하는 목적에 대하여 상세히 조사할 필요가 있다.

1. 재료의 기준 강도 및 강도설계에 대하여 학습한다.

(1) 재료의 기준 강도, 등가응력, 항복강도에 대하여 조사한다.

재료의 기계적 성질은 응력과 변형률과의 관계를 선도에 나타낸 응력-변형률선도 (Stress-Strain Diagram)을 통하여 알 수 있다. 응력에는 단면 수축에 의한 실제 단면적을 사용하는 진응력(True Stress)과 재료에 작용하는 하중을 최소단면적으로 나눈 공칭응력(Nominal Stress)이 있다.

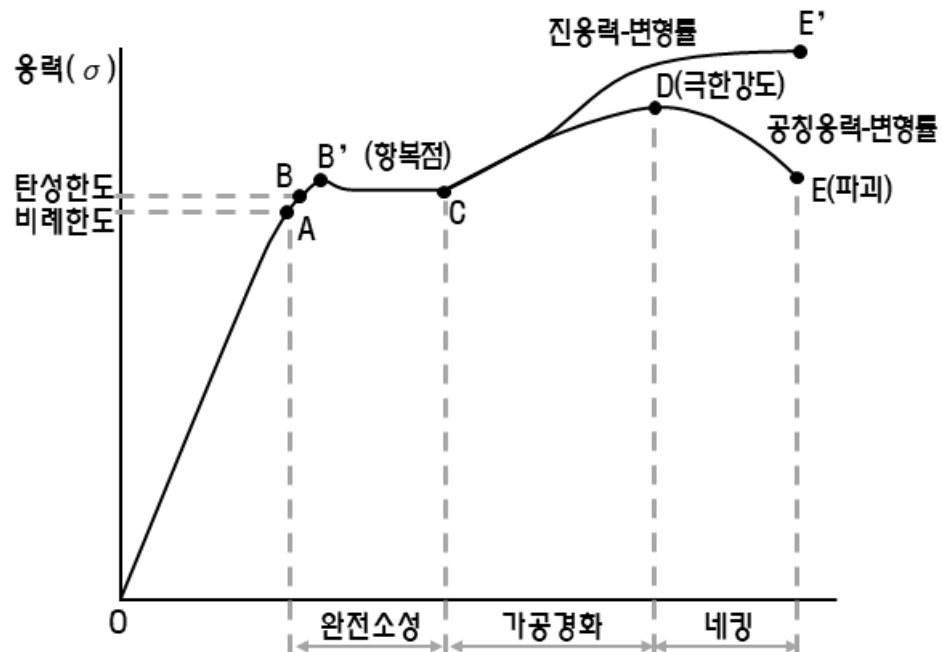
[그림 1-2]는 기계재료에 작용하는 응력과 변형률과의 관계를 선도에 나타낸 응력-변형률선도(Stress-Strain Diagram) 이다.

(가) 공칭응력(Nominal stress)

저탄소강의 인장시험에 있어서 A-B-B'-C-D-E의 그래프를 나타낸 것으로 하중을 최초 단면적으로 나눈 것

(나) 진응력(True stress)

저탄소강의 인장시험에 있어서 A-B-B'-C-E'의 그래프를 나타낸 것으로 하중을 매 순간의 축소 단면적으로 나눈 것



[그림 1-2] 저 탄소강의 인장시험

응력-변형률선도에서 점 A까지는 응력과 변형률이 비례 관계에 있다. 따라서 점 A를 비례한도(Proportional limit)라 한다. 비례한도 내에서는 응력과 변형률 사이를 후크의 법칙(Hooke's law)으로 나타내며 후크의 법칙은 아래 식 (1.1)과 같다.

$$\sigma = E\epsilon \quad (1.1)$$

여기서 E는 종탄성계수를 나타낸다.

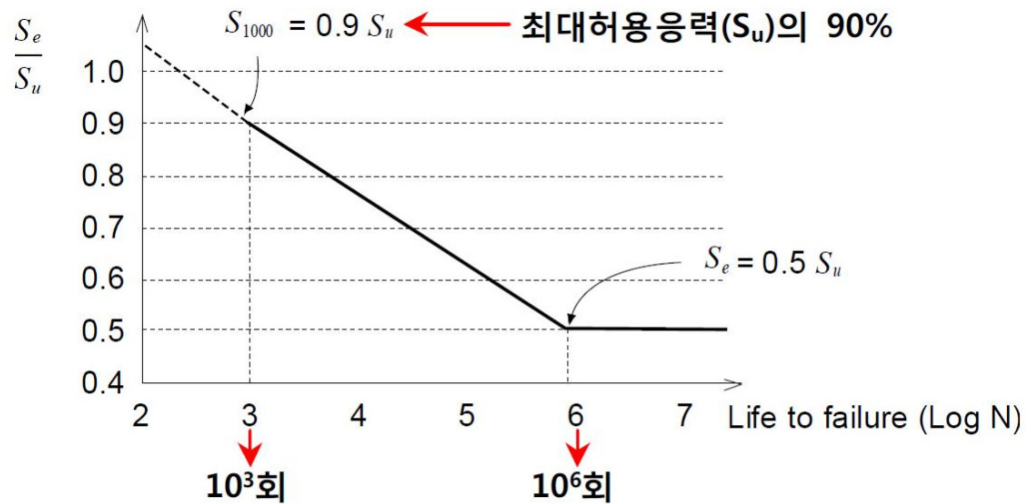
점 B에서는 재료에 응력을 제거하면 변형이 나타나지 않는 한계점으로 이 점 B를 탄성한도(Elastic limit)라고 부른다. 점 B를 지나는 응력을 재료에 가하면 재료에는 영구변형(Permanent strain)이 남게 된다. 또한 점 B'에서는 응력의 증감에 상관없이 변형률만 증가하는 것을 볼 수 있다. 이러한 점 B'를 항복점(Yield point)라고 한다. 그리고 비례한도 이후 점 C까지를 완전소성상태(Perfect Plasticity)라고 한다.

점 B'를 지나면 재료의 단면이 점점 작아져 국부수축현상(Local contraction)이 일어나게 되므로 공칭응력과 진응력과의 차는 벌어지게 되고, 응력이 절정에 이르는 점 D에 도달하면 재료의 단면이 급격히 작아져 응력이 떨어진다. 즉, 재료가 더 이상 견딜 수 없는 최대응력 값이 되어 결국에는 작아진 단면부위가 파괴된다. 이때의 점 D를 극한강도(Ultimate strength)라고 한다. 기계재료는 영구변형이 생기면 문제가 되므로 재료의 한계응력은 비례한도 또는 탄성한도를 넘지 않는 것이 좋으나 비례한도와 탄성한도는 정확하지 않기 때문에 일반적으로 항복점(또는 항복강도)을 한계응력으로 간주한다.

재료에 가해지는 하중은 시간변화에도 하중에 변동이 없는 정하중(Static load)과 시간의 변화에 따라 하중이 변하는 동하중(변동하중, 반복하중, 충격하중, 이동하중)이 있다. 앞서 기술한 내용은 정하중이 가해진 경우이나 실제 상황에서는 대부분 동하중이 작용하므로 정하중에 의한 파괴는 거의 없다. 그러나 응력-변형률 선도는 재료의 강도를 측정하기 위한 기초적인 방법으로 사용된다.

(2) 사용응력과 허용응력, 탄성한도, 항복강도 등에 대하여 조사한다.

재료 내의 응력은 일정함에도 불구하고 변형률이 시간의 경과와 더불어 증대해 가는 현상을 크리프(Creep)라고 하고, 응력이 시간에 따라 변하는 동하중에서 재료가 파괴되는 것을 피로파괴(Fatigue fracture)라고 한다. 피로하중의 종류에는 일반반복하중, 편진하중, 양진하중이 있다. 그림 1-3과 같이 응력(S)과 파괴될 때까지의 반복회수(N)와의 관계를 나타낸 것을 S-N선도(Wohler curve)라고 한다. S-N 선도의 수평부분은 응력이 무한 반복을 가해도 재료가 파괴되지 않는 최대응력으로 이 부분을 피로한도(Fatigue limit)라고 한다. 재료의 피로한도에 영향을 미치는 요소에는 단면의 현상이 급격히 변화하는 부분에 응력집중이 일어나므로 피로한도도 떨어지는 노치효과(Notch effect)와 동일한 재료일지라도 부재의 치수가 크게 되어 피로한도가 낮아지는 치수효과(Size effect) 그리고 축에 허브 또는 베어링의 내륜 등을 힘박음 또는 열박음하여 피로한도를 약 절반으로 떨어뜨리는 힘박음(Force fit)효과가 있으며, 마지막으로 다듬질면의 조도가 심할 경우 엄밀히 생각하면 노치효과와 동일한 현상이 일어나 피로한도를 낮추는 표면 거칠기 효과가 있다.



출처: MIDAS MESH FREE.

(<https://kor.midasuser.com/meshfree/education/data-read.asp?idx=347656&pg=1&sk=&so=&sort=&bid=297&nCat=&gubun=>). 2019. 06. 24. 스크린샷.

[그림 1-3] S-N선도 예시

(3) 안전성과 경제성을 고려한 최적 설계를 위해 설계 기준을 조사한다.

(가) 안전설계

기계설계에서 재료가 영구변형이 되거나 파괴되지 않는 범위로 허용할 수 있는 응력을 사용응력(Working stress(σ_w))과 허용응력(Allowable stress(σ_a))이라고 하며 응력의 크기는 다음 식(1.2)와 같다.

$$\text{극한강도} > \text{항복점} > \text{탄성한도} > \sigma_a > \sigma_w \quad (1.2)$$

취성재료에는 기초강도(σ_s)에 주로 사용응력(σ_w)을 적용하고, 연성재료에는 기초강도에 주로 허용응력(σ_a)을 적용한다. 사용응력과 허용응력의 비를 안전율(Safety factor)이라고 하고 안전율(S_f)은 아래 식(1.3)과 같다.

$$S_f = \frac{\sigma_s}{\sigma_a} (\sigma_s = \text{기초강도}) \quad (1.3)$$

안전율은 여러 가지 사항을 참조하여 경우에 따라서 결정되는 문제이므로 수량적으로 사용되는 값을 결정한다는 것은 매우 어려운 일이다. 따라서 실제적으로는 오래부터 얻어진 경험에서 안전율을 결정하는 수가 많다.

예제: 연강봉 선정

연강봉이 인장하중 200[kg]을 받아 인장응력이 4,200[kg/cm²]가 발생하였다. 안전율 S=6으로 할 때 안전하게 사용하기 위해 지름을 몇 mm로 하면 되는가?

$$S = \frac{\sigma_s}{\sigma_a} \rightarrow \sigma_a = \frac{\sigma_s}{S} = \frac{4,200}{6} = 700[\text{kg/cm}^2]$$

$$\therefore \sigma_a = \frac{P}{\frac{\pi}{4}d^2} \rightarrow d = \sqrt{\frac{4P}{\pi\sigma_a}} = \sqrt{\frac{4 \times 200}{\pi \times 700}} = 0.60[\text{cm}] \approx 6[\text{mm}]$$

2. 치수공차와 끼워맞춤에 대하여 학습한다.

설계도면을 작성할 때는 생산방법이나 생산공정 등을 고려하고 호환성을 유지하기 위하여 부품의 조립과 기능 용도에 필요한 공차를 제시해야 한다. 모든 부품이 조립 되려면 부품의 크기 치수 공차와 기하학적인 형상 및 위치 공차를 요구되는 범위 안에 들도록 가공하여야 한다. KSB 0401에서 500[mm]이하 및 500[mm]~3150[mm]의 허용관계치수를 볼 수 있다.

(1) 치수공차와 끼워맞춤

치수 공차와 끼워 맞춤의 치수 공차 방식은 원통 형체를 대상으로 하고 있으나 원통 이외의 형제에도 적용 가능하다.

치수 공차와 끼워 맞춤의 끼워 맞춤 방식은 원통 형체 또는 2평면 형체 등 단순한 기하 모양의 끼워 맞춤에 대하여 적용한다.

특정한 가공 방법에 대한 치수 공차 방식에 정해진 규격이 있을 때 그 규격을 적용한다. 기능상 특별한 정밀도가 요구되지 않을 때에는 보통 허용차(KS B ISO 2768-1)을 적용할 수 있다.

(가) 치수공차

설계 부품의 기능상 허용되는 치수의 오차범위를 치수 공차라 한다. 기준 치수에 대하여 가공할 때 허용되는 오차를 포함하는 치수를 허용 한계 치수라 하며 치수의 큰 쪽을 최대 허용치수, 작은 쪽을 최소 허용 치수라 한다.

1) 최대 허용 치수

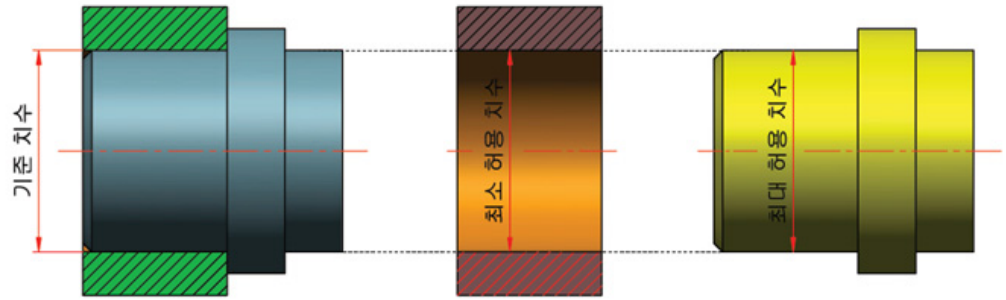
형체의 허용되는 최대 치수

2) 최소 허용 치수

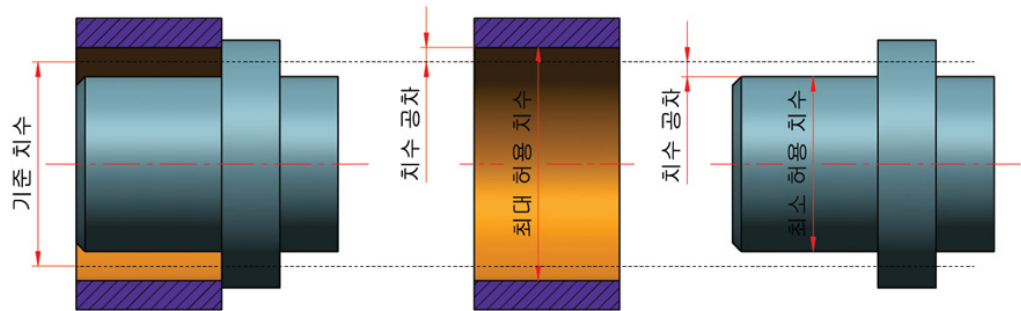
형체의 허용되는 최소 치수

3) 기준 치수

위 치수 허용차 및 아래 치수 허용차를 적요하는데 기준이 되는 치수



출처: 이광수 외 2명(2016). 『전산응용기계설계·제도』, 도서출판 일진사. p.122
[그림 1-4] 기준치수



출처: 이광수 외 2명(2016). 『전산응용기계설계·제도』, 도서출판 일진사. p.122
[그림 1-5] 최대 허용 치수와 최소 허용 치수

(2) 끼워맞춤(KS B 0104)

기계 부품을 조립할 때에는 원형, 각형, 구멍, 홈, 축 등이 미끄럼 운동, 회전 운동 및 고정 상태에 있을 때가 대부분이다. 이와 같이 구멍과 축이 조립되는 치수 차이에 의해 생기는 관계를 끼워 맞춤이라 한다. 구멍 지름이 축 지름보다 큰 경우 지름의 차를 틈새라 하며, 축 지름이 구멍 지름보다 큰 경우 지름의 차를 겹새라 한다.

(가) 끼워 맞춤의 종류

기계 부품을 조립할 때 축과 구멍이 미끄럼 운동이나 회전 운동이 이루어질 수 있는 경우와 상호 운동 없이 조립되어 동력을 전달하는 경우에 끼워 맞춤 공차를 적용한다.

1) 헐거운 끼워 맞춤

구멍이 축보다 클 경우의 끼워 맞춤

2) 중간 끼워 맞춤

구멍과 축이 서로 크거나 작을 때의 끼워 맞춤

3) 억지 끼워 맞춤

구멍이 축보다 작을 때의 끼워 맞춤

구멍 기호	최대 허용 치수는 기준 치수와 일치한다. ← 점점 커진다 점점 작아진다 → A B C D E F G H JS K M N P R S T U V X Y Z ZA ZB ZC
축 기호	최대 허용 치수는 기준 치수와 일치한다. ← 점점 작아진다 점점 커진다 → a b c d e f g h js k m n p r s t u v x y z za zb zc

출처: 이광수 외 2명(2016). 『전산응용기계설계·제도』. 도서출판 일진사. p.125
 [그림 1-6] 최대 허용 치수와 최소 허용 치수

수행 tip

- 치수 공차와 끼워맞춤 공차는 KS B 0401을 참고하여 기준 치수에 따른 공차역 클래스와 클래스별 공차 범위를 확인한다.

② 조사된 내용을 바탕으로 체결용 요소 설계 고려사항 문서화한다.

기계 및 구조물이 안전하고 기능을 충분히 발휘할 수 있도록 선정 및 설계하고자 하는 체결요소에 대하여 선정 근거를 문서화 한다.

③ 요구 기능에 적합성을 판단한다.

필요로 하는 기능을 충분히 만족하고 확실한 동작과 강도, 충분한 신뢰성을 갖추어졌는지 판단한다. 요구되는 사항 중 만족하지 못한 조건이나 추가적으로 요구되는 조건이 있다면 위의 검토 내용을 순서대로 다시 파악한다.

교수 방법

- SI단위, 공학에서 적용되고 있는 단위의 개념을 설명하고 단위 변환에 대하여 예제 풀이를 통해 학습자들에게 시연한다.
- 기계의 시스템 구성과 기계요소 및 체결용 요소 설계의 요구사항을 설명하고 하나의 체결 요소를 설계하는 과정을 학습자들에게 시연한다.
- 관련 재료 역학적, 공업역학적 지식을 선행 학습한 내용에 대해 학습자 스스로 복습을 통해 본 훈련과정에 임할 수 있도록 지도한다.

학습 방법

- 체결용 요소의 종류에 대하여 인터넷 및 서적을 통하여 선행학습을 실시한다.
- 체결용 요소 설계 요구사항에 대해 조별 토의를 하고 조별 토의된 자료를 발표한다.
- 교육 내용의 흐름은 선행 학습을 하지 못하면 후속 교육 내용도 이해하기 어려우므로 의문점은 질문을 통하여 학습한다.

학습 1 평 가

평가 준거

- 평가자는 학습자가 학습 목표를 성공적으로 달성하였는지를 평가해야 한다.
- 평가자는 다음 사항을 평가해야 한다.

학습 내용	학습 목표	성취수준		
		상	중	하
체결요소 요구기능 파악	- 기계 구성품의 체결 요구 기능을 파악하여 문서로 작성할 수 있다.			
	- 요구 기능의 적합성을 판단할 수 있다.			
	- 요구 기능 미 충족 시 대응 방안을 수립할 수 있다.			

평가 방법

- 구두발표

학습 내용	평가 항목	성취수준		
		상	중	하
체결요소 요구기능 파악	- 기계 구성품의 체결 요구 기능 파악 능력			
	- 재료의 강도 및 응력, 강도에 대한 조사 능력			
	- 사용강도와 허용응력 등에 대한 조사 능력			
	- 요구 기능의 적합성을 판단할 수 있는 능력			

- 평가자 질문

학습 내용	평가 항목	성취수준		
		상	중	하
체결요소 요구기능 파악	- 기계 구성품의 체결 요구 기능 파악 능력			
	- 재료의 강도 및 응력, 강도에 대한 조사 능력			
	- 사용강도와 허용응력 등에 대한 조사 능력			
	- 요구 기능의 적합성을 판단할 수 있는 능력			

• 서술형시험

학습 내용	평가 항목	성취수준		
		상	중	하
체결요소 요구기능 파악	- 기계 구성품의 체결 요구 기능 파악 능력			
	- 재료의 강도 및 응력, 강도에 대한 조사 능력			
	- 사용강도와 허용응력 등에 대한 조사 능력			
	- 요구 기능의 적합성을 판단할 수 있는 능력			

피드백

- 구두발표
 - 발표한 내용에 대하여 서로 다른 의견을 제시한 후 토론할 수 있도록 유도 해준다.
 - 질문에 대하여 가점을 제공하여 서로 토론하는 학습이 되도록 지도해 준다.
 - 필요 시 부족한 사항은 보완하여 재발표하도록 지도해 준다.
 - 피드백한 결과가 발표자의 발표에 반영될 때까지 지속적 피드백을 해준다.
- 평가자 질문
 - 잘못 답변한 내용에 대하여 스스로 체득할 수 있도록 지속적인 유도 질문을 통해 지도해 준다.
 - 답변자의 답변에 대해 종합 정리를 해 줌으로써 답변의 논리성을 가지도록 지도해 준다.
- 서술형 시험
 - 시험결과를 평가하고 부족한 부분에 대해서는 체결요소를 이해할 수 있도록 다시 설명해 준다.

학습 1	요구기능 파악하기
학습 2	체결요소 선정하기
학습 3	체결요소 설계하기

2-1. 체결요소 선정

학습 목표

- 기계 시스템의 운동관계, 설치환경 및 유지보수 조건에 부합하는 방식의 체결요소를 선정할 수 있다.
- 선정된 체결 방식에 따른 필요 목록을 작성할 수 있다.
- 선정된 체결 방식에 관한 자료를 정리하여 체결요소 설계에 반영하기 위한 준비 자료를 작성할 수 있다.

필요 지식 /

① 파워스크류 개념 파악

1. 나사의 분류

(1) 나사

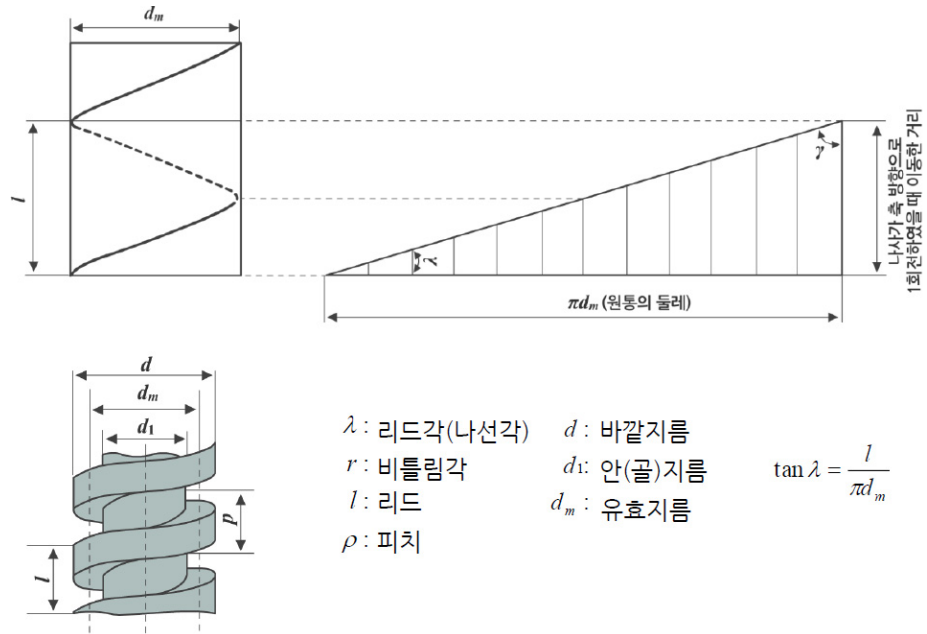
체결용 또는 운동용 기계요소

〈표 2-1〉 나사의 종류

체결용 나사	운동용 나사
· 기계 부품의 체결, 고정 또는 거리조정 등에 사용됨 · 나사산의 모양이 삼각형으로 되어 있어 삼각 나사라고도 함	· 회전 운동을 직선 운동으로 변환시키는 동력 전달 기계요소 · 나사산의 모양에 따라 사각 나사, 사다리꼴 나사, 톱니 나사, 볼 나사 등으로 분류됨

(2) 나사의 정의

나선곡선(Helix) : 가상 원통 위의 한 점이 축 방향의 직선운동과 접선방향의 회전운동을 일정한 비율로 동시에 하였을 경우 원통 위에 그려지는 궤적을 말한다.



[그림 2-1] 나사곡선

(가) 나사의 구조

1) 바깥지름

수나사의 크기를 나타내는 호칭지름

2) 안지름

수나사의 골 밑에 접하는 가상의 원통의 지름

수나사에서 최소지름을 말하며, 암나사의 최대지름이기도 하다.

3) 유효지름

나사의 축에 평행한 방향으로 나사산의 길이와 나사 홈의 길이가 같아지는 곳의 가상 원통의 지름

4) 나사산의 각도

나사의 축선을 포함한 단면형에 있어서 측정한 2개의 플랭크(Flank)가 이루는 각

5) 나사산 높이

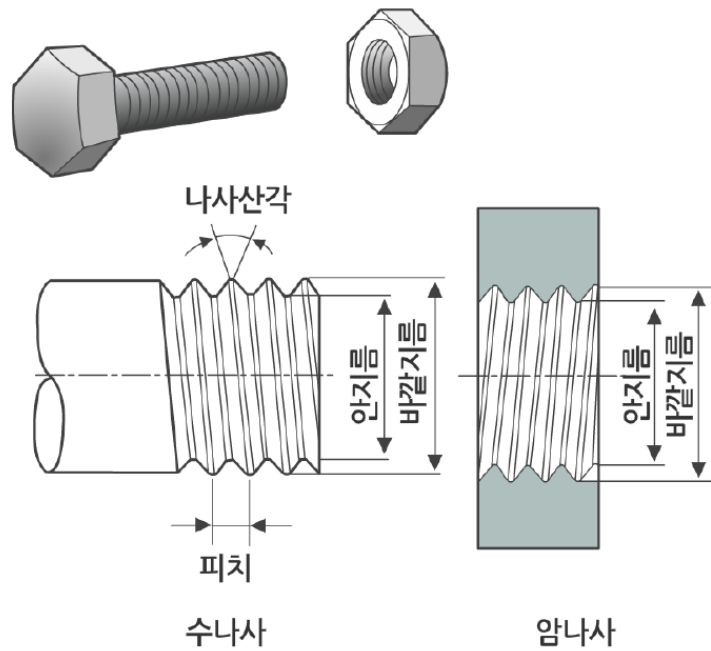
골 밑에서 산의 끝까지를 축선에 직각으로 측정한 거리

6) 리드각(Lead angle)

나선각(Helix Angle)이라고도 하며 유효지름(d_m)을 지름으로 하는 가상의 원통을 원주면을 따라 펼쳐 놓았을 때 수평축은 원통둘레, 수직축은 리드(l)가 된다.

리드각은 나선곡선이 축선에 직각인 방향과 이루는 각으로서 나선의 경사각이다.

$$\tan \lambda = \frac{1}{\pi d_m}$$



[그림 2-2] 나사의 구조

7) 피치(Pitch)

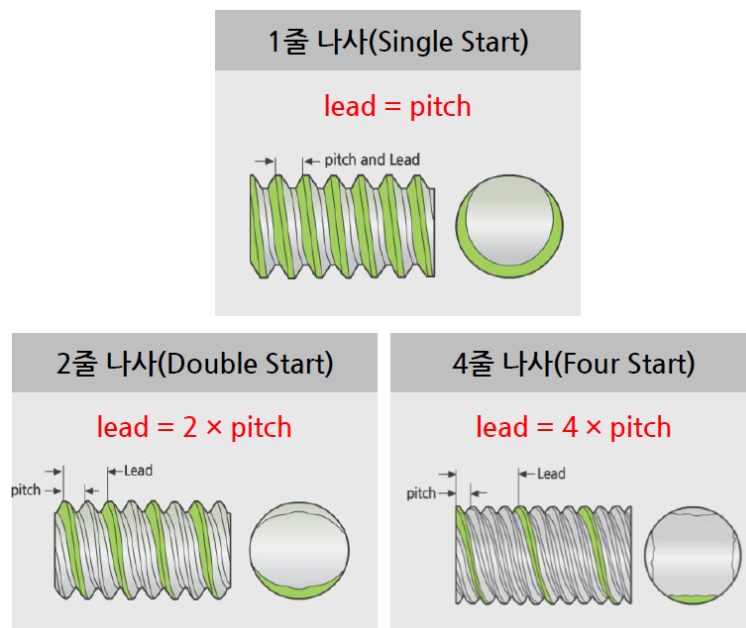
서로 이웃한 나사산과 산 사이의 거리

8) 리드(Lead)

나사가 축 방향 1회전할 때 움직인 거리

9) 리드와 피치의 관계

1줄 나사는 리드(lead)와 피치(pitch)가 같고, 다줄 나사는 줄 수 × 피치임



[그림 2-3] 나사의 리드와 피치의 관계

2. 나사의 종류

(1) 체결용 나사

(가) 미터나사(Metric thread)

나사산 각이 60° 인 미터계 삼각 나사로, 가장 많이 사용되고 있다.

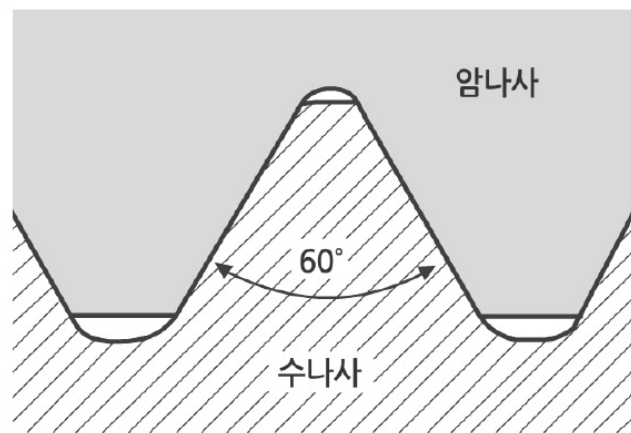
나사의 지름과 피치의 크기를 [mm]단위를 기준으로 사용한다.

1) 비터 보통 나사

[M 호칭지름]으로 표기

2) 비터 가는 나사

[M 호칭지름×피치]으로 표기



[그림 2-4] 미터 나사

(나) 유니파이나사 (Unified Screw Thread)

· 1948년 영국, 미국, 캐나다의 협정에 의해 만들어진 나사로서 ABC 나사라고도 함

· 나사산 각이 60° 인 인치계 삼각 나사로, [inch]단위를 사용한다.

· 나사호칭에 관한 숫자, 1[inch]당 나사산수, 나사의 종류의 순으로 표기한다.

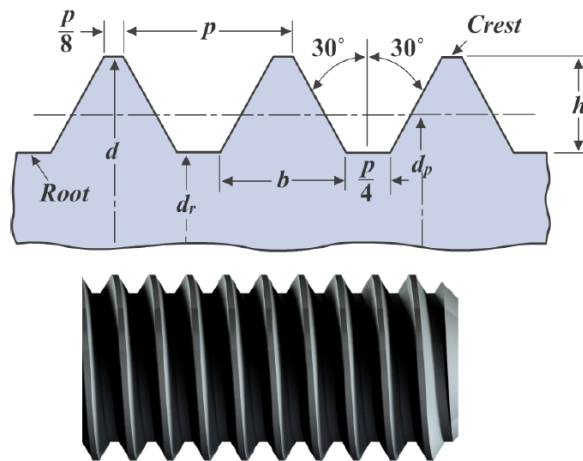
· 나사의 크기를 정하기 위한 표준치수를 1[inch]에서의 나사산수(n)를 기준으로 정하였으므로 [mm]단위의 피치(p)와 나사산수($p=25.4/n$)의 관계가 있다.

(다) 관용나사 (Pipe Thread)

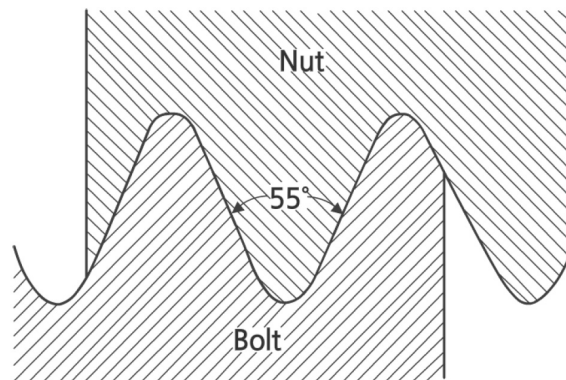
· 절단된 파이프를 연결할 때 파이프 끝에 나사산을 내고 원통 이음쇠관으로 연결하여 사용한다.

· 나사의 생성으로 인한 파이프의 강도저하를 적게 하기 위하여 나사산의 높이가 낮은 관용 나사를 사용한다.

· 관용 나사에서 나사산각은 55° 이며, 나사의 크기를 정하기 위한 표준치수를 1[inch]에서의 나사산수(n)를 기준으로 한다.



[그림 2-5] 유니파이나사

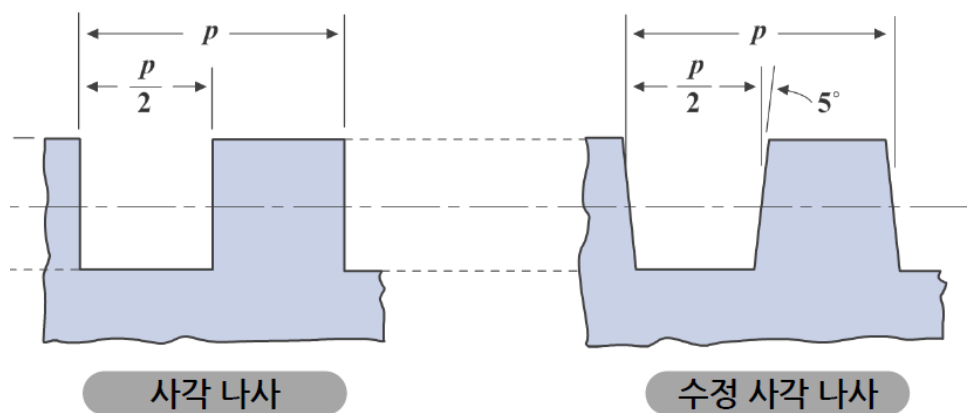


[그림 2-6] 관용나사

(2) 운동용 나사

(가) 사각나사(Square Thread)

나사산의 모양이 4각이며, 3각 나사에 비하여 풀어지기는 쉬우나 저항이 작은 이점으로 동력전달용 잭(Jack), 나사 프레스, 선반의 피드(Feed)에 쓰인다.



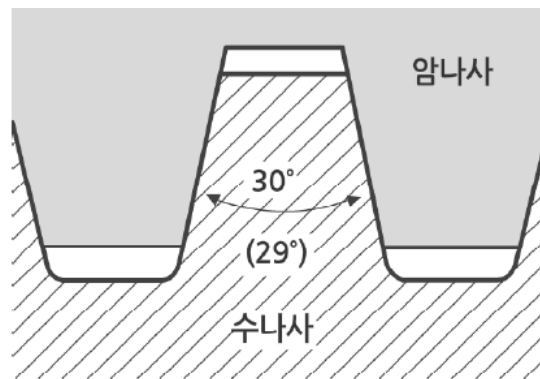
[그림 2-7] 사각나사

(나) 사다리꼴 나사(Trapezoidal Screw Thread)

나사의 효율면에서 사각 나사가 이상적이나 가공의 어려움이 있어 사다리꼴나사로 대체하여 사용한다.

〈표 2-2〉 사다리꼴 나사 구분

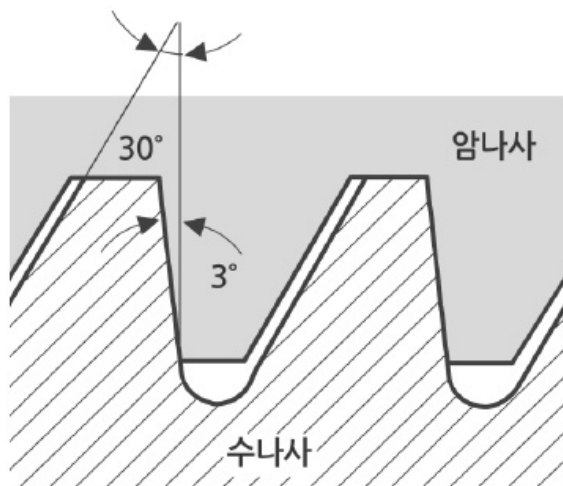
구분	인치계 사다리꼴 나사(TW)	미터계 사다리꼴 나사(Tr)
나사산각	29°	30°
피치크기	1[inch]에 대한 나사산수를 기준으로 나타냄	[mm]로 나타냄



[그림 2-8] 사다리꼴 나사

(다) 톱니 나사(Buttless screw thread)

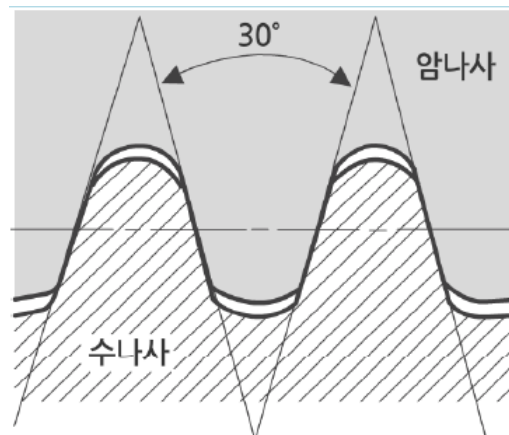
- 축선의 한쪽에 힘을 받는 곳에 사용됨(잭, 프레스, 바이스)
- 힘을 받는 면은 축에 직각이고, 받지 않는 면은 30°의 각도로 경사져 있다.



[그림 2-9] 톱니 나사

(라) 둥근 나사(Round thread)

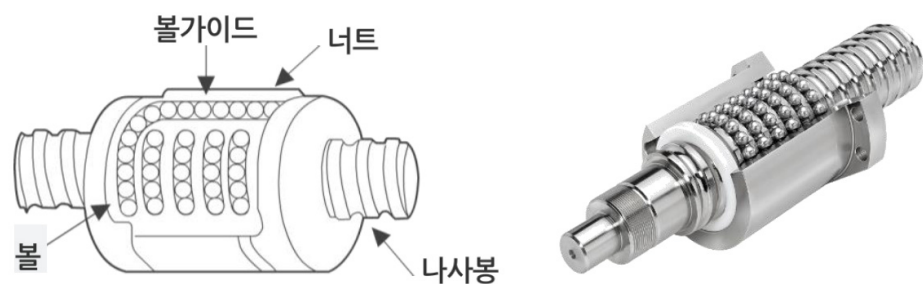
- 너클 나사라고도 하며 나사산과 골이 같은 반지름의 원호로 이은 모양을 하고 둥글게 되어 있다.
- 전구 나사로도 불리며 먼지, 모래, 녹가루 등이 나사산을 통하여 들어갈 염려가 있을 때 사용된다.
- 나사의 크기는 1[inch] 내에 있는 나사산의 수를 기준으로 정한다.



[그림 2-10] 둥근 나사

(마) 볼 나사(Ball thread)

- 마찰에 의한 손실이 매우 적음(효율이 90% 이상)
- 나사 축을 회전시키기 위해 필요한 힘이 각 나사에 비해 약 1/3 이하로 좋다.
- 구름접촉이므로 미끄럼접촉에 비해 마모가 적어 로봇, 공작기계 등 정밀한 위치결정이 필요한 경우 사용된다.

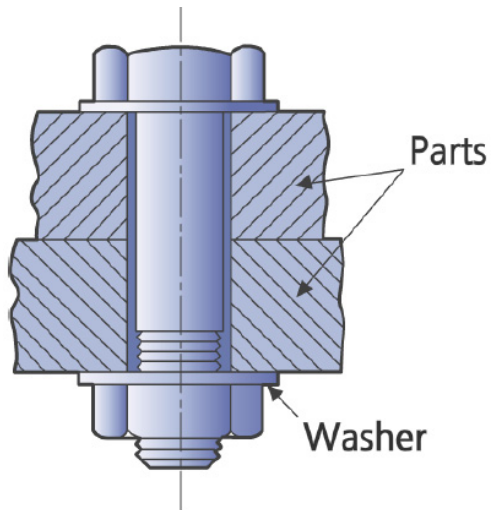


[그림 2-11] 볼 나사

② 나사 체결의 종류

1. 관통 볼트(Trough bolt)

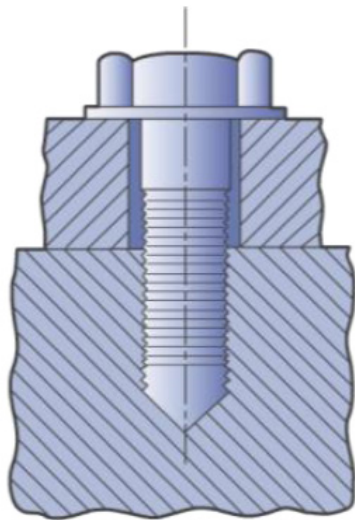
연결할 두 부분에 구멍을 뚫은 뒤, 여기에 볼트를 관통시켜 반대쪽에 너트를 끼워 결합한다.



[그림 2-12] 관통 볼트

2. 탭 볼트(Tap bolt)

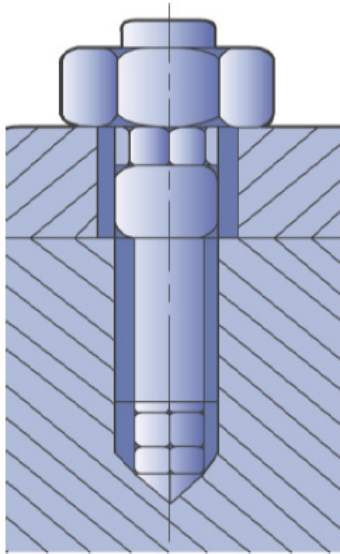
- 죄려고 하는 부분이 두꺼워 관통 구멍을 뚫을 수 없는 경우 사용한다.
- 한 부분에 구멍을 뚫고 다른 한 부분은 중간까지 나사를 죄어 이것에 머리 달린 나사를 박는다.



[그림 2-13] 탭 볼트

3. 스터드 볼트(Stud bolt)

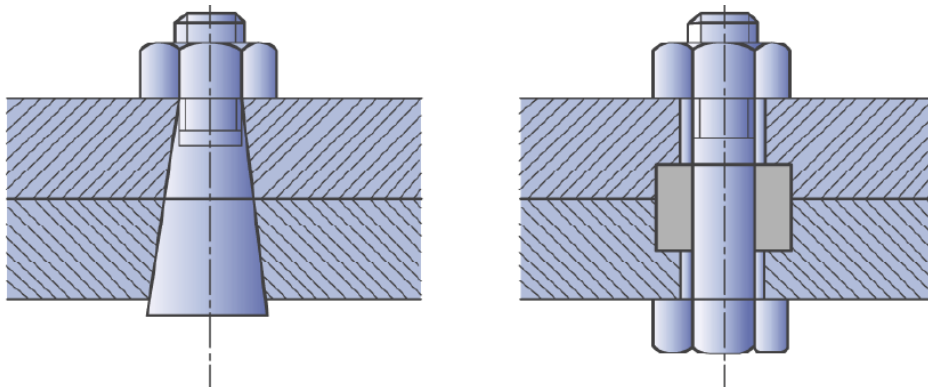
- 자주 분해·결합 하는 경우 사용하며 양쪽에 나사를 만든다.



[그림 2-14] 스터드 볼트

4. 리머 볼트(Reamer bolt)

- 다듬질한 구멍에 꼭 끼워 미끄럼을 방지한다.
- 전단력이 발생하는 부분에 링을 끼워 링으로 하여금 전단력을 받도록 하거나 볼트의 축부분을 테이퍼지게 하여 움직이지 않도록 고정한다.

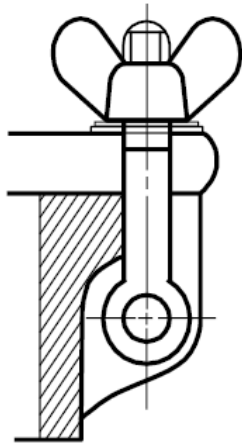


[그림 2-15] 리머 볼트

③ 특수 볼트의 종류

1. 아이 볼트(Eye bolt)

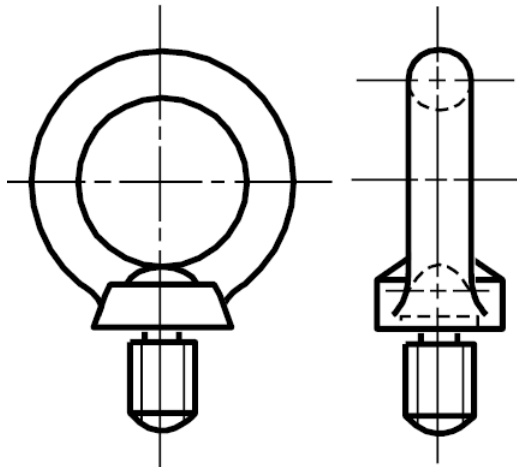
- 볼트의 머리부에 핀을 끼우거나 훅을 걸 수 있도록 되어 있어 무거운 물체를 들어 올릴 때 사용된다.



[그림 2-16] 아이 볼트

2. 리프트 아이 볼트(Eye bolt)

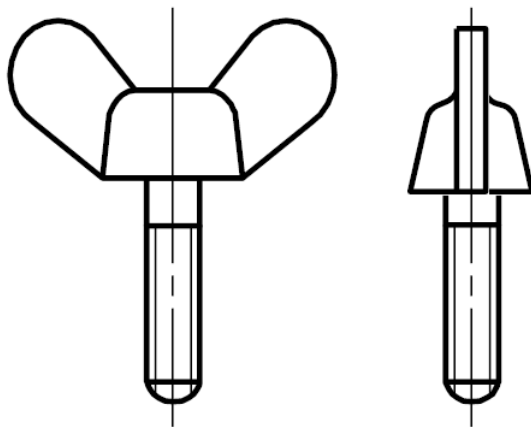
물건을 매달 때 사용된다.



[그림 2-17] 리프트 아이 볼트

3. 나비 볼트(Wing bolt)

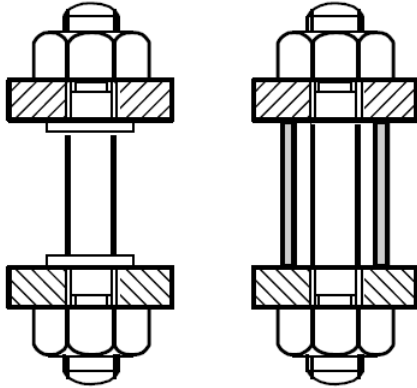
나사의 머리모양을 나비모양으로 만들어 스패너 없이 손으로 조일 수 있도록 한다.



[그림 2-18] 나비 볼트

4. 간격유지 볼트

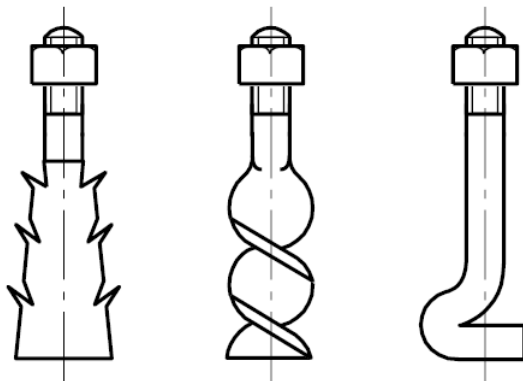
스테이 볼트(Stay Bolt)라고도 하며 기계부품의 간격을 일정하게 유지할 필요가 있을 때 사용한다.



[그림 2-19] 간격유지 볼트

5. 기초볼트(Foundation bolt)

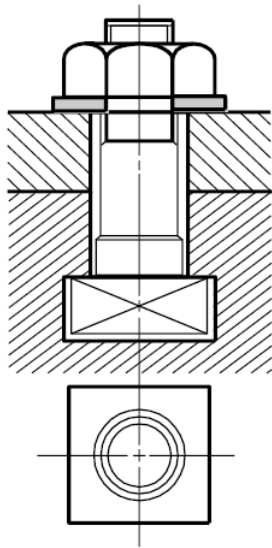
- 기계, 구조물 등을 바닥에 고정시키기 위하여 사용하는 볼트이다.
- 한 쪽 끝은 수나사로 파져 있어 기계를 고정시키는 데 사용하고, 다른 쪽 끝은 콘크리트에서 고정되었을 때 움직이지 않도록 되어 있다.



[그림 2-20] 기초 볼트

6. T볼트

- 공작기계 테이블에는 다른 물체를 용이하게 고정시킬 수 있도록 T자형 홈이 파져 있다.
- 나사의 머리를 사각형으로 만들어 T자형 홈에 끼우면 너트를 조일 때 나사머리가 회전하지 않게 된다.

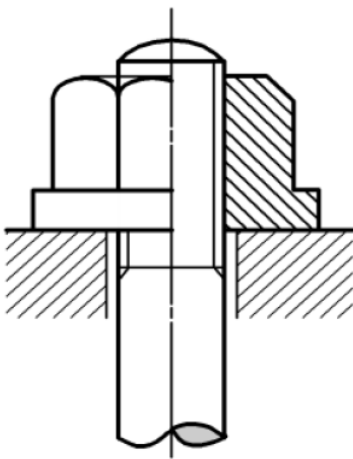


[그림 2-21] T 볼트

④ 특수 너트의 종류

1. 와셔 붙이 너트(Washer based nut)

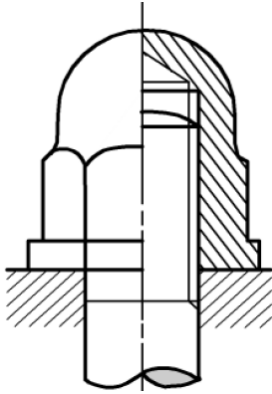
- 너트의 밑면에 너트를 끼운 모양으로 만든 너트를 말한다.
- 접촉하는 재료와의 접촉면적을 크게 함으로써 접촉압력을 줄인다.



[그림 2-22] 와셔붙이너트

2. 캡 너트(Cap nut)

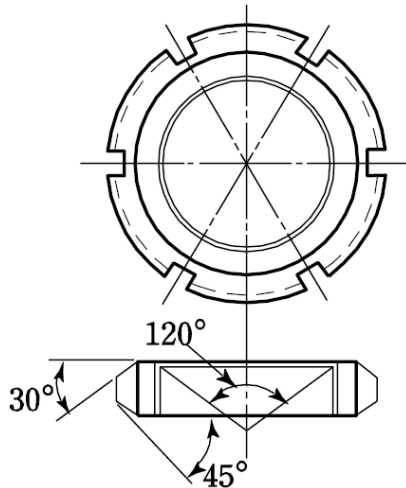
- 너트의 한쪽은 관통되지 않도록 만든 것이다.
- 볼트의 한쪽 끝 부분이 막혀 있어 외부로부터의 오염(기름, 먼지)을 방지할 수 있다.



[그림 2-23] 캡 볼트

3. 홈 붙이 둥근 너트

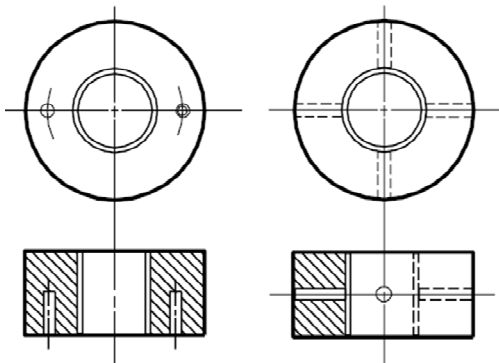
- 너트의 두께가 얇고 균형이 잘 잡혀 있다.
- 구름 베어링의 부속품으로 사용된다.



[그림 2-24] 홈 붙이 둥근 너트

4. 둥근 너트

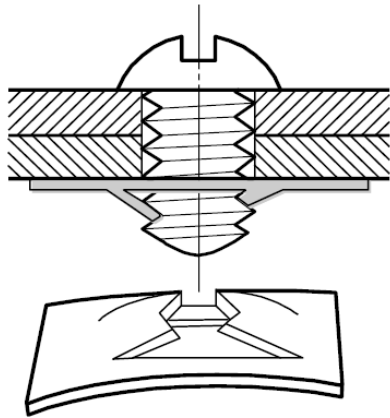
- 너트를 외부에 노출시키지 않을 때 흔히 사용된다.



[그림 2-25] 둥근 너트

5. 스프링판 너트

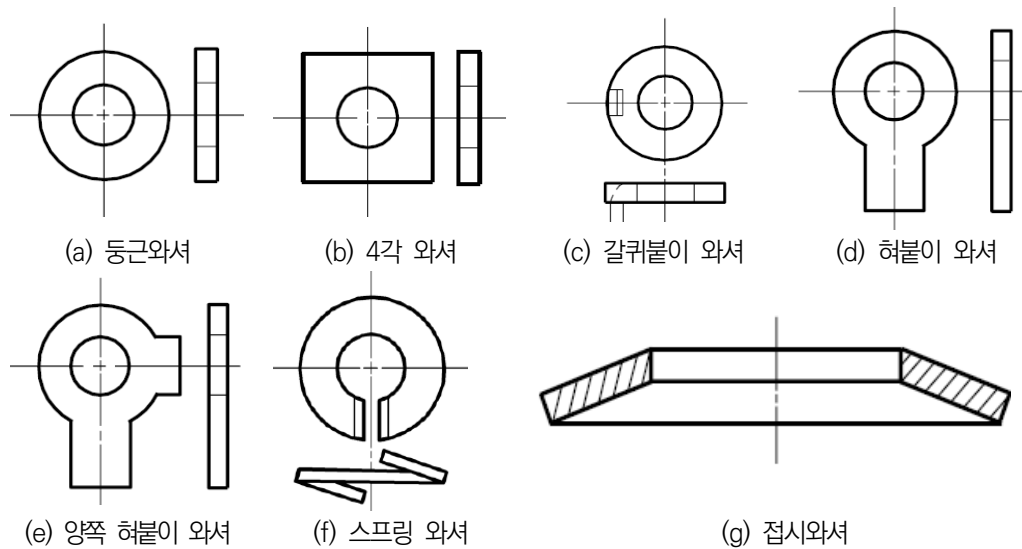
·스프링 판을 굽혀서 만들며 사용이 간단한 특징이 있다.



[그림 2-26] 스프링판 너트

5 와셔의 종류

와셔는 볼트머리 밑면에 끼우는 것으로서 일반적인 볼트머리 부분의 압력을 넓게 분산시키는 역할을 한다. 스프링 와셔 또는 접시 와셔는 진동에 의한 풀림을 줄인다.



⑥ 키, 핀, 코터의 개요

- 키는 기어나 풀리, 커플링, 클러치 등을 축에 고정하여 회전력을 전달하는 장치이다. 강 또는 특수강으로 만들며 주로 전단력에 의해 파괴가 된다.
- 핀은 고정물체의 이탈방지 및 위치결정을 위해 너트의 풀림방지 등에 사용되며, 축 방향에 직각으로 끼워서 사용한다.
- 코터는 인장력이나 압축력을 받는 두 축을 연결하는 것을 말하며 분해할 필요가 있을 때 쓰인다. 압축하중이 작용하는 축을 연결할 때는 로드엔 텍을 붙이고, 코터를 때려 박을 때 소켓이 쪼개질 염려가 있으므로 지브를 사용한다.

1. 키의 종류

(1) 안장키(Saddle key)

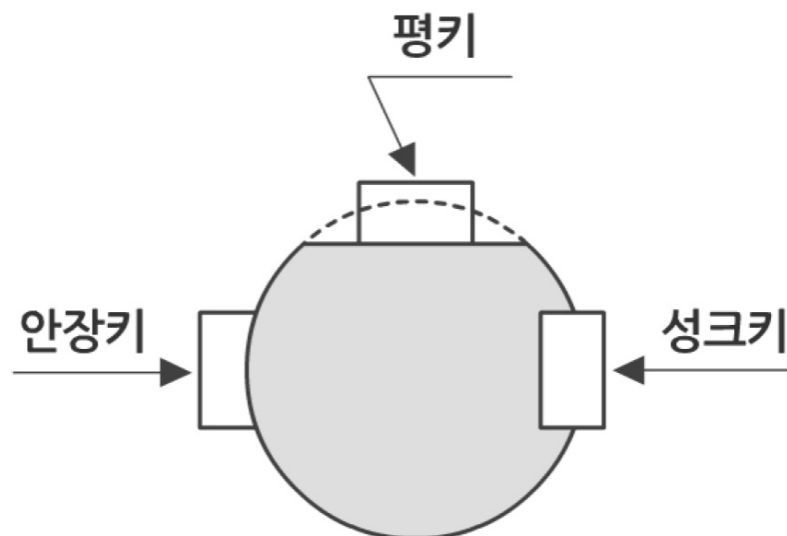
- 큰 힘의 동력전달에는 적합하지 않다.
- 축엔 홈을 파지 않고 보스 쪽에만 키 홈을 파서 회전축 마찰면을 맞추어 마찰력에 의하여 동력을 전달하는 키이다.
- 보스의 기울기 : 1/100

(2) 평키(Flat key)

- 납작키라고도 하며 키가 닿는 면만을 평평하게 깎은 형태를 말한다.
- 보스의 기울기 : 1/100

(3) 성크키(Sunk key)

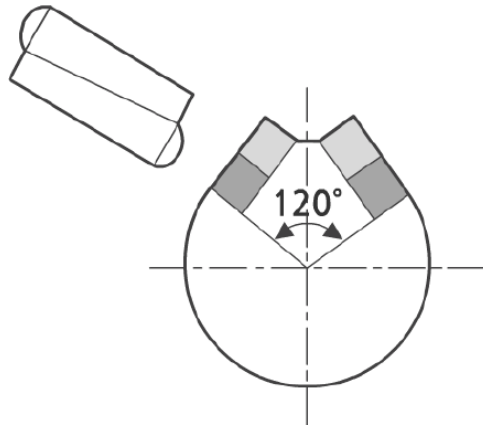
- 묻힘키라고도 하며 축과 보스 양쪽에 키 홈이 있는 키를 말한다. 가장 많이 사용하는 형태이다.



[그림 2-27] 평키, 안장키, 성크키

(4) 접선키(Tangential key)

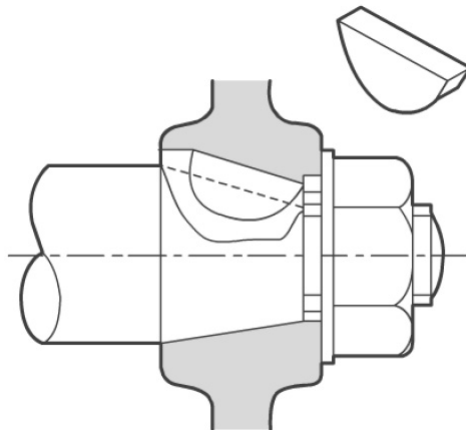
- 축의 접선방향에 키 홈을 파서 1/100의 기울기가 있는 2개의 키를 반대로 합쳐서 조합한 것을 말한다.
- 역회전하는 경우 2쌍을 120°각도로 배치하여 사용하며, 고정력이 강하고 중하중 용에 쓰인다.
- 케네디키는 단면이 정사각형이고 90°로 배치된 키이다.



[그림 2-28] 접선키

(5) 반달키(Woodruff key)

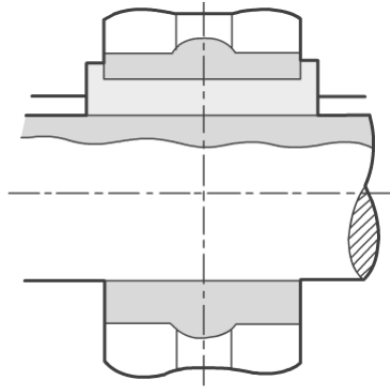
- 키 홈을 축에 반달 모양으로 판 것으로 키를 끼운 후에 보스를 끼운 형태이다.
- 축이 약해지는 결점이 있으며 공작기계 핸들 축과 같은 테이퍼축에 사용된다.



[그림 2-29] 반달키

(6) 미끄럼키(Sliding key)

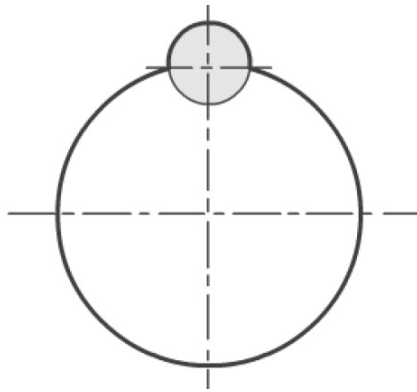
- 페더키(Feather Key)라고도 하며 키의 기울기가 없는 키를 말한다.
- 기어나 풀리를 축 방향으로 이동할 경우에 사용하며 축 방향으로 보스의 이동이 가능하다.



[그림 2-30] 미끄럼키

(7) 둥근키(Cone key)

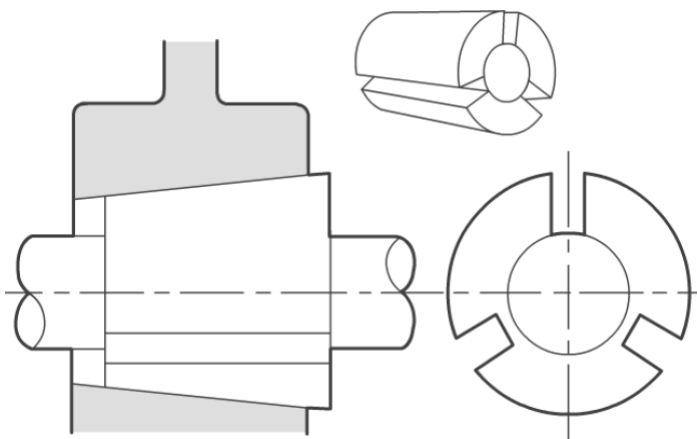
- 회전력이 극히 작은 곳에 사용하며 핀을 구멍에 끼워서 사용한다.
- 핀키(Pin Key)라고도 하며 핸들과 같이 토크가 작은 것의 고정 및 동력전달에 사용한다.



[그림 2-31] 둥근키

(8) 원뿔키(Cone key)

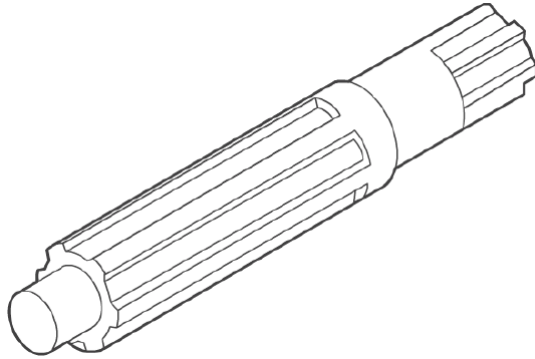
- 축과 보스에 홈을 내지 않고 원뿔슬롯을 끼워 박아 축의 임의의 곳에 마찰력으로 고정한다.



[그림 2-32] 원뿔키

(9) 스플라인축(Spline shaft)

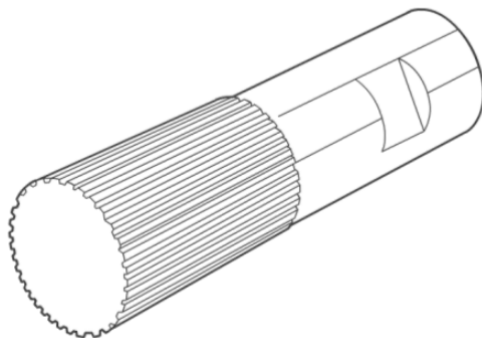
·축 주위에 피치가 같은 평행한 키홈을 4~20개 만든 형태를 말한다. 보스를 축 방향으로 움직일 수 있으며, 큰 회전력 전달이 가능하다.



[그림 2-33] 스플라인 축

10) 세레이션(Serration)

·축에 작은 삼각형 키 홈을 만들어 축과 보스를 고정시킨 것이다. 같은 지름의 스플라인에 보다 많은 돌기가 있어 동력전달이 크며 자동차의 핸들이나 전동기, 발전기의 축 등에 사용된다.



[그림 2-34] 세레이션

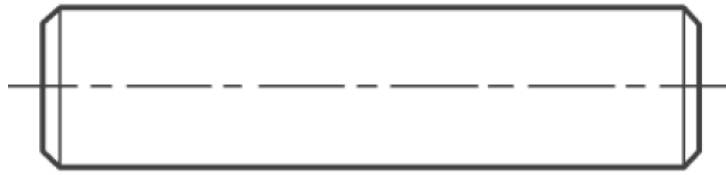
2. 핀의 종류

〈표 1-3〉 핀의 호칭법

명칭	호칭법
평행핀	규격번호 또는 명칭 종류, 형식 호칭지름×길이, 재료
테이퍼핀	명칭 등급 $d \times l$, 재료
슬롯테이퍼핀	명칭 등급 $d \times l$, 재료, 지정사항
분할핀	규격번호 또는 명칭 호칭지름×길이, 재료

(1) 평행핀(Dowel pin)

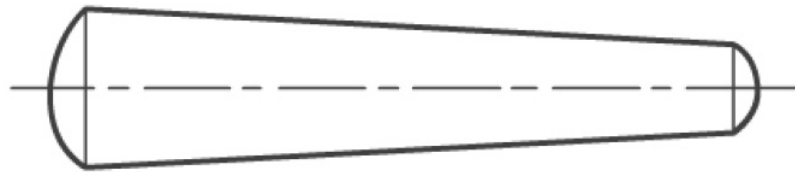
· 너클핀이라고도 하며 부품의 관계 위치를 항상 일정하게 유지할 때 사용한다.



[그림 2-35] 평행핀

(2) 테이퍼핀(Taper pin)

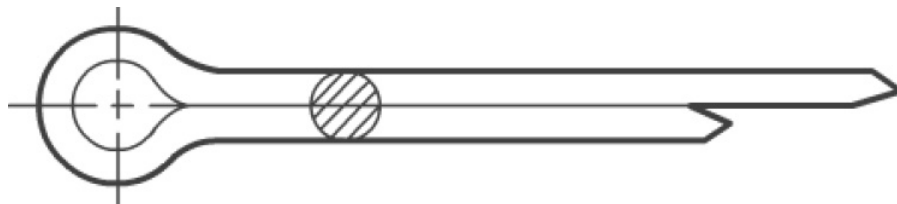
· 축에 보스를 고정시킬 때 사용하며 호칭지름은 작은 쪽 지름으로 한다.



[그림 2-36] 테이퍼핀

(3) 분할핀(Split pin)

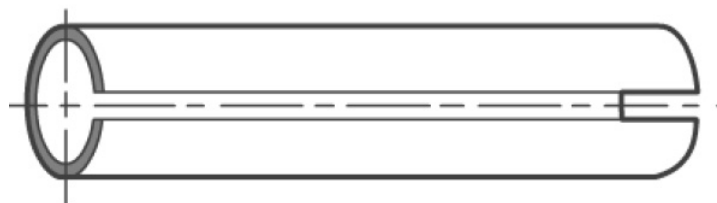
· 핀 전체가 갈라진 형태이며 너트의 풀림 방지에 사용한다. 크기는 분할핀이 들어가는 구멍의 지름으로 한다.



[그림 2-37] 분할핀

(4) 스프링핀(Spring pin)

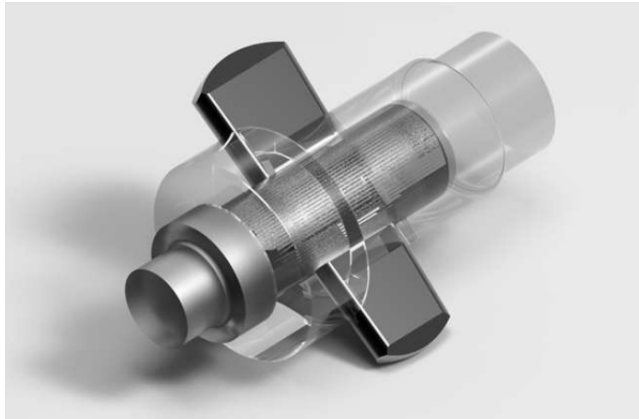
· 세로 방향으로 쪼개져 있어서 크기가 정확하지 않을 때 해머로 박아 고정 또는 이완을 방지할 수 있는 핀이며 탄성을 이용하여 물체를 고정시키는 데 사용한다.



[그림 2-38] 스프링핀

3. 코터의 구성요소

코터는 로드(Rod), 소켓(Socket), 코터(Cotter)로 구성된다.



출처 : (<https://www.slideshare.net/kdrajput19/cotter-and-knuckle-joint>). 2019.09.16. 스크린샷
[그림 2-39] 코터의 구성요소

코터는 한쪽 기울기의 코터는 $a \leq 2p$ 로 정의며 양쪽 기울기의 코터의 경우 $a < p$ 와 같다. 코터가 빠져나오는 힘(F)은 양쪽 기울기일 경우,

$F = P[\tan(\alpha_1 - p_1) + \tan(\alpha_2 - p_2)]$ 와 같으며 한쪽 기울기의 경우

$F = 2P \tan(\alpha - p)$ 와 같다. 여기서 α 는 경사각을 나타내며 p 는 마찰각을 나타낸다.

코터의 기울기는 자주 분해할 시 1/5~1/10로 하며 보통 분해시 1/20, 반 영구적일 경우 1/50~1/100을 갖는다.

수행 내용 1 / 파워스크류 역학 계산하기

재료·자료

- KS 및 ISO등 국내·외 규격
- 기계설계편람
- 설계절차서
- 카탈로그

기기(장비·공구)

- 컴퓨터
- CAD 프로그램

안전·유의 사항

- 작업시작 전, 중, 후 안전 점검을 통하여 문제점 도출 및 안전대책 수립, 조치 등 주기적인 환류 실시로 자율안전체계를 구축한다.
- 설비 8계통 점검항목에 따라 설비본체 체결부품계통, 구동전달 계통, 윤활계통, 공압계통, 유압계통, 전장제어 계통의 작동 목적을 이해하고 총 점검 부위에 대하여 안전 점검을 실시한다.

수행 순서

① 사각 나사의 역학을 계산한다.

1. 사각 나사를 조일 때의 힘을 계산한다.

(1) 나사면에 수직한 힘을 계산한다.

$$Q\sin\lambda + W\cos\lambda$$

(2) 나사면에 평행한 힘을 계산한다.

$$Q\cos\lambda - W\sin\lambda$$

운동이 시작되는 순간 나사면을 따라 밀어 올리는 평행력은 수직력에 의하여 발생하는 마찰력과 평형상태를 유지하게 된다.

$$Q\cos\lambda - W\sin\lambda = f(Q\sin\lambda + W\cos\lambda)$$

$$Q(\cos\lambda - f\sin\lambda) = W(f\cos\lambda + \sin\lambda)$$

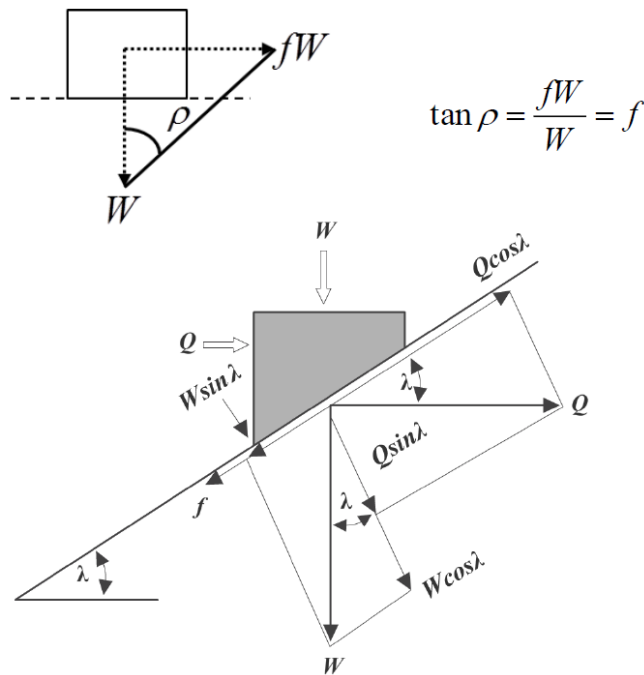
$$Q = W \frac{f \cos \lambda + \sin \lambda}{\cos \lambda - f \sin \lambda}$$

$$Q = W \frac{f + \tan \lambda}{1 - f \tan \lambda} = W \frac{\tan \rho + \tan \lambda}{1 - \tan \rho \tan \lambda}$$

$$Q = W \tan(\rho + \lambda)$$

(3) 나사를 조일 때 회전 토크를 계산한다.

$$T_{screw} = \frac{d_m}{2} Q = \frac{d_m}{2} W \tan(\rho + \lambda)$$



[그림 2-40] 나사를 조일 때의 역학 계산을 위한 개념도

2. 사각 나사를 풀 때의 힘을 계산한다.

· 축 방향 하중(W)의 작용 하에 나사를 풀기 위하여 접선 방향으로 회전력(Q)을 작용시키는 경우이다.

· Q 의 방향은 조일 때의 접선력과 반대 방향이다.

· 운동의 방향이 조일 때와 반대이므로 마찰력의 방향도 반대이다.

(1) 나사면에 수직인 힘을 계산한다.

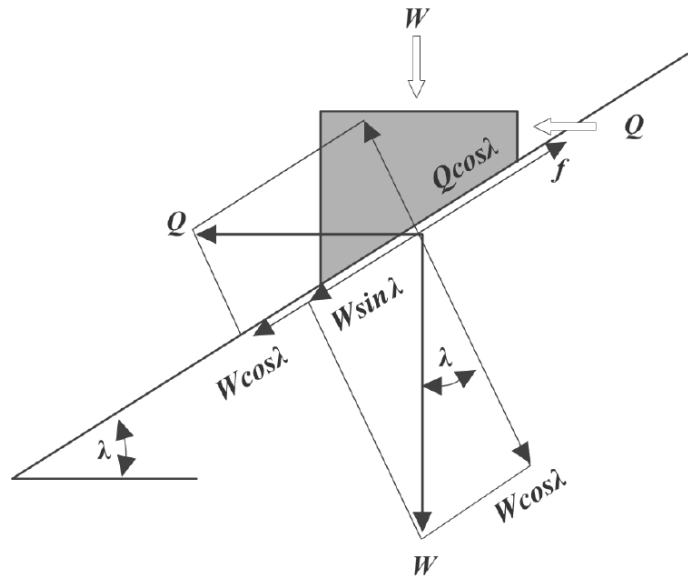
$$-Q \sin \lambda + W \cos \lambda$$

(2) 나사면에 평행한 힘을 계산한다.

$$Q \cos \lambda + W \sin \lambda$$

$$Q = W \frac{f - \tan \lambda}{1 + f \tan \lambda} = W \frac{\tan \rho - \tan \lambda}{1 + \tan \rho \tan \lambda}$$

$$Q = W \tan(\rho - \lambda)$$



[그림 2-41] 나사를 풀 때의 역학 계산을 위한 개념도

(3) 나사를 풀 때 회전 토크를 계산한다.

$$T_{screw} = \frac{d_m}{2} Q = \frac{d_m}{2} W \tan(\rho - \lambda)$$

3. 나사의 자립 조건을 고려한다.

나사가 스스로 풀리지 않을 조건으로 나사를 풀기 위하여 힘을 주어야 하는 경우를 말한다.

(1) $\rho > \lambda$ 일 때

$Q > 0$ 이며, 나사를 풀 때 힘이 필요하다.

(2) $\rho = \lambda$ 일 때

$Q = 0$ 이며, 평형상태로 임의의 위치에 정지시킬 수 있다.(자동결합상태)

(3) $\rho < \lambda$ 일 때

$Q < 0$ 이며, 힘을 가하지 않아도 자연히 풀어져 내려오는 상태이다.

수행 tip

- 이 조건은 $Q \geq 0$ 이 되어 각도의 관계로 표시하면 $\rho \geq \lambda$, 즉 마찰각이 나사의 리드각 보다 커야 한다.
- 사각 나사는 주로 운동용에 사용하므로 자립조건은 의미가 없고 삼각나사인 경우 필요하다.

4. 너트 마찰에 의한 토크를 계산한다.

$$T_{vt} = \frac{Wf_c d_c}{2}$$

5. 하중을 들어 올리거나 내리는 총 토크를 계산한다.

(1) 하중을 들어 올리는 총 토크

$$T$$

(2) 하중을 내리는 총 토크

$$T$$

6. 나사면을 수직으로 누르는 힘에 의한 마찰저항을 계산한다.

$$fR = f \frac{W}{\cos \alpha} = f' W$$

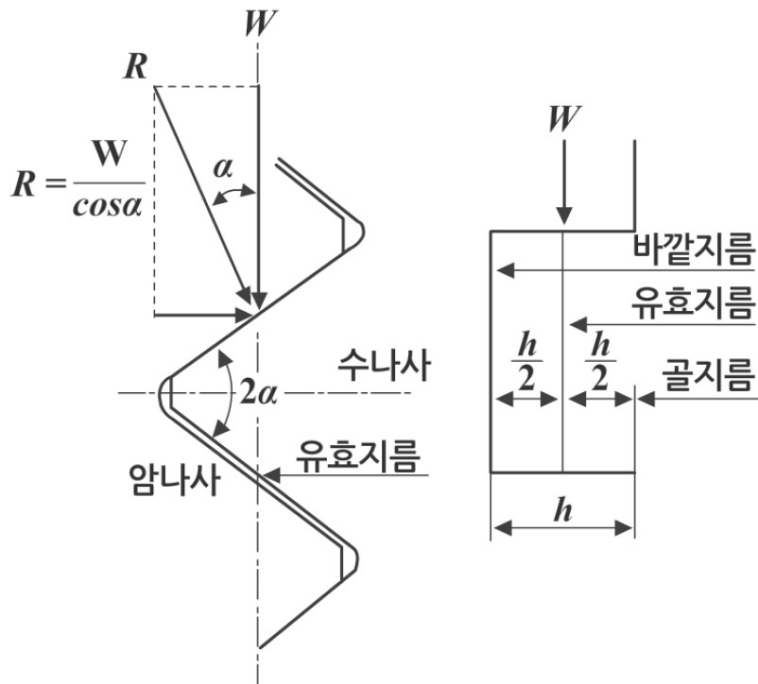
마찰저항이 사각 나사에 비하여 $\frac{1}{\cos \alpha}$ 배 만큼 크다.

(1) 조이는 힘

$$Q' = W \tan(\rho' + \lambda)$$

(2) 푸는 힘

$$Q' = W \tan(\rho' - \lambda)$$



[그림 2-42] 삼각나사와 사각 나사의 개념도

② 나사의 효율을 계산한다.

1. 운동용 나사의 효율을 계산한다.

- 입력한 일에 대한 출력된 일의 비를 말한다.
- 일반적으로 나사면의 마찰만을 고려하고 너트와 와셔사이의 마찰을 무시한 경우에 대한 효율로 계산한다.

(1) 입력한 일

- 외력 W 가 나사를 회전시키는데 필요한 일을 말한다.
- 접선 방향으로 외력 Q 가 작용하여 나사가 1회전하는 동안 원주 방향으로 πd_m 만큼 움직인다.

(2) 출력된 일

- 축 방향 하중 W 를 축 방향으로 이동시키는데 필요한 일을 말한다.
- 축 방향 하중 W 에 대하여 나사가 1회전하였을 때 축 방향으로 리드만큼 움직인다.

(3) 나사면의 마찰만을 고려하였을 때의 효율

$$e = \frac{Wl}{Q\pi d_m} = \frac{W}{W \tan(\rho + \lambda) \times \pi d_m} \times \tan \lambda \pi d_m = \frac{\tan \lambda}{\tan(\rho + \lambda)}$$

자립상태에서의 나사효율($\rho \geq \lambda$ 일 때의 효율)은

$$e = \frac{\tan \rho}{\tan(2\rho)} = \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \tan^2 \rho, \rho < 0.5 \quad * \quad \tan 2\rho = \frac{2 \tan \rho}{1 - \tan^2 \rho}$$

2. 체결용 나사의 효율을 계산한다.

·나사면의 마찰뿐만 아니라 너트와 와셔 사이의 마찰도 고려한 경우에 대한 효율이 일반적이다.

(1) 입력한 일

·나사가 1회전하여 2π 만큼 회전하면서 한 일은 작용한 토크에 회전각을 곱한 것과 같다.
·입력한 일은 $2\pi T$ 이다.

(2) 출력된 일

·출력된 일은 $W \cdot \rho$ 이다.

(가) 너트와 와셔 사이의 마찰을 무시하고 나사면의 마찰만 고려한 경우 체결용 나사의 효율

$$e = \frac{Wl}{Q\pi d_m} = \frac{W}{W \tan(\rho' + \lambda) \times \pi d_m} \times \tan \lambda \pi d_m = \frac{\tan \lambda}{\tan(\rho' + \lambda)}$$

(나) 나사면의 마찰뿐만 아니라 너트와 와셔 사이의 마찰도 고려한 경우 체결용 나사의 효율

$$\begin{aligned} e' &= \frac{Wl}{2\pi \times T} = \frac{W}{2\pi \times W \left(\frac{d_m}{2} \tan(\rho' + \lambda) \times \frac{d_c f_c}{2} \right)} \times \tan \lambda \pi d_m \\ &= \frac{d_m \tan \lambda}{d_m \tan(\rho' + \lambda) \times d_c f_c} \end{aligned}$$

③ 나사를 설계한다.

1. 축 방향으로 인장하중만 작용하는 경우를 계산한다.

·고리 볼트(Lift Bolt), 훅(Hook) 또는 압력용기의 볼트 등이 있다.
·축 방향 하중에 의하여 수나사의 골 지름 단면에서 파괴된다고 가정하면 볼트가 받는 인장응력은 다음 식과 같다.

$$\sigma_a = \frac{W}{\frac{1}{4} \pi d_1^2}$$

2. 인장응력과 전단응력이 동시에 작용하는 경우를 계산한다.

나사잭(Screw Jack) 또는 나사프레스(Screw Press) 등에서 복합응력이 작용한다.

(1) 축 방향 하중에 의한 인장응력을 계산한다.

$$\sigma_a = \frac{W}{\frac{1}{4}\pi d_1^2}$$

(2) 비틀림 모멘트에 의한 전단응력을 계산한다.

$$\tau = \frac{T}{\frac{1}{16}\pi d_1^3}$$

(3) 직접 전단하중에 의한 전단응력을 계산한다.

$$\tau = \frac{W}{\frac{1}{4}\pi d_1^2}$$

(4) 다음 식을 사용하여 인장응력과 전단응력을 구하고 파괴 이론에 적용한다.

$$\text{최대 주응력설 : } \sigma_{\max} = \frac{\sigma}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma}{2}\right)^2 + \tau^2}$$

$$\text{최대 전단력설 : } \tau_{\max} = \sqrt{\left(\frac{\sigma}{2}\right)^2 + \tau^2}$$

· 위의 두 식에서 최대 주응력 또는 최대 전단응력을 구한 후, 재료의 허용전단응력 또는 허용 인장응력을 비교하여 수나사의 골지름을 구한다.

· 골지름으로부터 수나사의 바깥지름을 구하기 위하여 KS 규격을 이용한다.

3. 베어링 응력을 계산한다.

직접 압축응력/베어링 응력은 나사산 표면과 접촉되는 너트 표면 사이의 응력을 말한다.

$$\sigma_b = \frac{P}{\pi d_m h n_e} = \frac{Pp}{\pi d_m h L_n}$$

여기서, P = 하중

n_e = 나사산의 수(L_n/p)

d_m = 유효지름

L_n = 너트의 물림 길이

h = 나사산의 높이

p = 피치

수행 내용 2 / 키, 핀, 코터의 강도 계산하기

재료·자료

- KS 및 ISO등 국내·외 규격
- 기계설계편람
- 설계절차서
- 카탈로그

기기(장비·공구)

- 컴퓨터
- CAD 프로그램

안전·유의 사항

- 작업시작 전, 중, 후 안전 점검을 통하여 문제점 도출 및 안전대책 수립, 조치 등 주기적인 환류 실시로 자율안전체계를 구축한다.
- 설비 8계통 점검항목에 따라 설비본체 체결부품계통, 구동전달 계통, 윤활계통, 공압계통, 유압계통, 전장제어 계통의 작동 목적을 이해하고 총 점검 부위에 대하여 안전 점검을 실시한다.

수행 순서

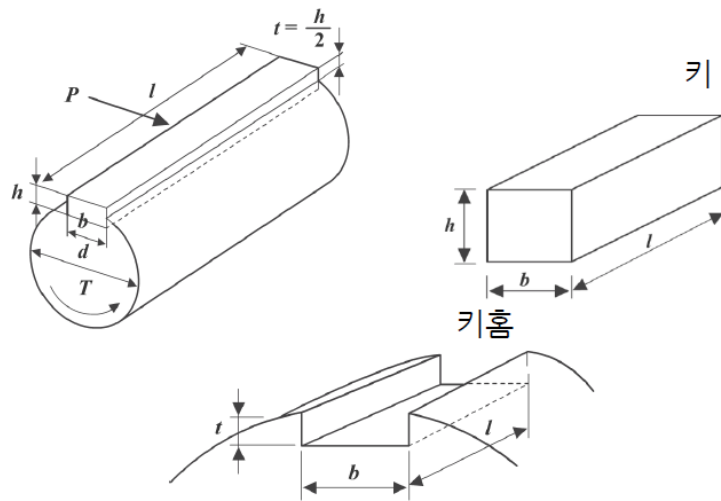
① 키의 강도를 계산한다.

1. 키의 전단강도를 구한다.

$$\tau = \frac{P}{bl} = \frac{1}{bl} \frac{2T}{d} \left(T = P \frac{d}{2} \text{에 서 } P = \frac{2T}{d} \right)$$

2. 키의 압축강도를 구한다.

$$\sigma_c = \frac{P}{tl} = \frac{2P}{hl} = \frac{4T}{hdl} \left(t = \frac{h}{2} \rightarrow h = 2t \right)$$



[그림 2-43] 키의 강도 계산을 위한 개념도

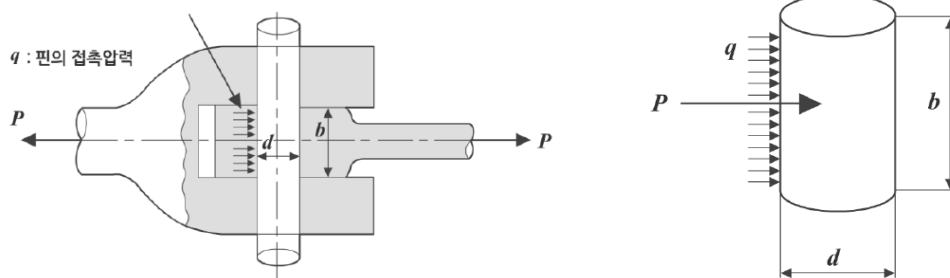
② 핀의 강도를 계산한다.

1. 핀의 전단강도를 구한다.

$$\tau = \frac{P}{2 \times \frac{\pi}{4} d^2}$$

2. 핀의 굽힘강도를 계산한다.

$$M = \frac{wl^2}{8} = \frac{Pl}{8} = \sigma_b \frac{\pi d^3}{32} \quad (w = \text{균일분포하중}(N/m), P = wl(N))$$



[그림 2-44] 핀의 강도 계산을 위한 개념도

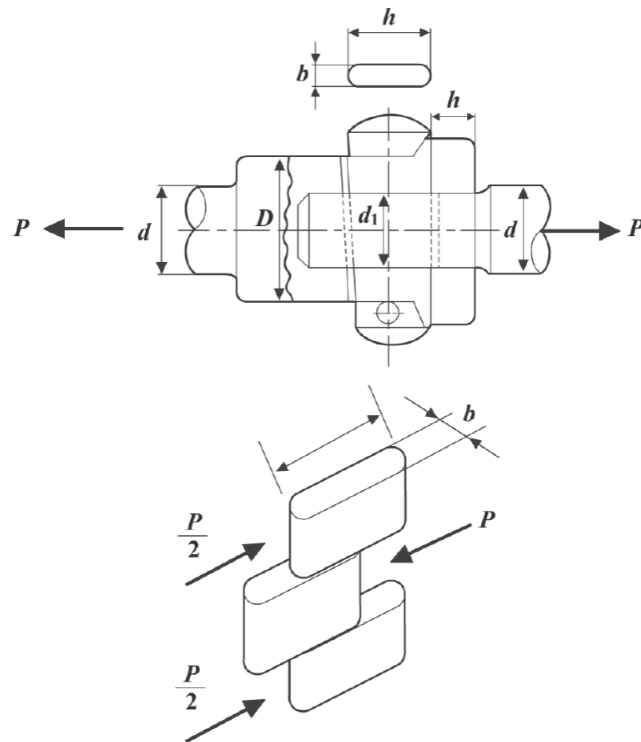
③ 코터의 강도를 계산한다.

1. 코터의 전단강도를 구한다.

$$\tau = \frac{P}{2bh}$$

2. 핀의 굽힘강도를 계산한다.

$$M = \frac{PD}{8} = \sigma_b \frac{bh^2}{6}$$



[그림 2-45] 코터의 강도 계산을 위한 개념도

수행 내용 3 / 나사풀림 방지 설계하기

재료·자료

- KS 및 ISO등 국내·외 규격
- 기계설계편람
- 설계절차서
- 카탈로그
- 산업안전보건법

기기(장비·공구)

- 컴퓨터
- CAD 프로그램

안전·유의 사항

- 작업시작 전, 중, 후 안전 점검을 통하여 문제점 도출 및 안전대책 수립, 조치 등 주기적인 환류 실시로 자율안전체계를 구축한다.
- 설비 8계통 점검항목에 따라 설비본체 체결부품계통, 구동전달 계통, 윤활계통, 공압계통, 유압계통, 전장제어 계통의 작동 목적을 이해하고 총 점검 부위에 대하여 안전 점검을 실시한다.

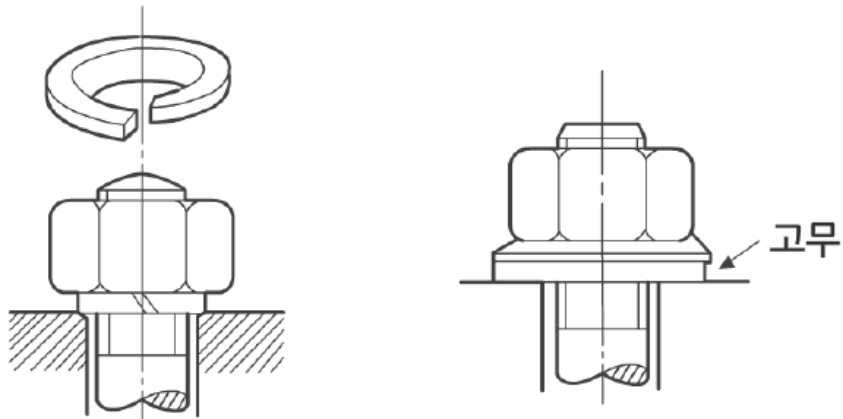
수행 순서

① 나사풀림 방지 설계를 한다.

너트는 진동, 충격, 반복응력 또는 변형 등에 의하여 풀림 현상이 발생한다.

1. 스프링 와셔/고무 와셔에 의한 방법을 적용한다.

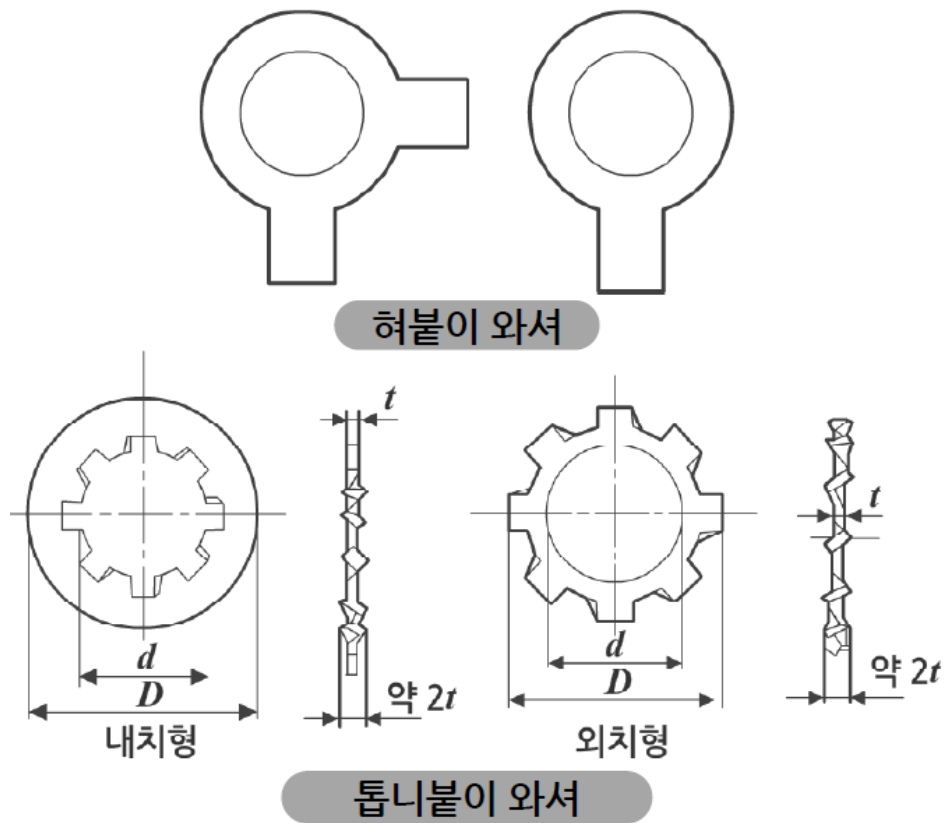
결합된 부품 사이에 일정한 축 방향 힘을 유지하기 위하여 중간에 탄성이 큰 스프링 와셔나 댐핑이 큰 고무 와셔를 끼운다.



[그림 2-46] 스프링/고무 와셔에 의한 풀림 방지

2. 특수 와셔를 적용한다.

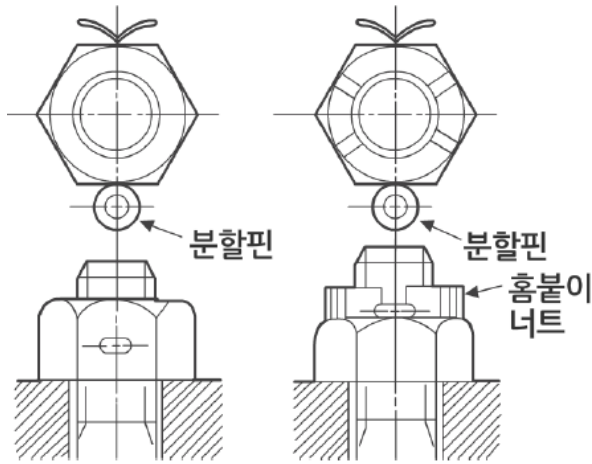
허볼이 와셔 또는 톱니볼이 와셔를 사용하여 고정한다.



[그림 2-47] 허볼이/톱니볼이 와셔에 의한 풀림 방지

3. 홈볼이 너트, 분할핀 고정에 의한 방법을 적용한다.

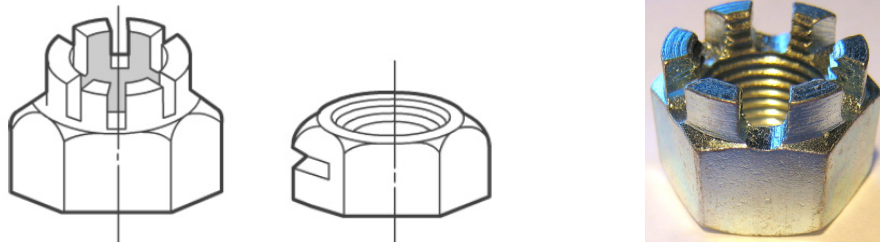
너트가 볼트에 대하여 회전하지 않도록 분할핀을 사용하여 너트가 빠져 나가지 못하도록 한다.



[그림 2-48] 분할핀 고정에 의한 풀림 방지

4. 절입 너트에 의한 방법을 적용한다.

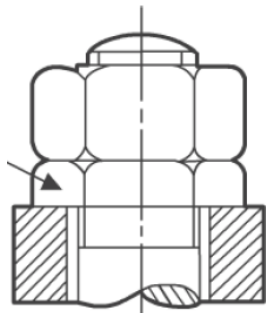
너트의 일부를 안쪽으로 변형시켰다가 볼트에 나사를 결합시킬 때 나사부가 강하게 압착되도록 한다.



출처 : (https://en.wikipedia.org/wiki/Castellated_nut). 2019.10.04. 스크린샷
[그림 2-49] 절입 너트에 의한 풀림 방지

5. 록너트(Lock nut)에 의한 방법을 적용한다.

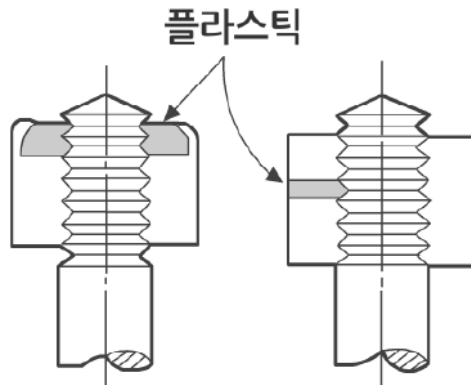
얇은 고정 너트로 체결한 다음 고정 너트로 체결하여 조여준다. 두 개의 스패너를 사용하여 바깥쪽 너트를 스패너로 고정하고 안쪽의 너트를 다른 스패너로 반대방향으로 15~20°정도 돌려 조여 준다.



[그림 2-50] 록 너트에 의한 풀림 방지

6. 플라스틱이 들어간 너트에 의한 방법을 적용한다.

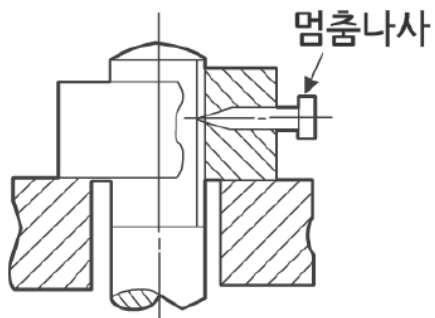
나사면에 플라스틱이 들어간 너트를 사용하면 나사면의 마찰계수가 크게 되어 풀림을 방지된다.



[그림 2-51] 플라스틱이 들어간 너트에 의한 풀림 방지

7. 멈춤 나사에 의한 방법을 적용한다.

반경방향으로 나사구멍이 파져 있는 너트를 볼트에 조인 후 고정나사를 이용하여 너트를 볼트에 고정시킨다.



[그림 2-52] 멈춤나사에 의한 풀림 방지

8. 락와이어를 이용한 방법을 적용한다.

볼트 머리에 구멍을 내서 볼트가 풀리는 방향을 회전하지 못하게 와이어를 감는다.



출처 : 유튜브(<https://www.youtube.com/watch?v=WQsZ0zoeTq4>). 2019.10.04. 스크린샷

[그림 2-53] 멈춤나사에 의한 풀림 방지

교수 방법

- 학습 예로 사용할 제품이 실제로 어떻게 사용되는지 충분히 사전 학습하여 학생들에게 풍부한 사례를 제시하여 학습의 흥미를 높일 수 있는 분위기를 조성한다.
- 체결요소 실물모형과 요소부품 등을 이용하여 동력전달 요소 설계기법에 대해서 설명하고, 교수가 직접 시범으로 설계를 하면서 학습자들에게 시연한다.
- 따라하기 방법으로 체결요소를 설계하여 학습자들에게 강의하고 조별로 과제를 토의하도록 지도한다.
- 강의법 및 시연에 의한 강의 중 혹은 강의 후 학습자들의 질문에 답을 하기 전 학습자들 스스로 해결할 수 있는 방법에 대해 간단한 토론을 통해 답을 유도하는 방법을 우선적으로 적용해 보고, 경우에 따라 학습자들에게 과제를 주어 해결할 수 있도록 지도한다.

학습 방법

- 교수자의 진행 방식에 따라 의문사항에 대해 질의를 하고 교수 학습법에서 제시하는 방법론에 맞추어 응답을 경청한 후 실습을 통해 익히거나 과제 형태로 작성 혹은 학습한 후 확인한다.
- 교육 내용의 흐름은 선행 학습을 하지 못하면 후속 교육 내용도 이해하기 어려우므로 의문점은 질문을 통하여 학습한다.
- 교육·훈련 일정표에 따라 진행되는 강의에 참석하고 강의 내용을 이해하도록 노력한다.

평가 준거

- 평가자는 학습자가 학습 목표를 성공적으로 달성하였는지를 평가해야 한다.
- 평가자는 다음 사항을 평가해야 한다.

학습 내용	학습 목표	성취수준		
		상	중	하
체결요소 선정	- 기계 시스템의 운동관계, 설치환경 및 유지보수 조건에 부합하는 방식의 체결요소를 선정할 수 있다.			
	- 선정된 체결 방식에 따른 필요 목록을 작성할 수 있다.			
	- 선정된 체결 방식에 관한 자료를 정리하여 체결요소 설계에 반영하기 위한 준비 자료를 작성할 수 있다.			

평가 방법

- 포트폴리오

학습 내용	평가 항목	성취수준		
		상	중	하
체결요소 선정	- 설치환경 및 유지보수 조건에 부합하는 방식의 체결요소 선정 능력			
	- 체결 방식에 따른 필요 목록 작성 능력			
	- 체결요소 설계 반영을 위한 준비자료 작성 능력			

- 문제해결 시나리오

학습 내용	평가 항목	성취수준		
		상	중	하
체결요소 선정	- 설치환경 및 유지보수 조건에 따라 체결요소를 선정하는 시나리오 발표			
	- 체결 방식에 따른 필요 목록 작성 능력			
	- 체결요소 설계 반영을 위한 준비자료 작성 능력			

• 평가자 질문

학습 내용	평가 항목	성취수준		
		상	중	하
체결요소 선정	- 체결 방식에 따른 필요 목록 질문			

• 구두발표

학습 내용	평가 항목	성취수준		
		상	중	하
체결요소 선정	- 설치환경 및 유지보수 조건에 부합하는 방식에 대한 체결 요소 발표			
	- 체결요소 설계 반영 및 준비자료 발표			

• 서술형 시험

학습 내용	평가 항목	성취수준		
		상	중	하
체결요소 선정	- 체결 요소 이해도			
	- 설치환경을 고려하고 있는가			
	- 유지보수 조건을 고려하고 있는가			
	- 체결 방식에 따른 필요 목록 작성 능력			

피드백

- 포트폴리오
 - 질문에 대한 피평가자의 답변을 유도하도록 노력하고 잘못된 답변에 대해 피평가자 스스로 답을 구할 수 있도록 지도한다.
 - 학습내용에 대하여 개인 발표를 하고 학생들과 토론을 한 다음 교수와 협의 후 미진한 부분을 다시 설명해 준다.
- 문제해결 시나리오
 - 체결용 요소 설계에 대한 사례연구 결과를 모든 학습자들끼리 공유하여 확인 학습할 수 있도록 데이터화하여 제시한다.
- 평가자 질문
 - 잘못 답변한 내용에 대하여 스스로 체득할 수 있도록 지속적인 유도 질문을 통해 지도해 준다.
 - 답변자의 답변에 대해 종합 정리를 해 줌으로써 답변의 논리성을 가지도록 지도해 준다.
- 구두발표
 - 학습자들의 발표과정마다 오류사항과 주요 사항을 점검, 조정한다.
- 서술형 시험
 - 시험결과를 평가하고 부족한 부분에 대해서는 체결요소를 이해할 수 있도록 다시 설명해 준다.

학습 1	요구기능 파악하기
학습 2	체결요소 선정하기
학습 3	체결요소 설계하기

3-1. 체결요소 설계

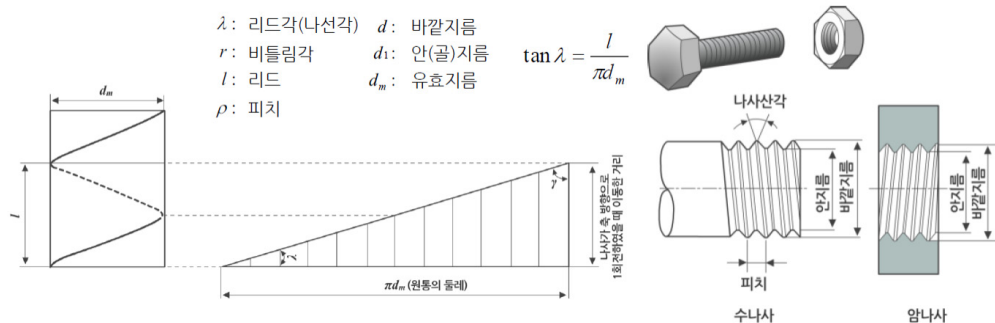
학습 목표

- 자립조건을 만족하는 체결요소의 풀림방지 방안을 고려하여 설계할 수 있다.
- 체결요소의 강도를 고려하여 설계할 수 있다.
- 체결요소의 강도, 강성, 피로, 부식방지 등을 고려하여 설계할 수 있다.

필요 지식 /

① 나사잭 설계

1. 나사의 구조



[그림 3-1] 나사곡선

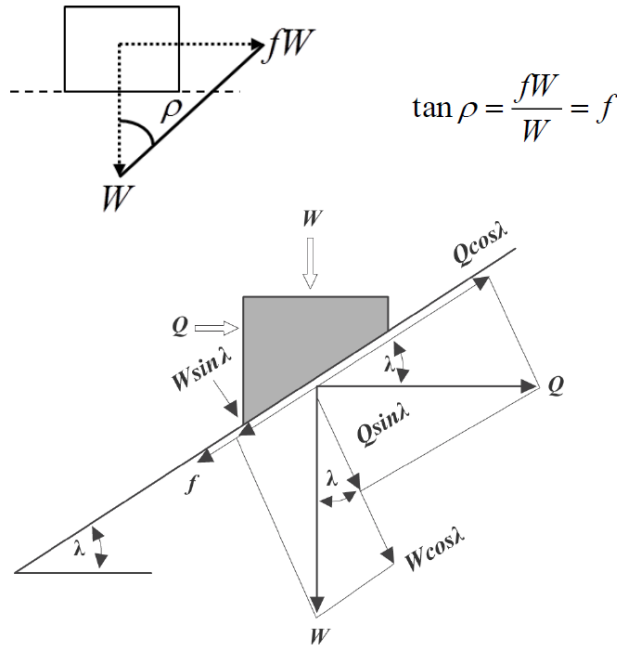
2. 사각나사로 하중을 들어 올릴 때의 힘 관련 식

(1) 나사면에 수직한 힘

$$Q \sin \lambda + W \cos \lambda$$

(2) 나사면에 평행한 힘

$$Q \cos \lambda + W \sin \lambda$$



[그림 3-2] 나사를 조일 때의 역학 계산을 위한 개념도

$$Q \cos \lambda - W \sin \lambda = f(Q \sin \lambda + W \cos \lambda)$$

$$Q(\cos \lambda - f \sin \lambda) = W(f \cos \lambda + \sin \lambda)$$

$$Q = W \frac{f \cos \lambda + \sin \lambda}{\cos \lambda - f \sin \lambda}$$

$$Q = W \frac{f - \tan \lambda}{1 + f \tan \lambda} = W \frac{\tan \rho - \tan \lambda}{1 + \tan \rho \tan \lambda}$$

$$Q = W \tan(\rho - \lambda)$$

(3) 사각 나사로 하중을 들어 올리는 나사의 토크 관련 식

$$T_{screw} = \frac{d_m}{2} Q = \frac{d_m}{2} W \tan(\rho + \lambda)$$

(4) 너트 마찰에 의한 토크 관련 식

$$T_{nt} = \frac{W f_c d_c}{2}$$

(5) 사각나사로 하중을 들어 올리는 총 토크 관련 식

$$T$$

(6) 사각 나사의 효율 관련 식

$$e = \frac{W \times \tan \lambda \times \pi \times d_m}{2\pi \left(\frac{d_m}{2} W \tan(\rho + \lambda) + \frac{d_c}{2} f_c W \right)} = \frac{\tan \lambda \times d_m}{d_m \times \tan(\rho + \lambda) + d_c f_c}$$

(7) 나사면을 수직으로 누르는 힘에 의한 마찰저항 식

$$fR = f \frac{W}{\cos \alpha} = f' W$$

(8) 마찰저항이 사각 나사에 비하여 $\frac{1}{\cos \alpha}$ 배 만큼 크다.

$$fR = f \frac{W}{\cos \alpha} = f' W$$

(9) 베어링 응력 관련 수식

$$\sigma_b = \frac{P}{\frac{\pi}{4}(d_2^2 - d_1^2)n_e} = \frac{P}{\pi\left(\frac{d_2 + d_1}{2} \times \frac{d_2 - d_1}{2}\right) \times n_e} = \frac{P}{\pi d_m h n_e} \text{에서}$$

$$n_e = \frac{4P}{\pi(d_2^2 - d_1^2)\sigma_b} \quad L_n = n_e \times P$$

여기서, P = 하중

h = 나사산의 깊이

L_n = 너트길이

d_m = 나사의 평균지름

n_e = 조립된 나사산의 수($=L_n/p$)

p = 피치

수행 내용 / 나사잭 설계하기

재료·자료

- KS 및 ISO등 국내·외 규격
- 기계설계편람
- 설계절차서
- 카탈로그

기기(장비·공구)

- 컴퓨터
- CAD 프로그램

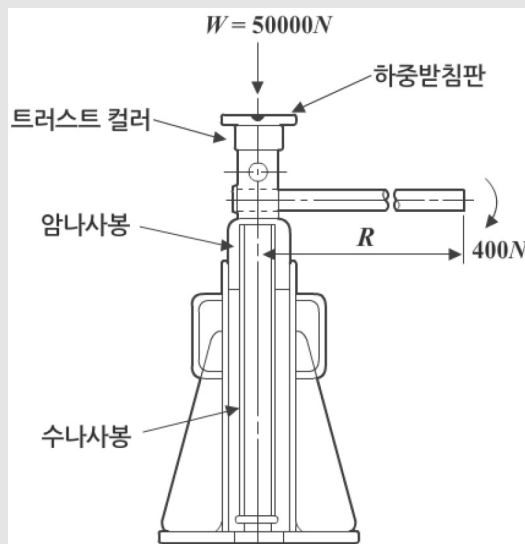
안전·유의 사항

- 작업시작 전, 중, 후 안전 점검을 통하여 문제점 도출 및 안전대책 수립, 조치 등 주기적인 환류 실시로 자율안전체계를 구축한다.
- 설비 8계통 점검항목에 따라 설비본체 체결부품계통, 구동전달 계통, 윤활계통, 공압계통, 유압계통, 전장제어 계통의 작동 목적을 이해하고 총 점검 부위에 대하여 안전 점검을 실시한다.

수행 순서

※ 나사잭 설계하기

1. 주어진 30° 사다리꼴 (수)나사 규격표에서 나사의 호칭을 선정하시오.
2. 나사를 회전시킬 때의 토크와 효율을 계산 하시오.
3. 너트의 높이를 계산하고 나사잭 핸들 길이와 직경을 구하시오



- ① 주어진 30°사다리꼴 (수)나사 규격표에서 나사의 호칭을 선정한다. (단 압축응력은 50MPa이다.)

$$\sigma_b = \frac{W}{A} = \frac{W}{\frac{\pi d_1^2}{4}} \text{ 에서 } d_1 = \sqrt{\frac{4W}{\pi \sigma_c}} = \sqrt{\frac{4 \times 50,000}{\pi \times 50 \times 10^6}} \cong 0.036m$$

안지름은 약 36mm이며 무조건 올림으로 계산해야 하므로 주어진 30°사다리꼴 (수)나사 규격표에서 나사 호칭은 TM45이다.

〈표 3-1〉 30°사다리꼴 (수나사) 규격표(단위 : mm)

호칭	피치	바깥지름	유효지름	안지름
TM 36	6	36	33	29.5
TM 40	6	40	37	33.5
TM 45	8	45	41	36.5
TM 50	8	50	46	41.5
TM 55	8	55	51	46.5

- ② 나사를 회전시킬 때의 토크를 계산 한다. (단 나사의 마찰계수 $f = 0.1$, 컬러자리 마찰계수 $f_c = 0.01$, 컬러의 평균지름은 60mm이다.)

$$\begin{aligned}
 T &= \frac{d_m}{2} \tan(\rho' + \lambda) + \frac{d_c}{2} f_c W \\
 &= \frac{0.041}{2} \times 50,000 \times \tan(5.91 + 3.55) + \frac{0.06}{2} \times 0.01 \times 50,000 \\
 &\cong 170.79 + 15 \cong 185.79 Nm
 \end{aligned}$$

$$\tan \lambda = \frac{l}{\pi d_m} = \frac{8}{\pi \times 10'} \quad \lambda \cong 3.55^\circ$$

한줄 나사이므로 lead와 pitch는 같으므로 pitch는 8이고 TM45에서 유효 지름은 41mm이다.

$$\tan \rho' = \frac{f}{\cos \alpha} = \frac{0.1}{\cos 15^\circ} \quad \text{에서 } \rho' \cong 5.91^\circ$$

- ③ 나사의 효율을 구한다.

$$\begin{aligned}
 e &= \frac{W \times \tan \lambda \times \pi \times d_m}{2\pi \left(\frac{d_m}{2} W \tan(\rho' + \lambda) + \frac{d_c}{2} f_c W \right)} = \frac{\tan \lambda \times d_m}{d_m \times \tan(\rho' + \lambda) + d_c f_c} \\
 &= \frac{\tan 3.55^\circ \times 0.041}{0.041 \times \tan 9.46^\circ + 0.06 \times 0.01} \cong 0.342 \cong 34\%
 \end{aligned}$$

④ 너트의 높이(최소 물림 길이)를 계산한다.(단, 베어링응력은 $\sigma_b = 15Mpa$ 이다.)

$$\sigma_b = \frac{4W}{\frac{\pi}{4}(d_2^2 - d_1^2)n_e} = \frac{4 \times 50,000}{\pi\left(\frac{d_2 + d_1}{2} + \frac{d_2 - d_1}{2}\right) \times n_e} = \frac{W}{\pi d_m h n_e} \text{ 에서}$$

$$n_e = \frac{4W}{\pi(d_2^2 - d_1^2)\sigma_b} = \frac{4 \times 50,000}{\pi(0.045^2 - 0.0365^2) \times 15 \times 10^6} \cong 6.13 \text{ 이므로}$$

너트의 최소물림 길이는 $6.13 \times 8 \cong 49.04mm$ 즉, 50mm이다.

⑤ 나사잭 핸들 길이와 직경을 구한다.(단 핸들의 굽힘응력은 $\sigma_b = 140Mpa$ 이다.)

$$T = P \times R \text{ 에서 } R = \frac{T}{P} = \frac{185.79}{400} = 0.465m, \text{ 핸들길이는 약 } 465mm \text{이다.}$$

$$M = T = \sigma_b \times \frac{\pi d^3}{32}, d^3 = \frac{T \times 32}{\pi \sigma_b} = \frac{185.79 \times 32}{\pi \times 140 \times 10^6} \text{ 에서 } d \cong 0.024m \text{ 이므로}$$

핸들의 직경은 약 24mm이다.

교수 방법

- 학습 예로 사용할 제품이 실제로 어떻게 사용되는지 충분히 사전 학습하여 학생들에게 풍부한 사례를 제시하여 학습의 흥미를 높일 수 있는 분위기를 조성한다.
- 체결요소 실물모형과 요소부품 등을 이용하여 동력전달 요소 설계기법에 대해서 설명하고, 교수가 직접 시범으로 설계를 하면서 학습자들에게 시연한다.
- 따라하기 방법으로 체결요소를 설계하여 학습자들에게 강의하고 조별로 과제를 토의하도록 지도한다.
- 강의법 및 시연에 의한 강의 중 혹은 강의 후 학습자들의 질문에 답을 하기 전 학습자들 스스로 해결할 수 있는 방법에 대해 간단한 토론을 통해 답을 유도하는 방법을 우선적으로 적용해 보고, 경우에 따라 학습자들에게 과제를 주어 해결할 수 있도록 지도한다.

학습 방법

- 교수자의 진행 방식에 따라 의문사항에 대해 질의를 하고 교수 학습법에서 제시하는 방법론에 맞추어 응답을 경청한 후 실습을 통해 익히거나 과제 형태로 작성 혹은 학습한 후 확인한다.
- 교육 내용의 흐름은 선행 학습을 하지 못하면 후속 교육 내용도 이해하기 어려우므로 의문점은 질문을 통하여 학습한다.
- 교육·훈련 일정표에 따라 진행되는 강의에 참석하고 강의 내용을 이해하도록 노력한다.

학습 3 평 가

평가 준거

- 평가자는 학습자가 학습 목표를 성공적으로 달성하였는지를 평가해야 한다.
- 평가자는 다음 사항을 평가해야 한다.

학습 내용	학습 목표	성취수준		
		상	중	하
체결요소 설계	- 자립조건을 만족하는 체결요소의 풀림방지 방안을 고려하여 설계할 수 있다.			
	- 체결요소의 강도를 고려하여 설계할 수 있다.			
	- 체결요소의 강도, 강성, 피로, 부식방지 등을 고려하여 설계할 수 있다.			

평가 방법

- 포트폴리오

학습 내용	평가 항목	성취수준		
		상	중	하
체결요소 설계	- 풀림방지 방안을 고려한 설계 능력			
	- 강도, 강성, 피로 등을 고려한 설계 능력			

- 문제해결 시나리오

학습 내용	평가 항목	성취수준		
		상	중	하
체결요소 설계	- 풀림방지 방안을 고려한 설계 시나리오 발표			
	- 강도, 강성, 피로 등을 고려한 설계 시나리오 발표			

- 평가자 질문

학습 내용	평가 항목	성취수준		
		상	중	하
체결요소 설계	- 풀림방지 종류와 적용 분야에 대한 질문			
	- 체결요소 설계 시 고려해야 할 강도 질문			

• 구두발표

학습 내용	평가 항목	성취수준		
		상	중	하
체결요소 설계	- 적용 분야에 따라 고려해야할 폴림방지 방안발표			
	- 주변 환경에 따라 고려해야할 강도, 강성, 부식 등에 대하여 발표			

• 서술형 시험

학습 내용	평가 항목	성취수준		
		상	중	하
체결요소 설계	- 체결 요소의 강도 이해도			
	- 체결 요소에 따라 고려해야 할 강도를 알고 있는가			
	- 강도, 강성, 피로 등에 대하여 고려하고 있는가			

피드백

1. 포트폴리오
 - 질문에 대한 피평가자의 답변을 유도하도록 노력하고 잘못된 답변에 대해 피평가자 스스로 답을 구할 수 있도록 지도한다.
 - 학습내용에 대하여 개인 발표를 하고 학생들과 토론을 한 다음 교수와 협의 후 미진한 부분을 다시 설명해 준다.
2. 문제해결 시나리오
 - 체결용 요소 설계에 대한 사례연구 결과를 모든 학습자들끼리 공유하여 확인 학습할 수 있도록 데이터화하여 제시한다.
3. 평가자 질문
 - 잘못 답변한 내용에 대하여 스스로 체득할 수 있도록 지속적인 유도 질문을 통해 지도해 준다.
 - 답변자의 답변에 대해 종합 정리를 해 줌으로써 답변의 논리성을 가지도록 지도해 준다.
4. 구두발표
 - 학습자들의 발표과정마다 오류사항과 주요 사항을 점검, 조정한다.
5. 서술형 시험
 - 시험결과를 평가하고 부족한 부분에 대해서는 체결요소를 이해할 수 있도록 다시 설명해 준다.



- 권준박(2014). 『체결요소설계(LM1501020106_14v2)』. 한국산업인력공단.
- 김기주(2019). 『기계요소설계 제4차 산업혁명시대에 부응하는』. 복두출판사.
- 이태연, 신동철(2017). 『기계요소설계』. 문운당.
- 이광수, 김기성, 김정환(2016). 『전산응용기계설계·제도』. 일진사.
- 조인주(2014). 『동력전달요소설계(LM1501020107_14v2)』. 한국산업인력공단.
- 차홍식, 위금식, 김종삼, 한상희(2007). 『기계요소설계』. 일진사.
- 홍장표(2016). 『기계요소설계:포인트』. 교보문고.
- [공학나라] 기계 공학 기술정보(<https://mechengineering.tistory.com/>)

NCS학습모듈 개발이력

발행일	2015년 12월 31일		
세분류명	기계요소설계(LM15010201)		
학습모듈명	체결요소설계(LM1501020106_14v2)		
개발기관	한국산업인력공단		
집필진	권준박(대림대학교)	검토진	송요풍(에스엘이엠씨(주)) 이휘원
발행일	2019년 12월 31일		
학습모듈명	체결요소설계(LM1501020106_16v3)		
개발기관	(사)한국과학기술상용화협회, 한국직업능력개발원		
집필진	김재경(공주대학교)* 김동원(대덕대학교) 김정배(NE&T Korea) 이상현(대덕대학교)	검토진	김대환((재)충남지역사업평가단) 유장호((주)웰컴소프트) 정낙성(원익 IPS) 최우석(한국원자력연구원)
*표시는 대표집필자임			
발행일	2021년 12월 31일		
학습모듈명	체결요소설계(LM1501020106_16v3)		
개발기관	(사)한국과학기술상용화협회(개발책임자: 전의식), 한국직업능력연구원		

체결요소설계(LM1501020106_16v3)

저작권자	교육부
연구기관	한국직업능력연구원
발행일	2021. 12. 31.

※ 이 학습모듈은 자격기본법 시행령(제8조 국가직무능력표준의 활용)에 의거하여 개발하였으며, NCS통합포털 사이트(<http://www.ncs.go.kr>)에서 다운로드 할 수 있습니다.



www.ncs.go.kr